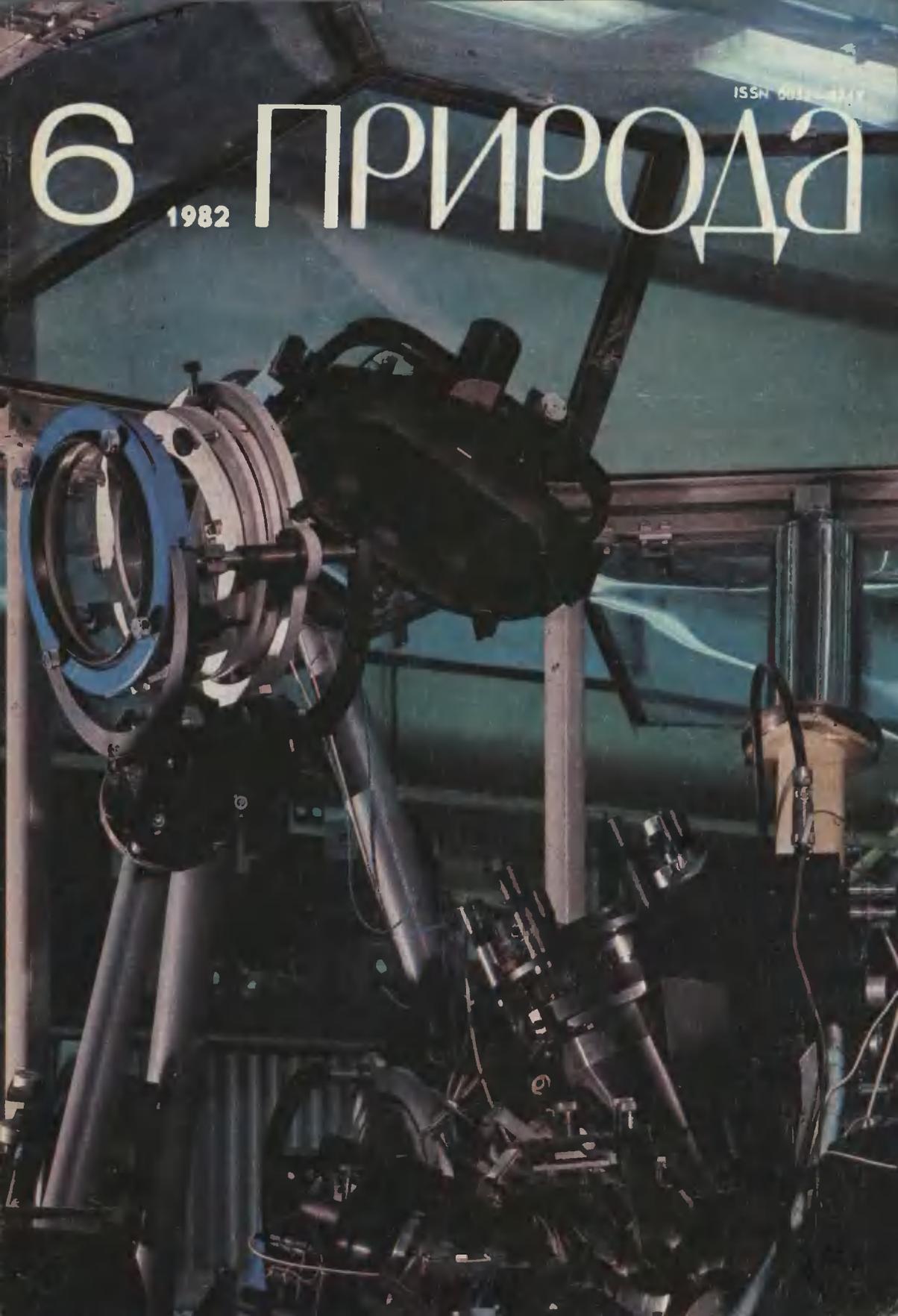


ISSN 0013-788X

6 ПРИРОДА

1982





РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

И. о. заместителя главного редактора
кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Член-корреспондент АН СССР
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор экономических наук
В. А. МЕДВЕДЕВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

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

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАШУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ



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

На первой странице обложки. Камера мощной лазерной установки «Дельфин» (ФИАН СССР), предназначенной для изучения сжатия и нагрева сферических мишеней в исследованиях по лазерному термоядерному синтезу. См. в номере: Афанасьев Ю. В., Басов Н. Г., Гамалий Е. Г. Физические явления в поле лазерного луча. Фото Н. Н. Алексева.

На четвертой странице обложки. Нурекское водохранилище и Нурекская ГЭС, расположенные в узком ущелье р. Вахш, берущей начало в ледниковой зоне Памира. См. в номере: Кеммерих А. О. Вода с Памирских ледников. Фото Л. В. Десинова.

В НОМЕРЕ

К 60-ЛЕТИЮ СССР	Никитин С. А. Выдающееся достижение в исследовании Венеры	2
	Афанасьев Ю. В., Басов Н. Г., Гамалий Е. Г. Физические явления в поле лазерного луча	4
	Шелищ П. Б. Эффективность научной деятельности и возраст	17
	Марочник Л. С. Исключительно ли положение Солнечной системы в Галактике?	24
	Берзин А. А., Владимиров В. Л. Новый вид косаток из Антарктики	31
	 Храбрый В. М. Динамика орнитофауны Ленинграда	32
	 Виноградов А. В., Щербаков А. В. Заказник для орхидных	41
	 Кеммерих А. О. Вода с памирских ледников	44
	Марков М. С. Как растут континенты	54
	Шунтов В. П. Неверная рыба иваси	62
	Сюзюмов А. Е. Бурение скважин на подножии Малых Антилских островов (рейс 78А «Гломара Челленджера»)	65
<hr/>		
	ДАРВИНИЗМ ВЧЕРА И СЕГОДНЯ	68
	Медников Б. М. Дарвиновский принцип дивергенции и молекулярная биология	70
	Захаров И. А. Генетики и эволюционисты — Ю. А. Филипченко и Н. И. Вавилов	81
	Чайковский Ю. В. Истоки открытия Ч. Дарвина. Опыт методологического анализа	87
<hr/>		
	Из «Природы» 1912 года	94
	Цверева Г. К. Страница истории русско-немецких научных связей конца XVIII в.	95
НОВОСТИ НАУКИ		40, 102
КНИГИ, ЖУРНАЛЫ	Алексеев В. П. Природные факторы исторического процесса (119). Оксенгендлер Г. И. Фармакология здорового человека (121)	119
НОВЫЕ КНИГИ		123
В КОНЦЕ НОМЕРА	Никольский И. Д. О старинных грамзаписях пения птиц	126

Выдающееся достижение в исследовании Венеры

С. А. Никитин

Совет «Интеркосмос» АН СССР

В марте 1982 г. автоматические межпланетные станции «Венера-13» и «Венера-14», запущенные 30 октября и 4 ноября 1981 г., достигли Венеры и осуществили исследования, значительно расширяющие наши представления об этой ближайшей к Земле планете Солнечной системы.

«Венера-13», преодолев за четыре месяца полета расстояние более 300 млн км, 1 марта 1982 года достигла окрестностей планеты. За двое суток до входа в атмосферу Венеры от станции отделился спускаемый аппарат, а сама станция была переведена на пролетную траекторию, прошла на расстоянии 36 тыс. км от поверхности Венеры и продолжила полет по гелиоцентрической орбите.

В 5 ч 55 мин по московскому времени спускаемый аппарат вошел в плотные слои атмосферы со скоростью 11,2 км/с. После торможения в атмосфере и снижения на парашюте до высоты 47 км аппарат продолжил спуск с использованием аэродинамического тормозного устройства. Через 62 мин после входа в плотные слои атмосферы спускаемый аппарат «Венеры-13» совершил мягкую посадку в районе с координатами 7°30' ю. ш. и 303° долготы в равнинной местности к востоку от области Феба.

В процессе снижения спускаемого аппарата проводились комплексные исследования химического и изотопного состава атмосферы и облаков, структуры облачного слоя, а также эксперименты по спектральному анализу рассеянного солнечного излучения и регистрации электрических разрядов в атмосфере.

Научная информация с поверхности планеты передавалась в течение 127 мин при температуре окружающей среды 457°С и давлении 89 атм. С помощью установленных на спускаемом аппарате телефотометров с поверхности Венеры были переданы панорамные изображения

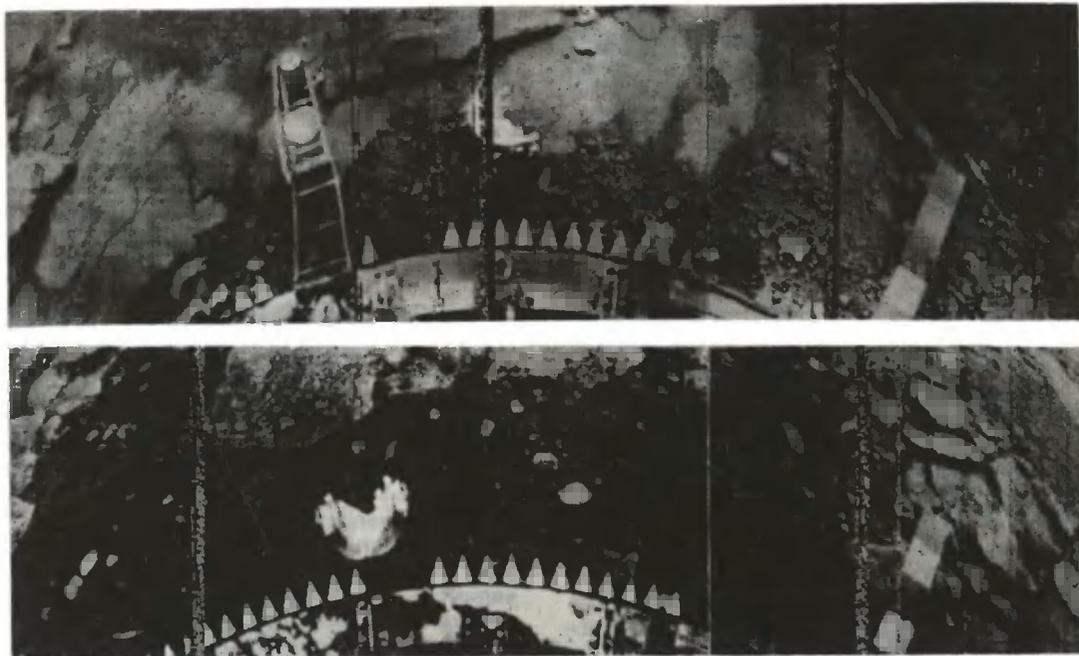
окружающей местности. Часть панорамы была снята последовательно через красный, синий и зеленый светофильтры, что впервые позволило получить цветное изображение поверхности планеты.

Важное место в программе исследований на поверхности отводилось принципиально новой задаче — взятию пробы грунта для определения элементного состава пород Венеры. Для этого на борту спускаемого аппарата было установлено буровое грунтозаборное устройство, которое произвело бурение, взятие пробы и ее транспортировку в специальный герметичный отсек для анализа. Бурение продолжалось 2 мин, инструмент углубился примерно на 30 мм, для анализа было взято около 1 см³ грунта.

Исследования элементного состава пород Венеры осуществлялись с помощью флюоресцентного рентгенорадиометрического метода; в герметичных отсеках температура отобранных образцов была снижена с 457 до 30°С, а давление — с 89 до 0,1—0,2 атм. Затем образцы пробы облучались двумя радиоактивными источниками (⁵⁵Fe и ²³⁸Pu), которые возбуждали флюоресцентное рентгеновское излучение, дававшее информацию о химическом составе породы. По вторичному рентгеновскому излучению образцов рентгенофлюоресцентные анализаторы установили в них содержание основных породообразующих химических элементов — от натрия до железа — и передали полученные спектры на Землю.

Одновременно была оценена сейсмическая активность планеты, а с помощью выносного прибора измерены физико-механические свойства грунта в состоянии естественного залегания.

Полет «Венеры-14» в окрестностях планеты проходил по аналогичной схеме. Спускаемый аппарат станции вошел в атмосферу 5 марта 1982 г. в 5 ч 53 мин по московскому времени и через 63 мин



Круговая панорама поверхности Венеры, полученная в месте посадки спускаемого аппарата «Венера-13». Фото ТАСС.

совершил мягкую посадку на ее поверхности в восточнее области Феба в точке с координатами $13^{\circ}15'$ ю. ш. и $310^{\circ}9'$ долготы. В районе посадки спускаемого аппарата, удаленном на 1000 км от района посадки первого спускаемого аппарата, температура окружающей среды составляла 465°C , а давление 94 атм; данные с поверхности передавались на Землю в течение примерно 60 мин.

В ходе полета спускаемого аппарата «Венера-14» в атмосфере планеты и после посадки на ее поверхность проводились комплексные научные исследования: эксперименты по изучению химического и изотопного состава атмосферы и облаков, структуры облачного слоя, рассеянного солнечного излучения, а также регистрация электрических разрядов в атмосфере.

С помощью грунтозаборного устройства проведены бурение поверхностного слоя, взятие проб грунта и его анализ с целью определения элементного состава пород в новом районе. Были переданы панорамные изображения окружающей местности, сделанные через цветные светофильтры, измерены электропроводность и физико-механические свойства грунта,

проведена оценка сейсмической активности планеты.

Измерения, осуществленные двумя спускаемыми аппаратами в различных структурно-морфологических районах Венеры по единой программе, обеспечивают всесторонние исследования этой планеты. Полученная информация тщательно анализируется.

На станциях «Венера-13» и «Венера-14» были установлены вымпелы с барельефом В. И. Ленина, а на спускаемых аппаратах — государственные знаки с изображением герба СССР.

В ходе дальнейшего полета станций по гелиоцентрическим орбитам планировалось продолжение научных исследований, начатых на межпланетных траекториях при перелетах к Венере.

Уникальный космический эксперимент, посвященный 60-летию образования Союза Советских Социалистических Республик, позволил успешно решить три принципиально важные задачи: прямое определение химического состава аэрозолей облачного слоя, прямое определение химического состава горных пород Венеры и передачу на Землю черно-белых и цветных панорам поверхности. Решение этих задач имеет важнейшее значение для планетологии, в том числе для познания ранних этапов эволюции Земли и других планет Солнечной системы.

Физические явления в поле лазерного луча

Ю. В. Афанасьев, Н. Г. Басов, Е. Г. Гамалий

Уникальные свойства лазерных лучей привели к многочисленным применениям лазера в самых разных областях науки и техники. В основе этих приложений лежит многообразие физических процессов взаимодействия лазера с различными средами, начиная с отдельных атомов и молекул и кончая сверхплотной плазмой. Нам хотелось бы рассказать об этих интересных и необычных физических явлениях, уделив основное внимание процессам при высоких плотностях потока лазерного излучения. Помимо явлений, изучаемых экспериментально, мы опишем ряд эффектов, предсказанных теоретиками, но пока еще не проверенных на опыте. Некоторые из них сейчас еще кажутся фантастическими, надолго ли?

О лазерах разного типа, их устройстве, принципе действия и различных применениях неоднократно рассказывалось на страницах «Природы». Поэтому мы лишь напомним основные свойства лазерного излучения. Прежде всего, это — монохроматичность, пространственная и временная когерентность и исключительно малая расходимость светового пучка. Последнее свойство позволяет создавать остронаправленные лучи и фокусировать их в пятно с диаметром около 10^{-2} см; плотность потока энергии в сфокусированном луче достигает 10^{16} Вт/см². Кроме того, лазерный импульс очень короткой длительности может обладать и очень высокой контрастностью. Это означает, что отношение энергии, выделившейся за основного импульса, к энергии в коротком импульсе очень мало — оно может быть порядка 10^{-5} — 10^{-6} . Разнообразие лазеров необычайно велико: они работают в широком диапазоне длин волн — от 0,2 до 20 мкм; длительность импульса может быть от пикосекунд (10^{-12} с) до бесконечности (непрерывно работающий лазер); существуют лазеры с изменяющейся длиной волны излучения. Все это позволяет решать с помощью лазеров самые разнообразные прикладные задачи.

ТЕРМОДИНАМИКА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Известно, что при помощи оптической системы, фокусирующей излучение, невозможно нагреть тело до температуры выше температуры источника излучения. Но при фокусировке лазерного света на поверхность твердого тела температура образующейся плазмы может достигать десятков миллионов градусов. С другой стороны, известно, что лазерная среда, генерирующая излучение, является достаточно «холодной». Так, в лазере на неодимовом стекле, с которым проведена большая часть экспериментов по получению сверхвысоких температур, нагрев самого стекла не превышает нескольких десятков градусов Цельсия. Это кажущееся противоречие объясняется тем, что фотоны в лазерной среде не находятся в тепловом равновесии со средой, что и приводит к большому различию между температурой среды и эффективной «температурой» фотонного газа.

С точки зрения термодинамики, лазер есть устройство, позволяющее сконцентрировать фотоны в небольшом количестве (минимум — одной) степеней свободы (мод), т. е. устройство, существенно повышающее температуру излучения.

Энергия лазера E_L определяется энергией фотонов $\hbar\omega$ и их полным числом N : $E_L = \hbar\omega \cdot N$. Полное число фотонов есть произведение числа фотонов n в одной моде (оно определяется распределением Бозе — Эйнштейна) на полное число мод D . Таким образом,

$$E_L = \hbar\omega \cdot n \cdot D.$$

Если «температура» фотонного газа T , выраженная в энергетических единицах, много больше энергии одного фотона, то $n \approx T/\hbar\omega$. Следовательно, она увеличивается с ростом энергии лазера и с уменьшением числа мод:

$$T \approx E_L/D; D \geq 1.$$



Юрий Валентинович Афанасьев, доктор физико-математических наук, заведующий сектором лаборатории квантовой радиофизики Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Занимается разработкой теории взаимодействия излучения лазера с веществом и теорией лазерного термоядерного синтеза. Опубликовал статьи в «Природе» (1974, № 6; 1976, № 10).



Николай Геннадиевич Басов, академик, член Президиума АН СССР, директор Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР, заведующий лабораторией квантовой радиофизики того же института. Председатель Правления Всесоюзного общества «Знание». Один из создателей мазеров и разного типа лазеров; работает над их применением в различных областях науки и техники. Лауреат Ленинской и Нобелевской премий, Герой Социалистического Труда, иностранный член академий наук ряда стран. Главный редактор журнала «Природа».



Евгений Георгиевич Гамалий, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается вопросами теории лазерного термоядерного синтеза и высокотемпературной плазмы. Публиковался в «Природе» (1976, № 10).

В предельном случае идеального (без потерь) одномодового лазера $T \approx E_n$. Даже небольшой энергии $E_n = 1$ Дж соответствует огромная температура 10^{19} эВ (т. е. порядка 10^{23} К). Число мод в оптической системе зависит от ее объема, частоты, ширины спектра, углового распределения (в случае лазера говорят о расходимости светового пучка). В реальных лазерах температура тем выше, чем меньше частота их излучения, поскольку число мод пропорционально кубу частоты. Отсюда следует, что низкочастотные (длинноволновые) лазеры имеют более высокую эффективную температуру, чем коротковолновые, и должны, таким образом, приводить к относительному «перегреву» плазмы. С этим, в частности, связано появление большого

числа быстрых (немаксвелловских) частиц в плазме, нагреваемой длинноволновым лазером, о чем подробнее будет рассказано ниже. В другом предельном случае равновесного изотропного теплого источника (излучение черного тела) при такой же полной энергии, как и в лазере, температура будет вполне «земной» — сотни или тысячи градусов. Это связано с тем, что число мод в последнем примере примерно на двадцать порядков больше, чем в случае лазера, а это увеличение, в свою очередь, объясняется очень широким спектром и изотропностью равновесного излучения. Таким образом, за столь высокие значения эффективной температуры лазерных фотонов ответственны отличительные характеристики лазера — монохроматичность,

пространственная и временная когерентность.

Оценим теперь, в каком соотношении находятся температура лазерного излучения и температура плазмы, образующейся при его действии на вещество. Пусть энергия лазера мгновенно поглотилась плазмой. Тогда температура нагретых частиц определяется площадью фокального пятна, глубиной проникновения света, поглощенной энергией и плотностью числа частиц мишени. Несмотря на то что площадь фокального пятна мала (10^{-4} см²), число частиц в небольшом объеме нагретого вещества оказывается значительным (10^{15} — 10^{16} см⁻³), поскольку велика исходная плотность числа частиц в твердом теле (10^{23} см⁻³). Температура образовавшейся плазмы при этом огромна; она составляет несколько кэВ (при такой температуре могут протекать термоядерные реакции), однако она на много порядков ниже эффективной температуры лазерных фотонов. Следует признать, что приведенные выше рассуждения дают правильную качественную картину, но являются приближенными, так как не учитывают потерь из-за теплопроводности и гидродинамического разлета плазмы.

При нагреве вещества тепловым источником излучения с энергией, равной лазерной, температура в фокальном пятне будет существенно ниже, по крайней мере, по двум причинам: из-за невозможности «собрать» изотропное тепловое излучение в узком телесном угле (как это делает лазер) и из-за низкой температуры источника.

Итак, лазерное излучение позволяет, в принципе, получать температуры вещества в десятки кэВ (около 10^8 К) и реальное ограничение этих температур определяется величиной энергии лазера, возможностями фокусирующих систем и процессами, которые происходят при взаимодействии излучения с веществом.

МОЩНОСТЬ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ФИЗИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Основные параметры лазерного излучения в процессах его взаимодействия с веществом — плотность потока энергии q (измеряется в Вт/см²) и длина волны λ (или частота ω). Плотность потока лазерного излучения связана с амплитудой электрического поля E в нем известным соотношением: $q = cE^2/8\pi$, где c — скорость света.

Величина потока энергии и определяет главным образом характер взаимодей-

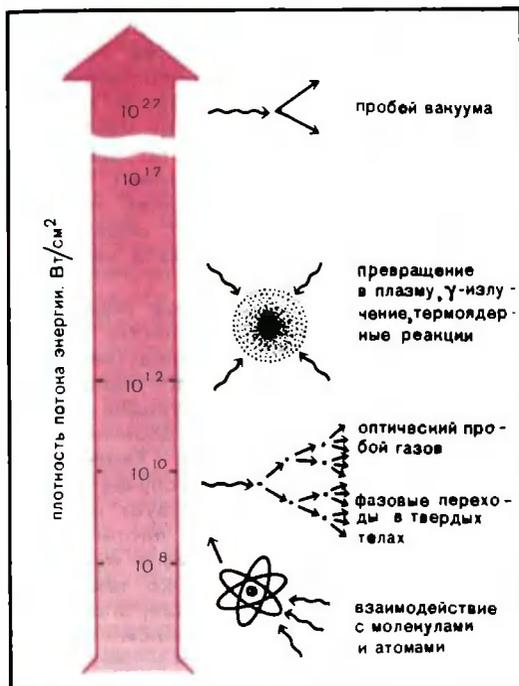
ствия излучения с веществом. При этом, разумеется, играют роль и параметры среды, на которую падает лазерное излучение: они определяют как механизм и эффективность преобразования лазерной энергии в другие виды энергии, так и сам вид энергии. Поэтому при рассмотрении физических явлений, происходящих под действием лазерного излучения, целесообразно отделять те из них, которые имеют место в газообразных средах, а в случае конденсированного вещества в диапазоне низких плотностей потоков разделять металлы и диэлектрики. Однако, как будет видно из дальнейшего изложения, в области больших мощностей излучения это различие практически исчезает и процесс взаимодействия с веществом во всех случаях сводится к взаимодействию с плазмой относительно низкой плотности.

Воздействие на отдельные атомы и молекулы. Если среда представляет собой достаточно разреженный газ, то при малых плотностях энергии светового потока излучение лазера взаимодействует с отдельными атомами и молекулами этой среды. Из квантовой механики известно, что атомы (или молекулы) имеют дискретные энергетические уровни, т. е. могут поглощать и испускать энергию строго определенными порциями (говорят, что они обладают определенными наборами собственных частот). Очевидно, что взаимодействие будет наиболее эффективным, если на частицу воздействовать резонансным образом, т. е. лазерным излучением, частота которого совпадает с одной из собственных частот атома или молекулы. Такой способ воздействия называется селективным. С его помощью можно перевести определенные типы атомов в возбужденное состояние или ионизировать их (т. е. оторвать с их внешней оболочки один или несколько электронов). Аналогичным образом могут быть возбуждены молекулы, причем для молекул сложного состава и строения такое воздействие может приводить к изменению их пространственной структуры и ориентации.

Когда были изобретены лазеры с непрерывно перестраиваемой частотой, для изучения селективного воздействия открылись широкие возможности. Сейчас такому типу воздействия можно подвергать большой класс веществ: с энергией возбуждения от 0,1 до 10 эВ. Кроме того, созданы лазеры с короткой длительностью импульса, меньшей, чем время жизни возбужденных атомов и молекул. Все это чрезвычайно расширяет перспек-

тивы для развития методов селективного воздействия и их многообразных применений.

В качестве таких применений можно указать разделение атомов и молекул, изотопов, глубокую очистку вещества, детектирование отдельных атомов и молекул, направленные химические реакции, создание новых химических веществ. Лазерная химия основана на том, что возбужденные атомы и молекулы охотнее вступают в химические реакции, даже в такие, в которых невозбужденные частицы



Шкала плотности потока энергии лазерного излучения. Указаны характерные для данных значений потока физические явления.

вообще не могут участвовать. При разделении и детектировании выделяемые атомы возбуждаются (или ионизируются последовательным действием двух или трех импульсов), а затем извлекаются либо путем связывания в химические соединения, либо электрическим полем (в случае ионов).

Оптический пробой газов. Рассмотренное селективное (резонансное) взаимодействие лазерного излучения с газообразными средами непосредственно не приводит к существенному изменению макроскопического состояния среды, характери-

зуемого давлением и поступательной температурой, а влияет главным образом на внутренние степени свободы (колебательную и вращательную температуры и т. п.).

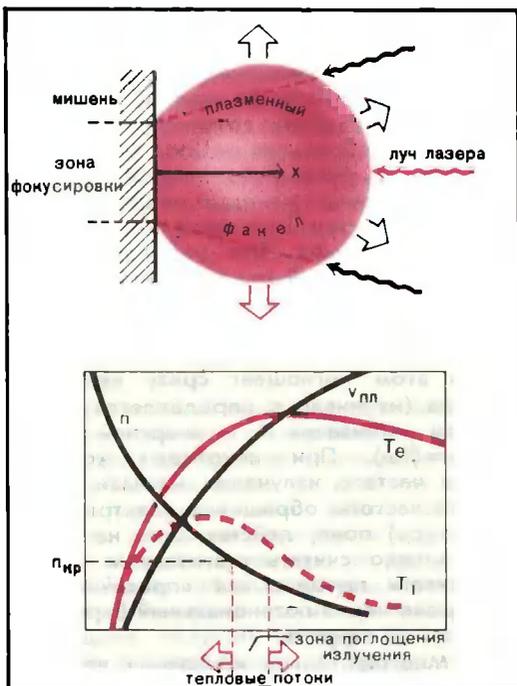
Однако с ростом плотности газа и при повышении мощности излучения до определенного (при данной плотности газа) порогового значения в процессы взаимодействия светового поля с веществом включаются коллективные эффекты, приводящие к изменению макроскопического состояния среды. К их числу относится так называемый оптический пробой газов — эффект, возникающий при фокусировке мощного лазерного луча в газе. В области фокуса возникает ярко светящийся плазменный столб, напоминающий электрический разряд, — лазерная искра.

Возникновение лазерной искры может быть объяснено с помощью двух механизмов. Во-первых, электроны могут быть «оторваны» от ядра непосредственно самим полем излучения — многофотонная ионизация. Это чисто квантовый процесс, имеющий место только в интенсивных световых полях (а следовательно, при высокой плотности фотонов в лазерном пучке). При многофотонной ионизации атом поглощает сразу несколько квантов (их число n определяется потенциалом ионизации I и энергией кванта $\hbar\omega$: $n = I/\hbar\omega$). При некоторых условиях (когда частота излучения меньше характерной частоты обращения электрона вокруг ядра) поле, действующее на электрон, можно считать статическим и рассматривать процесс как «просачивание» электрона через потенциальный барьер — туннельный эффект.

Многофотонная ионизация является механизмом оптического пробоя в случае низкого давления газа. Однако большинство экспериментально изученных случаев соответствуют условиям с высоким давлением газа ($P \sim 1$ атм), и тогда в оптическом пробое преобладающим становится процесс ионизации атома электронным ударом с последующим образованием электронной лавины. Вкратце суть этого механизма (на классическом языке) заключается в следующем. Отдельные «затравочные» электроны (возникающие, в частности, в результате многофотонной ионизации), попав в переменное (частоты ω) поле волны, начинают осциллировать, двигаясь с характерной скоростью, пропорциональной амплитуде светового поля. В результате упругих столкновений с атомом осциллирующий электрон набирает энергию, причем тем быстрее, чем больше частота этих

столкновений. Как только набранная электроном кинетическая энергия превышает потенциал ионизации атома, может произойти отрыв атомного электрона — ионизация. В результате появляются уже два свободных электрона, которые могут ионизировать два атома, выбив из них еще два электрона. Число электронов лавинообразно (по экспоненциальному закону) нарастает, причем характерное время развития лавины $\tau \sim I\omega^2/qN$ (N — концентрация атомов).

Таким образом, явление пробоя тем



Схематическое изображение плазменного факела (вверху) и распределение параметров плазмы в направлении, перпендикулярном поверхности (внизу).

эффективней, чем больше плотность потока, концентрация атомов и меньше частота света и потенциал ионизации. Например, пробой атмосферного воздуха излучением неодимового лазера происходит при плотностях потока $q \approx 10^{11}$ Вт/см², что соответствует амплитуде светового поля $E_0 \approx 10^7$ В/см.

Воздействие на конденсированные среды. Итак, лазерное излучение достаточно большой мощности может перевести газ в состояние плазмы, и дальнейшее его взаимодействие с веществом

(при достаточно большой длительности лазерного импульса) есть взаимодействие с плазмой: о нем пойдет речь ниже.

А пока рассмотрим, что происходит под действием лазерного излучения в конденсированных непрозрачных веществах, главным образом металлах. Наиболее интересные явления возникают, начиная с плотностей потоков порядка 10^6 Вт/см². В этом случае падающее излучение сначала частично поглощается в поверхностном, так называемом скин-слое (заметная часть его при этом может отражаться). В результате, в области, где выделяется энергия, возрастает температура, а следовательно, и давление вещества. Если при этом длительность импульса достаточно велика, так что удельная энергия (т. е. энергия, приходящаяся на единицу массы) становится не слишком малой по сравнению с энергией межмолекулярных связей (удельной теплотой испарения), то начинается интенсивный процесс образования паров металла, разлетающихся навстречу падающему излучению.

Это явление носит уже гидродинамический характер. В частности, неиспарившаяся часть вещества вследствие отдачи разлетающихся паров получает механический импульс, генерирующий акустические или даже слабые ударные волны в конденсированном теле. Характерная температура паров в этом случае составляет доли эВ, что соответствует нескольким тысячам градусов, а их плотность порядка плотности насыщенного пара при данной температуре. Помимо технологических применений (испарение, плавление, сварка и резка металлов), описанный круг явлений весьма полезен для исследования теплофизических процессов, в частности для определения теплоты испарения различных веществ, их критических параметров и т. д.

Если теперь поднять интенсивность лазерного излучения до 10^8 — 10^9 Вт/см², то при определенных условиях (например, при соответствующей длительности импульса, качестве поверхности металла, потенциале ионизации) может произойти пробой разлетающихся паров и образование поглощающей излучение плазмы. В этой ситуации пробой первоначально происходит вблизи поверхности и затем распространяется навстречу лучу в виде волны ионизации и светодетонационной волн. Из-за поглощения в образовавшемся плазменном факеле до поверхности конденсированного вещества доходит теперь уже только часть излучения лазера. Температура факела оказывается порядка

нескольких эВ, и он становится весьма интенсивным источником собственного ультрафиолетового излучения.

Взаимодействие с высокотемпературной плазмой. Дальнейший рост плотности потока лазерного излучения до 10^{11} — 10^{12} Вт/см² приводит к нагреву плазмы до температуры порядка 10^2 эВ и, соответственно, к увеличению скорости ее разлета. В этих условиях, помимо процесса поглощения падающего излучения, начинает играть роль перенос энергии за счет электронной теплопроводности. В результате этого возникает область прогретой плотной плазмы, т. е. внутри конденсированного вещества вместе с гидродинамическими возмущениями распространяется тепловая волна.

Когда плотности потока излучения превышают 10^{12} — 10^{13} Вт/см², процессы разрушения межатомных и межмолекулярных связей в твердом теле, диссоциация молекул и ионизация атомов происходят за времена, много меньше длительности лазерного импульса. Фактически излучение взаимодействует с плазмой, в которую превращается твердое тело. В этой ситуации определяющими характер взаимодействия становятся коллективные свойства плазмы как целого. На деталях этих процессов мы еще подробно остановимся, а пока будем мысленно двигаться вверх по шкале интенсивности.

Релятивистская плазма. При $q \approx 10^{16}$ — 10^{18} Вт/см² мы попадаем в область взаимодействий, где становятся существенными релятивистские эффекты. Действительно, в высокочастотных электрических полях, соответствующих приведенным выше значениям плотностей потоков, напряженность поля составляет 10^9 — 10^{10} В/см, т. е. настолько велика, что скорость осцилляций электрона становится близкой к скорости света. По существу здесь приходится иметь дело с релятивистской лазерной плазмой.

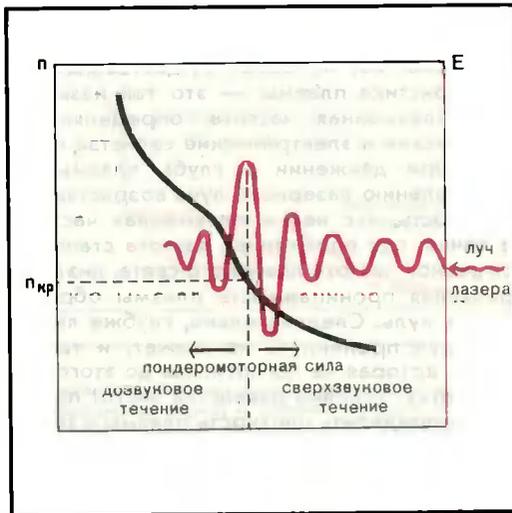
И наконец, при переходе к потокам, превышающим 10^{20} Вт/см² (которые, правда, еще на опыте не получены), мы вторгнемся в область электрических полей масштаба внутриядерных, т. е. фактически в область физики элементарных частиц. Здесь уже теория предсказывает эффекты, которые связаны с взаимными превращениями частиц.

Приведенная выше классификация взаимодействий, конечно, достаточно условна, однако она позволяет, на наш взгляд, легче ориентироваться во всем многообразии процессов лазерного взаи-

модействия. Теперь мы подробнее остановимся на взаимодействии лазерного излучения с высокотемпературной плазмой.

ЯВЛЕНИЯ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕ

Электромагнитное поле лазерного луча «раскачивает» в первую очередь электроны (напомним, что электрон почти в 2000 раз легче протона — ядра атома водорода). При этом сначала нарушают-



Распределение плотности плазмы n и электрического поля E вдоль луча лазера. Вблизи критического значения плотности поле резонансным образом возрастает и плазма «сминается» под действием пандеромоторной силы.

ся обеспечиваемые электронами наиболее слабые связи в кристаллической решетке и внутри молекул, затем наступает очередь ионизации. На этой стадии процессы похожи на описанные уже явления образования электронной лавины и быстрой ионизации вещества при оптическом пробое. Энергия световой волны поглощается электронами, и они переносят эту энергию в более глубокие слои вещества — происходит процесс электронной теплопроводности. Гидродинамическое движение вещества, определяемое ионами, начинается лишь после того, как электроны в столкновениях с ионами передадут им часть своей энергии. Это происходит за время порядка 10^{-11} с (для типичных условий плотной плазмы, образованной

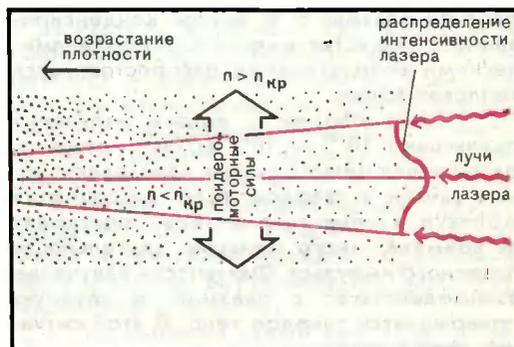
при действии мощного лазерного излучения на твердое тело). Таким образом, уже за столь малые времена вещество превращается в плазму и начинает разлетаться навстречу падающему лучу, и в плазменном факеле формируются характерные пространственные распределения плотности и температуры.

Резонансное возрастание амплитуды электрического поля. Вызывая осцилляции электронов, лазерное поле приводит к образованию целого спектра электронных колебаний, причем они носят коллективный характер: макроскопическая система электронов колеблется как целое в зависимости от параметров плазмы и лазерного луча. Как известно, наиболее существенная характеристика плазмы — это так называемая плазменная частота, определяющая оптические и электрические свойства плазмы. При движении в глубь плазмы по направлению лазерного луча возрастает ее плотность, а с ней и плазменная частота. В точке, где плазменная частота становится равной частоте лазерного света, диэлектрическая проницаемость плазмы обращается в нуль. Следовательно, глубже лазерный луч проникнуть не может, и та его часть, которая не поглотилась до этого, отражается. Условие равенства частот позволяет определить плотность плазмы в точке, дальше которой луч проникнуть не может (ее называют критической). При приближении к точке с критической плотностью амплитуда электромагнитного поля резонансно возрастает, достигая в ней максимального значения, причем оно более чем в сто раз может превосходить амплитуду поля в вакууме. Высота и ширина резонансного пика определяются механизмами преобразования энергии лазерного луча в тепловую энергию плазмы и характерным расстоянием, на котором изменяется плотность.

Пондеромоторные силы. При плотностях потока лазера, о которых сейчас идет речь (порядка 10^{14} Вт/см²), давление света на границу плазмы огромно — около 30 тыс. атмосфер. Тем не менее в разреженных периферийных слоях плазмы тепловое давление еще больше светового, в тысячи раз. Поэтому на процессы в плазме световое давление влияния не оказывает. Однако при плотностях, близких к критической, когда амплитуда поля резко возрастает, ситуация меняется на противоположную и пондеромоторные силы (так называют силы давления электромагнитного поля) могут превзойти тепловое давление.

Влияние пондеромоторных сил на процессы в плазме многообразно: они сказываются на процессах поглощения света, ускорении ионов до больших скоростей и т. д. С влиянием пондеромоторных сил связан чрезвычайно интересный эффект — самофокусировка лазерного луча в плазме, в результате чего он может проникнуть в области, непрозрачные для света, т. е. с плотностью, существенно превышающей критическую в невозмущенном состоянии.

Как же это происходит? Если неод-



Схематическое изображение самофокусировки лазерного луча в неоднородной плазме с плотностью, большей критической ($n > n_{кр}$). Пондеромоторные силы расталкивают плазму в стороны от оси луча, плотность в области светового канала становится меньше критической и луч проникает в глубь плазмы.

нородный по радиусу пучок света достаточно большой мощности падает на плазму, плотность которой возрастает вдоль оси пучка, то в радиальном направлении возникает пондеромоторная сила, выталкивающая плазму в сторону от оси. В результате внутри плазмы создается разреженный канал, по которому луч света может проникнуть глубже критической точки — он сам пробивает себе дорогу в первоначально непрозрачной среде. Самофокусировка может иметь место лишь при мощностях лазерного луча, превышающих некоторое критическое значение. Это значение в сильной степени зависит от радиуса пучка и плотности плазмы. При реально достижимых сейчас мощностях лазера луч может проникать в области, где плотность в 20 раз превышает критическую.

Механизм поглощения энергии излучения. Остановимся теперь на механизме поглощения плазмой энергии излучения. При не слишком высоких плотностях потока ($q \approx 10^{14}$ Вт/см²) основным является процесс поглощения фотона

электроном при столкновении с ионом — так называемое тормозное поглощение. Доля поглощенной энергии при этом может достигать 80—90%. Однако при увеличении потока, когда возрастает температура плазмы ($T_e \sim q^{2/3}$), эффективность этого процесса падает (обратно пропорционально q , т. е., как $T_e^{-3/2}$), начинают превалировать механизмы резонансного и аномального поглощения. Не вдаваясь в детали этих достаточно сложных процессов, укажем лишь, что с ростом плотности потока становятся существенными взаимодействия друг с другом различных типов плазменных (коллективных) колебаний, возбужденных световым полем. Эти взаимодействия приводят, в конечном счете, к трансформации энергии таких колебаний в тепловую энергию электронов. Существенно, что при больших плотностях потока спектр распределения этих электронов по скоростям отличается от равновесного, максвелловского, — доля частиц высокой энергии (их называют надтепловыми, быстрыми электронами) заметно возрастает. Экспериментально установлено, что это явление имеет место в широком диапазоне потоков.

Надтепловые электроны. В настоящее время общепринято, что генерация группы быстрых электронов в неоднородной лазерной плазме связана с эффектом резонансного возрастания продольной (параллельной градиенту плотности и направлению лазерного луча) компоненты электрического поля при плотностях, близких к критической, и с диссипацией энергии поля в плазме.

В качестве одного из механизмов диссипации мы приведем обратный эффект Черенкова, который заключается в возникновении продольных волн в критической области плазмы вследствие теплового движения электронов. Вместе с этими волнами перемещается в пространстве и резонансный пик поля, захватывая с собой электроны и ускоряя их. Поэтому скорость «горячего» электрона определяется продольной скоростью плазменных волн, зависящей, в свою очередь, от частоты лазерного излучения и параметров плазмы в критической точке. В результате этого процесса часть электронов оказывается «переброшенной» в область более высоких энергий, что и нарушает распределение Максвелла.

Неравновесное распределение электронов по энергии можно приблизительно описать в виде наложения двух максвелловских распределений — тепловых («холодных») электронов и надтепловых («горя-

чих»). В современных экспериментах «температура» быстрых электронов более чем в десять раз превышает температуру тепловых и составляет десятки кэВ.

Быстрые ионы. Лазерная плазма является также источником ионов высоких энергий. Существуют естественные механизмы ускорения ионов, например гидродинамическое (равновесное) расширение плазмы в вакуум, когда их граница летит с утроенной скоростью звука. В рамках такого механизма могут быть объяснены эксперименты, выполненные в Физическом



Распределение быстрых электронов плазмы по энергиям (сплошная линия) и соответствующий этой области энергий участок распределения Максвелла. Из рисунка видно, что часть электронов оказывается «переброшенной» в область высоких энергий — это есть результат обратного эффекта Черенкова.

институте им. П. Н. Лебедева АН СССР (ФИАНе) на установке «Кальмар». В них были обнаружены семикратно ионизованные ионы кремния с энергией 30 кэВ.

Другой механизм — это ускорение ионов самосогласованным электрическим полем плазмы. Электронная температура в лазерной плазме всегда выше ионной, но даже при равной температуре скорость электронов в $(M_i/m_e)^{1/2}$ раз больше скорости ионов (M_i и m_e — массы иона и электрона). Поэтому электроны в разлетающейся плазме увлекают за собой ионы, ускоряя их. Предельная скорость ионов достигается, когда характерный размер расширившейся плазмы становится порядка эффективного радиуса электрических сил между электронами и ионами. Таким образом, ионы в лазерной плазме могут быть ускорены до энергий в сотни кэВ. Естественно, наличие в плазме надтепловых электронов способствует появлению группы ионов высокой энергии, а когда число таких электронов становится достаточно большим, то именно температура горячих элект-

ронов определяет максимальную энергию ионов. Спектры ионов, определенные при помощи указанной модели, объясняют большое количество современных экспериментов.

Конверсия в рентгеновское излучение. При воздействии на мишени лазерного излучения с $q \approx 10^{14}$ Вт/см² средняя температура электронов и ионов достигает величины порядка кэВ (около 10 млн град.). В этих условиях становятся существенными процессы, приводящие к излучению жесткого рентгеновского излучения из плазмы.

Во-первых, это может произойти за счет торможения электрона в поле иона, в результате чего испускается фотон. Это процесс, обратный описанному выше тормозному поглощению излучения. Во-вторых, электрон плазмы может занять вакантное место в оболочке иона, т. е. рекомбинировать, испустив избыточную энергию в виде кванта света. И, наконец, электроны, находящиеся в возбужденных состояниях, могут переходить на более низкие энергетические уровни, также испуская при этом энергию возбуждения в виде кванта.

Во всех этих случаях энергия излученных квантов порядка нескольких кэВ, тогда как лазерные фотоны имеют энергию около 1 эВ. Таким образом, лазерная плазма может служить своеобразным преобразователем лазерного света в жесткое рентгеновское излучение, причем эффективность этого преобразования возрастает по мере увеличения атомного номера элемента, из которого «приготовлена» плазма. Как показали эксперименты, проведенные недавно в США, используя в качестве мишени золотую пластину, можно преобразовать в энергию рентгеновского излучения до 60% поглощенной энергии лазера. Возможность использования многозарядной лазерной плазмы как мощного, практически точечного рентгеновского источника открывает большие перспективы для различных приложений, например для рентгеновской литографии.

СЖАТИЕ ВЕЩЕСТВА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

До сих пор мы рассматривали явления в разреженной горячей плазме, так называемой короне, не касаясь того, что происходит в неиспарившейся части мишени. Впредь мишенью мы будем называть объект, на который воздействует лазер, причем его лучи падают, как правило, по нормали к поверхности мишени. Таким

объектом может быть плоская пластина, цилиндр или сфера.

Напомним, что излучение поглощается в основном вблизи точки с критической плотностью, а поглощенная энергия распределяется между электронами плазмы. Область поглощения становится источником волн электронной теплопроводности, переносящих энергию как в плотные, так и в разреженные слои мишени. Тепловая волна, идущая в холодные слои вещества, вначале распространяется со скоростью, превышающей локальную скорость звука, но, в силу нелинейной характера теплопроводности, скорость ее со временем быстро падает. Как только скорость тепловой волны уменьшается до величины локальной скорости звука, в мишени начинают преобладать гидродинамические явления. Это означает, что в глубь мишени начинает распространяться ударная волна. С другой стороны, это условие показывает, что волна разрежения догнала тепловую волну, и испарение также происходит в гидродинамическом режиме. Таким образом, тепловая волна является своеобразным поршнем, посылающим волны сжатия. На границе испарения формируется импульс давления, складывающийся из теплового давления «короны» и реактивного импульса разлетающихся частиц плазмы.

Поскольку температура плазмы порядка 1 кэВ, давление в ней составляет миллионы атмосфер и скорость ее разлета около 100 км/с, то давление за фронтом ударной волны ($P \geq 10^6$ атм) намного превышает плотность энергии связи в твердом теле ($\rho_0 c_{зв}^2 = 10^4 - 10^5$ атм). Следовательно, эффекты, связанные с прочностью и структурой вещества, для таких волн не существенны. В результате, сжатие вещества осуществляется как ударной волной, так и на последующей стадии, когда сжатие уже происходит без изменения энтропии — адиабатически.

Проблема сжатия вещества под действием лазерного излучения начала активно изучаться более десятилетия назад в связи с исследованиями по лазерному термоядерному синтезу. Уже на ранней стадии этих исследований было осознано, что с помощью лазера невозможно достичь возбуждения энергетически выгодной термоядерной реакции, не сжав предварительно ядерное горючее до очень высоких плотностей ($10^2 - 10^3$ г/см³). С другой стороны, огромные давления, возникающие при действии лазерного излучения на вещество, показывали, что принципиальная возможность значительного сжатия веществ-

ва существует. Весьма плодотворной здесь оказалась известная идея сферической кумуляции.

В современных теоретических и экспериментальных исследованиях лазерного сжатия мишень представляет собой сферическую оболочку с определенным набором слоев; внутренняя ее полость может быть заполнена газом, содержащим дейтерий и тритий. На такую мишень и фокусируется со всех сторон лазерное излучение.

Из термодинамики известно, что мак-

из короны. Второе препятствие связано с тем, что реальное вещество сопротивляется сжатию сильнее, чем идеальный газ. И, наконец, наиболее существенной является неустойчивость процесса сжатия.

Очевидно, что при реализации лазерного сжатия сферической мишени неизбежно будут присутствовать отклонения от однородности облучения и строгой сферической симметрии мишени, т. е. малые начальные возмущения. Уже сам факт наличия таких возмущений (даже без учета неустойчивости) приводит к ограничению степени сжатия. Действительно, сферическое сжатие и кумуляция полностью нарушаются, когда амплитуда возмущения поверхности мишени d сравнима с радиусом сжимаемой сферы R (фактически отличие от сферичности наступит раньше). Приравняв эти величины, получим:

$$d \approx R \sim R_0 \delta^{-1/3},$$

где R_0 — радиус мишени до сжатия, $\delta = V_0/V$ — степень объемного сжатия. Следовательно, чем большее сжатие мы хотим получить, тем совершеннее должна быть мишень и однороднее облучение (оно также может привести к искажению формы мишени).

Неустойчивость, возникающая при сжатии, — это так называемая рэлей-тейлоровская неустойчивость. Ртуть, лежащая на воде в поле тяжести, — классический пример такой неустойчивости. Если поверхность раздела идеально гладкая, то жидкости находятся в состоянии неустойчивого равновесия. Однако бесконечно малые неоднородности поверхности приводят, в конечном счете, к падению ртути в воду.

При сферическом сжатии неустойчивость возникает, по крайней мере, на двух стадиях движения: вначале, когда горячая неплотная корона ускоряет неиспарившуюся часть мишени, и на конечной стадии, когда сжатое центральное ядро мишени тормозит внешние слои. В результате, начальная амплитуда возмущения может возрасти в сотни и тысячи раз в зависимости от размера и структуры мишени, величины лазерного потока и временной формы лазерного импульса. Тем не менее, как показывают численные расчеты, проведенные на ЭВМ с учетом указанных эффектов, в мишени могут быть достигнуты плотности около 10^2 — 10^3 г/см³ и созданы условия для осуществления самоподдерживающейся термоядерной реакции. Таким образом, теория дает утешительный прогноз, но окончательный ответ, как всегда, за экспериментом. Какова же ситуация сейчас?

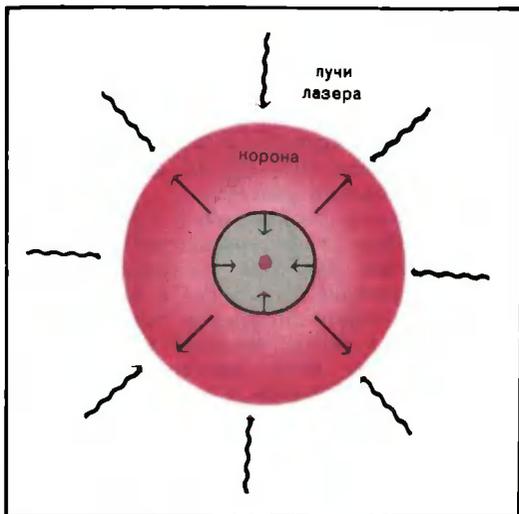
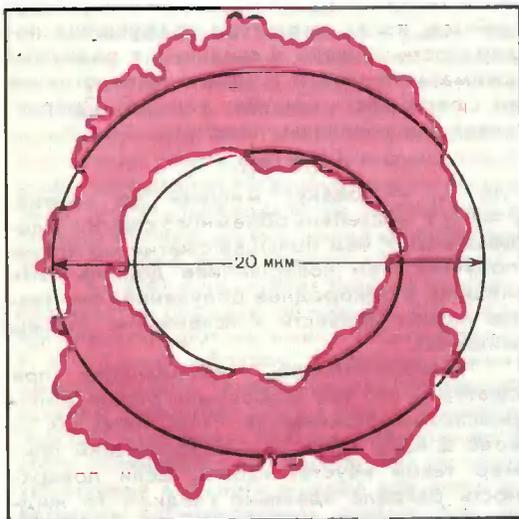


Схема сжатия сферической мишени при всестороннем облучении. Стрелки показывают направления движения плазмы.

симальное сжатие может быть достигнуто в адиабатическом режиме (т. е. при неизменной энтропии). В самом деле, используя первое начало термодинамики и уравнение адиабаты идеального газа, легко показать, что холодный идеальный газ может быть адиабатически сжат до бесконечной плотности. Теоретически было показано, что применительно к лазерному сжатию такой режим может быть осуществлен при использовании лазерного импульса с интенсивностью, нарастающей по определенному временному закону. Однако последующие исследования внесли коррективы в эту привлекательную схему.

Первое препятствие на пути к бесконечно большому сжатию — это неизбежный нагрев вещества (внесение энтропии) до прихода волн сжатия. Основную роль играет здесь энтропия, вносимая ударными волнами и сверхбыстрыми электронами

Многие лаборатории мира уже уверенно зафиксировали в экспериментах со сферической мишенью плотности сжатого газа порядка 10 г/см^3 , причем первый результат был получен в лаборатории лазерной плазмы Физического института им. П. Н. Лебедева. Но уже сделан и следующий шаг. Недавно ученые из Калифорнийского университета (США) сообщили о сжатии до 30 г/см^3 . На повестке дня интригующие вопросы: какова же предельная достижимая плотность? Можно ли добиться предсказываемого теорией сжатия до 10^3 г/см^3 ?



Форма полистирольной оболочки на конечной стадии сжатия, происшедшего под действием неоднородного облучения (экспериментальный результат, полученный на установке «Кальмар» в ФИАНе с помощью камеры-обскуры с отверстием в 15 мм в собственном рентгеновском излучении). Ее контуры соответствуют максимуму и интенсивности рентгеновского излучения. Черные линии — результаты расчета на ЭВМ, проведенного в Институте прикладной математики АН СССР и ФИАНе. Форма поверхности мишени отличается от сферической из-за начальной асимметрии облучения и процессов неустойчивости при сжатии.

ГЕНЕРАЦИЯ СВЕРХСИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

Лазерная плазма является не только «ускорителем» заряженных частиц, но и генератором магнитных полей очень большой напряженности. Напомним, что, несмотря на свои небольшие размеры, плазменный факел — это очень неоднородный объект с большими и резко меняющимися в пространстве и времени градиента-

ми плотности, температуры, давления, скорости.

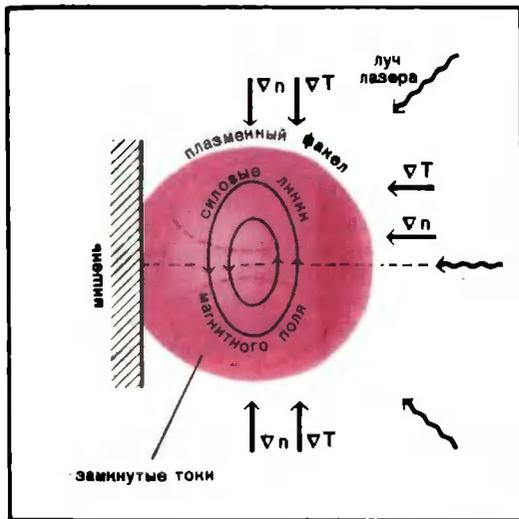
Причиной возникновения электрических токов, порождающих магнитные поля, может служить как возникновение пространственного заряда плазмы, так и разница скоростей электронов и ионов. Плазма в целом электрически нейтральна, т. е. ее суммарный электрический заряд равен нулю. Однако из-за движения частиц в ней постоянно возникают локальные изменения пространственного заряда на расстояниях порядка дебаевского радиуса (характерного расстояния, на котором электрическое поле заряда в плазме спадает в e раз). Правда, при нерелятивистских скоростях частиц появляющиеся вследствие этого электрические поля всегда гораздо меньше полей, порождаемых вихревыми (замкнутыми) токами (скорости в лазерной плазме составляют 10^7 — 10^8 см/с , что много меньше скорости света).

Скорость электронов в плазме практически всегда существенно превышает скорость ионов. Как уже говорилось, из-за квазинейтральности плазмы в ней не может происходить скопления зарядов в какой-либо ее части, поэтому электронные токи должны быть замкнутыми. Такие токи могут возникнуть в том случае, когда силы, действующие на электроны, приводят к искривлению их траекторий. Это могут быть силы самой различной природы: гидродинамические (пропорциональные градиенту плотности), термосилы (определяемые градиентом температуры), вязкие силы, пондеромоторные и др. Кроме того, магнитные поля генерируются при возникновении различных видов плазменной турбулентности, а также при наличии некоторых видов неустойчивости (например, термомагнитной неустойчивости).

Обычно с одним типом сил (или с несколькими) связывают определенный механизм генерации полей. Так, когда преобладают термосилы и гидродинамические силы, говорят о возникновении термоэлектрических токов (механизм термоэдс). Частным случаем проявления этого механизма является хорошо известное явление возникновения эдс при нагреве концов металлического образца до разных температур. В этом примере величина эдс определяется градиентом температуры.

Замкнутые токи в плазме (и связанные с ними магнитные поля) возникают при неколлинеарных градиентах температуры и плотности. Здесь, в отличие от металла, основную роль играет гидродинамическая сила, которая и приводит к

замкнутым электронным траекториям. Такая ситуация возникает при падении сфокусированного луча лазера на плоскую мишень. В этом случае сама геометрия опыта создает условия для возникновения сильных магнитных полей — до миллиона гаусс (при температуре электронов порядка 1 кэВ и характерных размерах изменения плотности и температур в несколько мкм). Их измеряют по вращению плоскости поляризации пробного луча лазера, пропускаемого через плазму. Эти измерения дают величину напряженности поля 10^5 — 10^6 Гс.



Генерация магнитных полей в плазменном факеле, образованном под действием мощного лазерного излучения на плоскую мишень. Разлет плазмы вдоль оси луча и перпендикулярно ему создает силы, связанные с неколлинеарностью градиентов температуры (∇T) и плотности (∇n). Эти силы приводят к возникновению замкнутых токов и мощных магнитных полей (порядка 10^6 Гс).

Следует отметить, что указанный механизм может приводить к генерации поля и при сферической геометрии эксперимента, поскольку наличие малых возмущений и гидродинамической неустойчивости приводит к нарушению сферической симметрии и возникновению замкнутых токов. Причем, так как неустойчивость при сжатии развивается и во внутренних областях мишени, то магнитные поля значительной величины (десятки МГс) должны существовать, согласно теоретическим предсказаниям, и внутри мишени.

Магнитные поля такой величины могут оказывать значительное влияние на процессы в плазме, и прежде всего на распространение заряженных частиц, поскольку

ку ларморовский радиус — электронов и ионов (водорода, гелия) в таких полях оказывается меньше характерных гидродинамических размеров. Особенно сильно влияние магнитного поля на основной процесс переноса энергии в лазерной плазме — электронную теплопроводность. Как результат, меняются процессы формирования давления, сжатия, величина и угловое распределение рентгеновского излучения из плазмы. Непосредственное измерение этих эффектов — задача очень сложная, но уже сейчас сравнение теории и эксперимента показывает, что эти эффекты существуют. Следует, правда, отметить, что мы находимся в самом начале исследований этих интересных явлений и главные результаты еще впереди.

РЕЛЯТИВИСТСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

Остановимся теперь на явлениях, происходящих в лазерной плазме при очень больших плотностях светового потока, находящихся либо на грани современных экспериментальных возможностей, либо в области лазерной техники будущего. В этом случае амплитуда электрического поля становится столь большой, что скорость осциллирующего плазменного электрона приближается к скорости света — лазерная плазма становится релятивистской. Для примера укажем, что электрон может достигнуть энергии осциллирующей в 1 МэВ (вдвое превышающей его энергию покоя) при плотностях потока $q \approx 10^{18}$ Вт/см² (лазер на неодимовом стекле $\lambda = 1,06$ мкм) или при $q \approx 10^{16}$ Вт/см² (CO₂-лазер, $\lambda = 10,6$ мкм), что не намного превышает существующие сейчас экспериментальные значения. Конечно, скорость ионов в этом случае все еще далека от скорости света. Оценки показывают, что при указанных плотностях энергии она составляет (для ионов водорода) $6 \cdot 10^9$ см/с (при электростатическом ускорении за время 10^{-11} с).

Что нового происходит в характере взаимодействия? Во-первых, в отличие от обычной лазерной плазмы, даже плотная плазма из-за больших (ультрарелятивистских) скоростей электронов является бесстолкновительной. Это приводит к тому, что определяющие механизмы поглощения света в данном случае связаны с нелинейными по величине электромагнитного поля релятивистскими эффектами (например, такими как сбивание фазы осциллирующего электрона за счет воздействия более высоких гармоник поля — так называ-

ваемый эффект «опрокидывания» электронных траекторий). Изменяется также величина критической плотности при данной частоте лазерного излучения; она начинает увеличиваться с ростом температуры T_e . В релятивистской плазме другой становится температурная зависимость коэффициентов переноса. В частности, коэффициент электронной теплопроводности χ пропорционален квадрату T_e вместо классической зависимости $\chi \sim T_e^{5/2}$.

Экспериментальное и теоретическое изучение формирования и поведения релятивистской лазерной плазмы — весьма интересная задача. При этом особо интересен вопрос о том, какова предельно достижимая в лабораторных условиях скорость ионов, при условии, что лазером уже создана релятивистская электронная компонента.

ПРОБОЙ ВАКУУМА

Как уже указывалось, напряженность электрического поля в луче лазера уже сейчас сравнима или превосходит характерные внутриатомные поля, что дает возможность воздействовать на атомные и молекулярные системы непосредственно световым полем. Яркий пример такого эффекта — рассмотренный выше процесс многофотонной ионизации и связанное с ним явление пробоя вещества. Эти процессы в настоящее время хорошо изучены — как теоретически, так и экспериментально.

Теперь попытаемся мысленно представить себе, что при помощи лазера можно создать еще более сильные электрические поля — сравнимые с теми, что существуют на расстояниях порядка комптоновской длины электрона ($\lambda \approx \hbar/mc$). Другими словами, поставим вопрос об условиях светового пробоя вакуума, т. е. рождения электрон-позитронных пар в луче такого воображаемого лазера. Оказывается, физические процессы, происходящие при этом, вполне аналогичны ионизации атома в сильном поле. Действительно, чтобы оторвать электрон от атома (при низких частотах света), нужно сообщить ему полем волны E_0 на расстояниях порядка атомных ($a \sim 10^{-8}$ см) энергию, приблизительно равную потенциалу ионизации I . Амплитуда такого электрического поля E_0 должна быть порядка 10^9 В/см. Однако за счет туннельного эффекта это значение может быть существенно ниже.

Аналогичная ситуация имеет место при образовании электрон-позитронных пар. В самом деле, чтобы «разорвать» пару, электрону необходимо сообщить с

помощью электромагнитного поля энергию порядка его энергии покоя. Характерным расстоянием при это является комптоновская длина волны, т. е. необходимо, чтобы $eE_0 \cdot \hbar/mc \approx mc^2$. Отсюда $E_0 \approx mc^3/e\hbar \approx 10^{14}$ В/см, что соответствует плотности потока $q \approx 10^{29}$ Вт/см². Однако, опять-таки вследствие туннельного эффекта, это значение снижается до 10^{27} Вт/см².

Обсуждаемые плотности потоков почти на десять порядков превышают современные возможности лазерной техники; тем не менее в настоящее время именно лазерный эффект представляет собой единственный путь к достижению сверхсильных полей в земных условиях.

В заключение попробуем оценить, какие лазерные потоки можно получить в будущем, если исходить из сегодняшнего понимания физики лазеров и полученных экспериментальных результатов. Сейчас работают лазеры, в которых по отдельности получены: энергия в импульсе 10^4 Дж, длительность порядка 10^{-12} с, размер пятна фокусировки около 10^{-8} см². Если бы удалось объединить эти параметры в едином приборе, то тогда можно было бы получить плотность потока до 10^{24} Вт/см².

В настоящее время не видно принципиальных физических запретов для достижения этой цели. По-видимому, дальнейшее развитие лазерной техники пойдет в первую очередь по пути увеличения энергии. Лазерные установки следующего поколения ориентированы на энергию 10^5 — 10^6 Дж, что доводит предел мощности до 10^{26} Вт/см². Сейчас вряд ли можно утверждать, что достижение столь высокой плотности энергии излучения и связанные с этим огромные технические трудности станут в обозримое для нас время в ряд насущных задач. Однако, как показывает история развития науки, даже самые фантастические (в смысле технического воплощения) для своего времени идеи рано или поздно пробивали себе дорогу, обогащая науку, технику и расширяя наши представления об окружающем мире.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Летохов В. С. СЕЛЕКТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЕЩЕСТВО.— Успехи физических наук, 1978, т. 125.

Рейзер Ю. П. ЛАЗЕРНАЯ ИСКРА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАЗРЯДОВ. М.: Наука, 1974.

ФИЗИКА ВЫСОКИХ ПЛОТНОСТЕЙ ЭНЕРГИИ. Сборник статей под ред. О. Н. Крохина. М.: Мир, 1974.

Эффективность научной деятельности и возраст

П. Б. Шелищ



Петр Борисович Шелищ, кандидат философских наук, старший научный сотрудник Института социально-экономических проблем АН СССР. Занимается социологическими проблемами планирования и организации науки. Монография: Динамика науки. М., 1981. В «Природе» опубликовал статью: Родоначалник социального исследования науки (1979, № 2).

Решения XXVI съезда КПСС предусматривают дальнейшее повышение роли науки в переводе всего общественного производства на путь интенсивного развития. Требование более активного перехода на этот путь прямо относится и к самой науке.

Задача интенсификации научной деятельности подразумевает значительный рост отдачи каждого ученого, каждого научного коллектива. Для этого необходимо не только совершенствовать материально-технические условия и организацию научного труда, но и активно управлять составом кадров науки, добиваясь более полного и устойчивого соответствия его структуры как текущим потребностям в исследованиях и разработках, так и долгосрочным перспективам развития науки.

Обоснованное управление составом научных кадров связано с комплексом проблем, требующих специальной разработки¹. Все более заметное место в их ряду в последние годы занимает проблема рационального планирования и регулирования возрастной структуры научных кадров на всех уровнях организации науки².

Еще в древности было замечено, что успешность научной работы связана с возрастом ученого, причем в различных науках эта связь проявляется по-разному. В XVI в. Х. Уарте дал этому наблюдению рациональное толкование, предположив, что успех в той или иной области науки требует высокой степени развития определенных умственных качеств (памяти, разума или воображения), которая достигается в разные периоды человеческой жизни³.

Однако широкое внимание специалистов связь научной продуктивности с возрастом привлекла лишь в 1950-х годах, когда Г. Леман в результате обширного статистического исследования показал, что связь эта имеет вполне определенный (в статистическом смысле) характер: значительная научная продуктивность быстро растет, а по достижении высшей точки в возрасте около 40 лет начинает более или менее монотонно снижаться⁴.

³ Уарте Х. Исследование способностей к наукам. М., 1960. Уарте, а вслед за ним Ф. Бэкон предлагали классификацию наук, основанную на этом принципе.

⁴ Подробно результаты Г. Лемана описаны в работе: Копелевич Ю. Х. Об американских психологических исследованиях возрастной динамики творчества ученого. — В кн.: Проблемы научного творчества в современной психологии. М., 1971, с. 323.

¹ См.: Микулинский С. Р. — Коммунист, 1973, № 5, с. 76—89.

² Растить научную смену. — Правда, 1981, 27 октября.

Работы Лемана стимулировали целый ряд исследований возрастной динамики научной продуктивности, которые, однако, далеко не во всем подтвердили его результаты. Так, исследование Д. Пельца и Ф. Эндрюса⁵ показало наличие двух пиков продуктивности, из которых первый, несколько отличаясь между изучавшимися категориями ученых, все же приходился на «наиболее творческие», по Леману, годы — около 40 лет, а второй проявлялся примерно через 10—15 лет после первого.

Разница в результатах Лемана и Пельца — Эндрюса, возможно, в значительной степени связана с различным характером использованных ими показателей научной продуктивности. Уже Леман показал, что крутизна пика продуктивности зависит от уровня научных достижений, которые принимают во внимание: учет лишь самых выдающихся достижений давал наиболее острый пик, а снижение требований к качественному уровню рассматриваемой продукции привело к значительному размытию картины. Пельц и Эндрюс использовали в качестве показателей продуктивности число публикаций и отчетов ученых, а также экспертные оценки научного вклада и общей полезности для организации, полученные от их коллег. Обе эти характеристики отражают не только величину непосредственного вклада ученого в развитие знания, но и его опосредованное влияние на научные достижения коллектива (общую полезность), административный статус, связанный с публикационными возможностями, наконец, отношение к нему в коллективе, которое, очевидно, так или иначе влияет на оценки экспертов. Поэтому сделать вывод в пользу одной из предлагаемых закономерностей вряд ли возможно, хотя для выдающихся творческих достижений, по-видимому, более адекватна, как признают Пельц и Эндрюс, кривая Лемана.

Рост научной продуктивности на первом этапе деятельности ученого кажется вполне естественным (по крайней мере, на интуитивном уровне). Но почему в определенные периоды продуктивность монотонно падает? Объяснение этому, как правило, видят в возрастных изменениях творческой способности ученого, связанных с его интеллектуальными характеристиками (указывают, например, на снижение способности образовывать новые понятия), мотивацией (она снижается по мере ослабления внешних стимулов, таких как

перспектива продвижения в организации и т. д.), независимостью суждений (снижается сопротивляемость научной традиции).

Имеются конкретные примеры и совсем иной зависимости этих личностных характеристик от возраста. Однако все они не могут снять (по крайней мере, на статистическом уровне анализа) вытекающего из такого подхода представления о «предопределенности» возрастного спада продуктивности. И хотя хорошо известна неправомочность прямого переноса статистической закономерности на конкретного индивида, придаваемый сейчас этому представлению статус научной объективности явно не способствует ни творческой мобилизации ученых старшего поколения, ни правильному пониманию роли различных поколений ученых в развитии науки в целом.

Такой подход представляется весьма односторонним и искажающим действительное положение вещей и по следующим соображениям.

Реальная продуктивность ученого определяется не только его способностью продуцировать новое знание, но и объективными возможностями реализации им этой своей способности. А эти возможности определяются уже не личностными характеристиками, а предметно-историческими и социально-организационными параметрами той ситуации, в которой работает ученый.

Прежде всего необходимо учитывать, что вероятность появления нового результата в любой области исследований зависит от стадии развития этой области. Установлено, что динамика накопления публикаций в отдельной области, которая отражает (пусть весьма грубо) накопление в ней новых результатов, подчиняется логистическому закону. В принципе, для любой области существует некоторое конечное число «нормальных» результатов, которое либо исчерпывает ее проблематику, либо (что обычно и происходит) приводит к появлению «революционного» результата, открывающего дорогу новому комплексу проблем и, соответственно, начинающему новый цикл роста.

В любом случае правомерно считать, что вероятность появления нового «нормального» результата в данный момент времени определяется мгновенной скоростью накопления таких результатов в области, т. е. описывается производной соответствующей логистической функции. Тогда нетрудно увидеть, что форма вре-

⁵ Пельц Д., Эндрюс Ф. Ученые в организациях. М., 1973.

менной зависимости этой вероятности аналогична эмпирической кривой Лемана.

Таким образом, если ученый посвятил свою творческую жизнь разработке одной области, исторический цикл развития которой близок по длительности к его научной биографии, то даже при стабильной продуктивной способности его реальная продуктивность в какой-то момент начнет снижаться в силу сокращения объективных возможностей получения новых результатов, связанного с исчерпанием этой области.

Вполне ощутимая тенденция сокращения «жизненных циклов» исследовательских областей и ускоренного обновления фронта исследований все чаще заставляет ученых в течение жизни менять «свою» область. Если период развития области порядка 20 лет, то на возрастной кривой научной продуктивности может появиться второй пик, как это наблюдали Гельц и Эндрюс, исследование которых охватило ученых 1950-х годов (в выборке Лемана смешан ряд значительно более ранних поколений). В будущем число таких пиков может увеличиваться по мере дальнейшей интенсификации исследовательского процесса⁶. При этом роль профессиональной мобильности как эффективного средства противодействия научному постарению еще более повысится.

Таким образом, уже учет одного только предметно-исторического аспекта объективных возможностей продуктивной деятельности ученого позволяет правдоподобно интерпретировать эмпирические результаты и даже прогнозировать тенденции развития данного явления.

Не менее важен, однако, и социально-организационный аспект. В этой плоскости анализа возрастные различия проявляются прежде всего в профессионально-ролевой структуре деятельности ученого. Попытаемся пояснить, что здесь имеется в виду.

Представим себе, что перед наукой поставлена задача в течение 12—15 лет достигнуть максимально возможной суммарной продуктивности и в основу ее решения положены лемановские представления о связи индивидуальной научной продуктивности с возрастом. Тогда, очевидно, решение должно было бы состоять в замене всех тех, кто работает в науке

сегодня, молодыми специалистами. Предположим, что такой однородный по возрасту состав действительно, в строгом соответствии с моделью Лемана, решит в эти сроки поставленную задачу. Как показывает та же модель, после этого суммарная продуктивность начнет монотонно снижаться вплоть до более или менее синхронного выхода всей этой гипотетической группы ровесников из сферы науки и замены ее новым поколением молодежи. В принципе, здесь можно даже поставить и решить задачу на оптимизацию (по критерию суммарной продуктивности) сроков смены научных поколений.

Однако можно уверенно утверждать, что для подобной ситуации сама эмпирическая зависимость Лемана оказалась бы неадекватной уже на своем первом, возрастающем участке. Дело в том, что со времени превращения науки в сферу профессиональной деятельности становление начинающих исследователей происходит, как правило, в процессе «ученичества» у более опытных ученых (независимо от того, считаются ли те основателями собственной научной школы или нет). Этот механизм сохранил свое значение и сейчас, тем более, что разрыв между знаниями и навыками, даваемыми вузом, с одной стороны, и необходимыми для проведения самостоятельного исследования, с другой, в современной науке имеет тенденцию к возрастанию. Когда рядом нет ученых — «учителей», рост квалификации начинающего специалиста, а значит и рост его продуктивности, резко затормозится, если вообще окажется возможным.

Кроме того, коллективные исследования требуют специальной деятельности по их организации. Ясно, что в качестве организаторов должны выступать наиболее опытные ученые, способные предвидеть перспективы исследования и оценить возможности его участников.

Следовательно, наряду с ролью исследователя профессия ученого включает и другие роли (прежде всего, учителя и организатора), необходимые для нормального функционирования и развития науки. Но основные показатели научной продуктивности характеризуют лишь результаты исследовательской работы ученого и поэтому лишь частично отражают эффективность всей его общественно необходимой деятельности в науке.

Хотя мы не имеем сейчас надежных средств для оценки эффективности деятельности ученого в ролях учителя и организатора, уже сам по себе более полный

⁶ Так, наши данные для группы ленинградских физиков и химиков (около 300 чел.), относящиеся к 1975 г., показали наличие трех пиков.

учет реального ролевого спектра позволяет в значительной мере объяснить наблюдаемое снижение исследовательской продуктивности ученых с возрастом. Так, по данным выборочного опроса 300 научных работников ленинградских институтов АН СССР физического и химического профиля, время, отводимое на выполнение функции исследователя, связано с возрастом сильной обратной корреляционной зависимостью, а время выполнения функций учителя и организатора — не менее сильными прямыми зависимостями⁷.

полагают сейчас⁸, и состоит суть проблемы постарения научных коллективов.

Известно, что в начале 1970-х годов с этой серьезной проблемой столкнулась наука в развитых капиталистических странах. Экономический кризис вызвал тогда резкое сокращение спроса на научный и научно-педагогический труд, особенно сильно затронувшее молодых ученых и инженеров. Общий характер реакции на нее, пожалуй, наиболее ярко отразился в названии статьи одного из руководящих деятелей английской науки Д. Бадурта: «35 лет —

Доля времени, затрачиваемого на выполнение функции в различных возрастных интервалах, %

Функция	26—	31—	36—	41—	46—	51—	56—	61—	66 и
	30	35	40	45	50	55	60	65	старше
Исследователь	68	63	60	59	47	52	45	53	42
Учитель	4	6	13	15	20	21	24	24	31
Организатор	3	3	7	5	9	11	13	6	14
Другие роли	25	28	20	21	24	16	18	17	13

Можно полагать, что на первых этапах научной карьеры сокращение доли времени, уделяемого собственным исследованиям, влияет на продуктивность ученого слабее, чем рост его квалификации. В дальнейшем, очевидно, компенсирующее действие квалификационного фактора заметно ослабевает, и это само по себе может в значительной мере обуславливать наблюдаемое снижение продуктивности ученого после определенного возраста.

Сокращение притока молодежи и стабилизация состава научных коллективов, очевидно, должны были бы постепенно уменьшить необходимые затраты времени ученых старшего возраста на выполнение функций учителя и организатора и тем самым повысить их исследовательскую продуктивность. Однако ясно, что вынужденное забвение роли учителя имело бы долгосрочные тяжелые последствия для непрерывности и преемственности воспроизводства научного сообщества, а значит и для успешного развития науки в целом. Именно в этом, а не в «неизбежном снижении» индивидуальной научной продуктивности после определенного возраста, как нередко

это слишком много». Ее автор констатирует, что сегодня, когда рост научного сообщества застопорился и началось «сжатие», научная деятельность предоставляет реальные возможности для продвижения лишь небольшому числу одаренных ученых. Остальные должны быть готовы между 30 и 40 годами перейти на другую работу — административную, техническую, преподавательскую⁹. Видный деятель французской науки Р. Швоб также считает, что необходимо значительная мобильность ученых из науки в другие сферы деятельности, иначе научно-исследовательские центры будут заполнены посредственными учеными, которые воспрепятствуют доступу в них способных молодых людей. В отличие от служащего, ученый должен обладать не

⁷ Все эти связи, измеренные коэффициентом корреляции Пирсона, оказались значимыми на уровне не ниже 99%.

⁸ Так, Л. Г. Джаяа пишет: «...пик творческой продуктивности ученых приходится на 30—35 лет для естественников и 40—45 для гуманитариев (это доказано на огромном фактическом материале), и любая задержка обновления научных кадров неизбежно приводит к тому, что большинство ученых перейдет «пик» своей научной продуктивности, «выход научной продукции» существенно снизится и нормальное развитие науки затормозится» (Джаяа Л. Г. Практическая ценность науковедения. Тбилиси, 1980, с. 6).

⁹ B u d w o r t D. — New scientist, 1973, v. 58, No 846, p. 410.

одной единственной профессией, а целым комплексом и свое право на труд именно в науке постоянно подтверждать и доказывать¹⁰.

По вполне понятным причинам в условиях капиталистической экономики подобные призывы не могли вылиться в какую-либо единую систему мер в рамках национальной научной политики.

Социалистическая экономика не знает кризисов. Однако чрезвычайно высокие темпы роста численности научных кадров СССР, характерные для 1950—60-х годов (7—8% в год), в 1970-х годах вступили в противоречие с быстро растущими потребностями других сфер общественного производства в высококвалифицированных специалистах. Поскольку наука — лишь его подсистема, то с точки зрения эффективности системы в целом нерационально (да и нереально) стремиться добывать намного больше новых знаний, чем практика способна целесообразно «переваривать» (внедрять, осваивать, использовать). Существенное значение имела обострившаяся в этот период общая ситуация с трудовыми ресурсами. Это обусловило сознательное и планомерное снижение темпов количественного роста научных кадров. В 10-й пятилетке годовой прирост составлял уже всего 2—3%.

Если раньше молодежь входила в науку главным образом за счет создания большого числа новых рабочих мест и в значительной степени — за счет освобождения имеющих их, то теперь, когда первый канал значительно сузился, а второй, по крайней мере, не расширился¹¹, приток молодежи начал существенно сокращаться. Уже за период с 1966 по 1972 г., когда процесс замедления темпов роста только начинался, в целом по стране доля молодых научных работников (моложе 30 лет) сократилась на 6,7%¹². Особенно заметно эта тенденция должна была проявиться в крупнейших городах, где численность занятых в науке сейчас стабилизируется. Даже в таком традиционно считающемся «молодежным» научном центре, как Сибирское отделение АН СССР, средний

возраст научных работников, составлявший в середине 1960-х годов 33 года¹³, возрос к 1974 г. до 37 лет, а к 1976 г. — до 38,6 года¹⁴. Более поздних данных, к сожалению, у нас нет, но уже то, что за два года средний возраст мог вырасти на 1,6 года, говорит само за себя.

Думается, при отсутствии каких-либо признаков изменения общей тенденции даже этих ограниченных и заметно устаревших данных достаточно, чтобы сделать вывод о том, что необходимость эффективного противодействия постарению научных кадров, планомерного регулирования их возрастной структуры вполне назрела. Однако до сих пор не только не разработаны конкретные модели такого регулирования, но и не исследован центральный для них вопрос о критериях оптимальности возрастной структуры.

Коль скоро значение возрастной структуры, как было показано выше, определяется прежде всего ее влиянием на процесс воспроизводства научного сообщества, способностью обеспечивать непрерывность и преемственность в развитии научных дисциплин, весьма полезной, на наш взгляд, может оказаться формальная аналогия с процессом воспроизводства населения, модели которого разработаны и весьма подробно исследованы в демографии. Здесь, в частности, показано, что в случае экспоненциального роста населения при неизменной связи плодовитости и смертности с возрастом возрастная структура со временем стабилизируется независимо от ее исходного состояния¹⁵. Но, как известно, численность научного сообщества в мире в целом, в отдельных развитых странах, в отдельных дисциплинах, по крайней мере, до второй половины XX в. росла по закону, близкому к экспоненциальному. Это означает, что количественное соотношение между каждым предыдущим и каждым последующим поколением ученых оставалось неизменным и, следовательно, «плодовитость» среднего ученого (число его учеников, перешедших в категорию самостоятельных исследователей) от поколения к поколению не меня-

¹⁰ Schwob R.— Rech. techn. Assoc. nat. rech. techn., 1973, № 6, p. 3.

¹¹ По данным массовых опросов, проведенных в 1968—1975 гг. под руководством С.А. Кугеля, подавляющее большинство научных работников не ориентировались на переход из науки в другую сферу деятельности.

¹² См.: Вестник статистики, 1974, № 4, с. 90.

¹³ Добров Г. М. Наука о науке. Киев, 1966, с. 105.

¹⁴ Романов А. К., Андросова Л. А., Фелингер А. Ф. Научные кадры Сибирского отделения АН СССР. Новосибирск, 1979, с. 26.

¹⁵ Таба Л. Взаимосвязи между возрастной структурой, плодовитостью и миграцией. Воспроизводство и обновление населения. — В кн.: Демографические модели. М., 1977.

лась. Если предположить теперь, что и распределения ученых по возрасту в моменты таких переходов («рождений») и в моменты прекращения научной деятельности были исторически стабильными (или, по крайней мере, изменялись незначительно), то, по аналогии с демографической моделью, можно сделать вывод о стабильности возрастной структуры научного сообщества в период его длительного экспоненциального роста.

Именно такое возрастное распределение, закономерно сформировавшееся и исторически воспроизводившееся в процессе развития науки, когда рост научного сообщества не ограничивался извне, по видимому, наиболее соответствует «естественному» закону его воспроизводства и в этом смысле может считаться оптимальным. Очевидно, следует стремиться поддерживать его и в условиях сокращения темпов роста и даже стабилизации числа научных работников. Добиться этого можно, воздействуя на возрастные параметры входящих в науку и выходящих из нее кадров.

Первое направление регулирования требует, чтобы новое пополнение приступало к научной деятельности в более молодом возрасте¹⁶, однако ясно, что возможности снижения этого возраста весьма ограничены. Второе же допускает, в принципе, куда более широкие пределы регулирования. Поэтому, видимо, стоит сконцентрировать внимание именно на нем. Каковы же должны быть параметры совокупности выходящих из науки кадров, чтобы возрастное распределение научных работников сохранялось, скажем, таким, каким оно было до середины 1960-х годов?

Для решения этой задачи была построена математическая модель динамики возрастной структуры, которая исследовалась при следующих упрощающих (но не слишком далеких от действительности) допущениях: общая численность кадров не меняется; все пополнение имеет одинаковый возраст 25 лет; возрастное распределение¹⁷ достаточно полно характеризуется средним возрастом и дисперсией¹⁸.

Расчет показал, что стратегия регулирования, необходимая для сохранения «естественной» возрастной структуры, при этих условиях ограничена двумя предельными вариантами решений. Один из них состоит в ежегодном обновлении 4% состава за счет выхода исключительно 50-летних (строго говоря, это невыполнимо, так как сама их доля не превышает 2%), другой — в ежегодном выходе 10% кадров, обеспечиваемом работниками в возрасте 35 ± 12 лет (вариант, весьма близкий к приведенной выше точке зрения Д. Бадурта). Очевидно, наиболее реалистичный вариант лежит где-то между ними. Так, 5%-ное обновление кадров (ему в модели соответствует выход в возрасте 45 ± 10 лет) обеспечило бы удельный вес начинающих научных работников, близкий к уровню первой половины 1970-х годов, но в то же время потребовало бы существенного изменения параметров совокупности кадров, оставляющих научную деятельность (прежде всего, снижения их среднего возраста)¹⁹.

Итак, необходима интенсификация выхода кадров из науки в более раннем, вполне работоспособном возрасте. Но кто именно и в силу каких мотивов должен менять научный труд на иной?

Н. Н. Семенов в 1958 г. писал: «И если к тридцати годам научный работник не делается мастером науки, не чувствует в себе неудержимой страсти к научному труду, то он сам должен отдать себе в этом ясный отчет и уходить из научно-исследовательского института, освобождая место другим. Если же он сам этого не понимает или не хочет понять, то ему должны разъяснить это его товарищи. Таков их долг и перед человеком и перед наукой»²⁰. Сейчас, в новых условиях развития науки, это уже перестало быть сугубо внутринаучным делом. Таков теперь и долг науки перед обществом. И здесь, думается, уже недостаточно только рассчитывать на уро-

научных кадров: математические методы в задачах прогнозирования и регулирования. — В кн.: Математические модели и применение вычислительной техники в социологических исследованиях. М., 1980, с. 118—127.

¹⁹ Естественно, что возрастной состав конкретного научного коллектива может существенно отличаться от распределения, характеризующего значительно более крупные совокупности научных кадров. Поэтому постановка и решение практических задач регулирования возрастной структуры отдельного коллектива предполагает предварительный экстраполяционный прогноз ее динамики.

²⁰ Семенов Н. Н. Наука и общество. Статья и речи. М., 1973, с. 271—272.

¹⁶ Этому могло бы способствовать расширение института стажеров и аспирантуры, с тем, чтобы модель «студент — стажер-исследователь — аспирант — научный сотрудник» стала если не единственной, то наиболее типичной для пополнения научных кадров.

¹⁷ Вестник статистики, 1974, № 4, с. 90.

¹⁸ Хованов Н. В., Шелищ П. Б., Ягудин К. И. Динамика возрастной структуры

вень сознания отдельных работников и коллективов. Нужна система непрерывного отбора научных и научно-педагогических кадров на всех этапах их деятельности от вступления в науку до признания высшего уровня научной квалификации.

Очевидно, такая система должна сочетать административно-правовые критерии с организационными, экономическими и политико-воспитательными методами и стимулами. Так, думается, следовало бы значительно расширить прием в очную аспирантуру, увеличить число должностей стажеров-исследователей в научных учреждениях и вузах, отбирать для научной работы только хорошо проявивших себя выпускников аспирантуры и стажеров, установить возрастные ограничения для переизбрания на научные и научно-педагогические должности работников, не имеющих ученой степени, увеличить число наименований научных должностей и сделать степени кандидата и доктора наук необходимым условием для занятия тех или иных из этих должностей, ликвидировав нынешнее значение степеней как гарантии дополнительной зарплаты независимо от фактического качества труда (подобная система уже используется сейчас в некоторых институтах в экспериментальном порядке), морально и экономически стимулировать переходы специалистов из науки в материальное производство, сферу образования и воспитания, систему управления. Последнее способствовало бы распространению научных знаний и методов в этих важнейших сферах практики.²¹

²¹ Видимо, возможны и другие варианты системы непрерывного отбора. В то же время думается, что решение этой задачи не сводится к системе аттестации и конкурсов. Функция этой системы — объективная оценка отдельных работников в части их пригодности для выполнения определенной работы. Когда нет общих для всех официально признанных критериев такой пригодности, решать этот вопрос чрезвычайно трудно. Тогда даже в очевидных, казалось бы, случаях непригодности почти всегда есть место сомнению, а сомнение, как известно, следует трактовать в пользу того, чьей судьбы оно касается. В результате из года в год ничтожная доля проходящих аттестацию признается несоответствующей занимаемой должности. Как отмечает Г. А. Лахтин, резкие различия в продуктивности работников, занимающих одинаковые должности и получающих одинаковые оклады, подтверждают низкую эффективность аттестации научных кадров. (Лахтин Г. А. Пути совершенствования управления наукой. — В кн.: Проблемы экономического управления научно-исследовательскими работами. М., 1978, с. 7.)

Подчеркнем, что задача регулирования возрастной структуры научных кадров рассматривалась здесь исключительно в статистическом плане. Практика же такого регулирования в конкретных коллективах должна будет иметь дело не со статистическими совокупностями, а с конкретными людьми, неповторимыми индивидуальностями. Очевидно, и решения, затрагивающие их судьбы, должны быть сугубо индивидуальными. Однако, принимая каждое такое решение, отвечающий за него руководитель должен ясно осознавать, что оно в любом случае меняет кадровую структуру и данного коллектива, и той дисциплины, которую он представляет, а тем самым степень свободы при принятии подобных решений в будущем. Это, разумеется, имеет в виду высокую степень ответственности руководителя за жизнеспособность коллектива и своей науки в будущем, подчас далеко выходящем за естественные временные границы его личной биографии.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Уарте Х. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТЕЙ К НАУКАМ. Пер. с исп. М.: Изд-во АН СССР, 1960.

Добров Г. М. НАУКА О НАУКЕ. Киев: Наукова думка, 1966.

ПРОБЛЕМЫ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА В СОВРЕМЕННОЙ ПСИХОЛОГИИ. М.: Наука, 1971.

Семенов Н. Н. НАУКА И ОБЩЕСТВО. Статьи и речи. М.: Наука, 1973.

Пельц Д., Эндриус Ф. УЧЕНЫЕ В ОРГАНИЗАЦИЯХ. М.: Прогресс, 1973.

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ. М.: Статистика, 1977.

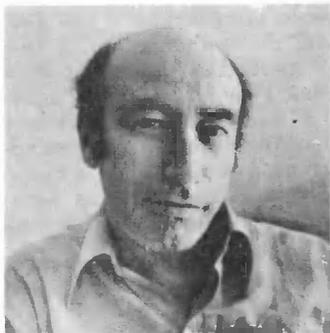
ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМИ РАБОТАМИ. М.: изд. Института экономики АН СССР, 1978.

Романов А. К., Андросова Л. А., Фелингер А. Ф. НАУЧНЫЕ КАДРЫ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АН СССР. Новосибирск: Наука, 1979.

Шелищ П. Б. ДИНАМИКА НАУКИ. М.: Наука, 1981.

Исключительно ли положение Солнечной системы в Галактике!

Л. С. Марочник



Леонид Самойлович Марочник, доктор физико-математических наук, профессор, старший научный сотрудник Института космических исследований АН СССР. Область научных интересов: астрофизика Солнечной системы, происхождение и эволюция галактик, космология.

АНОМАЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИЗОТОПОВ ПЛУТОНИЯ И ИОДА В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Около десяти лет назад французский астрофизик Х. Ривс выдвинул гипотезу о возможной связи происхождения Солнечной системы со спиральными ветвями нашей Галактики. Особая привлекательность этой гипотезы состояла в том, что она впервые связывала глобальные процессы галактического масштаба (ведь спиральный узор простирается на всю Галактику) с локальной проблемой — рождением Солнца и планет. Ривс предложил свою гипотезу в связи с тем, что в представлении о происхождении Солнечной системы существовал неразрешимый парадокс, суть которого сводилась к следующему.

В целом ряде метеоритов, упавших на Землю, был обнаружен избыток изотопа ксенона ^{129}Xe по сравнению с его средним содержанием в Солнечной системе. Как оказалось, этот стабильный изотоп — результат радиоактивного распада короткоживущих изотопов иода ^{129}I и плутония ^{244}Pu . Их периоды полураспада хорошо известны и соответственно равны $0,17 \cdot 10^8$ лет и $0,82 \cdot 10^8$ лет. Поэтому, зная количество ксенона, можно легко подсчитать, какова была концентрация радио-

активных иода и плутония в Солнечной системе к моменту, когда в ней начался процесс формирования метеоритов. Оказалось, что к тому моменту относительное содержание этих радиоактивных изотопов составляло:

$$\alpha = \frac{^{129}\text{I}}{^{127}\text{I}} \approx 10^{-4} \quad \text{и} \quad \beta = \frac{^{244}\text{Pu}}{^{238}\text{U}} \approx 0,015;$$

здесь ^{127}I — стабильный изотоп иода, ^{238}U — долгоживущий изотоп урана, α и β — отношения соответствующих концентраций.

С другой стороны, известно, что термоядерный синтез химических элементов в Галактике происходит непрерывно. В частности, радиоактивные иод и плутоний образуются при взрывах сверхновых звезд, сопровождающихся колоссальным ростом температуры, необходимой для синтеза. Из расчетов следовало, что в процессе галактического термоядерного синтеза эти элементы должны образоваться в таких количествах, что $\alpha \approx 1$, $\beta \approx 1$. Зная периоды полураспада изотопов иода и плутония, можно рассчитать время, в течение которого они должны были свободно распадаться, чтобы к эпохе затвердевания метеоритов дать значения $\alpha \approx 10^{-4}$ и $\beta \approx 0,015$, соответствующие количеству ^{129}Xe ,

обнаруженного в метеоритах. Это время (T_1) оказалось равным $3 \cdot 10^8$ лет¹.

Вместе с тем по формулам теории радиоактивного распада для долгоживущих радиоактивных изотопов ^{238}U (период полураспада $4,5 \cdot 10^9$ лет), ^{232}Th (период полураспада $1,39 \cdot 10^{10}$ лет) можно определить возраст земных пород и каменных метеоритов, который практически совпадает с возрастом Солнечной системы. Такое определение дает для времени жизни Солнечной системы $4,6 \cdot 10^9$ лет (T_2). Получается, что приблизительно за 300 млн лет перед тем, как начали затвердевать метеориты, т. е. $4,9 \cdot 10^9$ лет назад, в протосолнечную туманность каким-то образом должны были попасть иод и плутоний. После этого вплоть до начала формирования метеоритов туманность должна была находиться в стороне от непрерывно идущего в Галактике синтеза химических элементов, чтобы количество радиоактивных иода и плутония в протосолнечной туманности не пополнялось.

Этот парадокс и пытался разрешить Ривс, обратившись к свойствам спиральной структуры Галактики. Однако, чтобы рассказать об идее Ривса, необходимо предпринять небольшой экскурс в область галактической астрофизики.

ПРИРОДА СПИРАЛЬНЫХ РУКАВОВ ГАЛАКТИК

Приблизительно 70—80% галактик являются спиральными; наша Галактика — также спиральная система. Солнце (и, следовательно, Земля) находится внутри Галактики, поэтому мы не можем взглянуть на нашу звездную систему извне. Однако можно сфотографировать какую-либо другую галактику, аналогичную нашей. На фотографии, сделанной с помощью двухсотдюймового телескопа, расположенного на горе Паломар, в США, приведена типичная спиральная галактика М 51. Она очень похожа на нашу Галактику; несущественное отличие заключается в том, что у М 51 имеется галактика-спутник.

Более полувека астрономов волновал вопрос: почему большинство галактик имеет спиральную структуру? Ответить на него было не так просто. Дело в том, что



Фотография типичной спиральной галактики М 51. Внизу видна галактика-спутник.

наша Галактика (и большинство других спиральных галактик) вращается дифференциально, т. е. угловая скорость ее вращения Ω не постоянна, а на разных расстояниях от галактического центра различна: максимальна в центральных областях и довольно быстро убывает к периферии, т. е. $\Omega = \Omega(R)$ и убывает с увеличением R . Но это означает, что любые две точки спирального узора, находящиеся на разных расстояниях R от центра Галактики, вращаются с разными угловыми скоростями и, следовательно, со временем узор должен размываться, так что в результате структура должна, казалось бы, исчезнуть. Оценки показывали, что такой «размыв» узора должен произойти за два-три оборота Галактики. Однако, судя по наблюдениям, узор существует уже в течение многих десятков оборотов.

Задачу удалось решить, когда выяснилось, что спиральные ветви галактик — это волны плотности, распространяющиеся по галактическому «газу звезд» (роль молекул в таком газе играют звезды). Поэтому, несмотря на то что галактический диск вращается с переменной угловой скоростью $\Omega(R)$, волны плотности, проявляю-

¹ В дальнейшем «досолнечным» облаком мы будем называть ту стадию эволюции облака, на которой еще не началось формирование Солнца и планет; следующую стадию, на которой уже идут гравитационный коллапс и образование Солнечной системы, мы будем называть «протосолнечным» облаком. Подобное деление на стадии довольно условно.

щиеся как спиральные рукава, вращаются с постоянной угловой скоростью Ω_s и их очертания (т. е. форма фронта волны) с течением времени не размываются. Теория таких спиральных волн плотности была впервые построена американским математиком Ц. Лином и его сотрудниками более 15 лет назад. Из этой теории следовало, что угловая скорость вращения спирального узора в нашей Галактике должна быть равна $\Omega_s = 13 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$, а угловая скорость вращения Галактики в том месте, где расположено Солнце, $\Omega_\odot = 25 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$. Следовательно, Солнце относительно спирального узора имеет угловую скорость $\Delta\Omega = \Omega_\odot - \Omega_s = 12 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$. Поскольку в нашей Галактике у спирали, скорее всего, два рукава, то Солнце встречает очередную волну плотности (или спиральный рукав) каждый раз через промежуток времени $\Delta T = \pi / \Delta\Omega$. Если в эту формулу подставить значение $\Delta\Omega = 12 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$, то $\Delta T = 2,7 \cdot 10^8 \text{ лет}$.

ГИПОТЕЗА РИВСА

Теперь можно вернуться к гипотезе Ривса. Он предположил, что досолнечное облако, двигаясь в Галактике по орбите Солнца, «загрязнялось» радиоактивными изотопами иода и плутония, когда пересекало очередной спиральный рукав — волну плотности. Когда же облако попадало в пространство между рукавами, эти изотопы свободно распадались (здесь практически отсутствуют другие источники радиоактивных иода и плутония)? Такое объяснение аномального содержания этих изотопов кажется очень естественным, так как время T_1 , в течение которого иод и плутоний должны свободно распадаться, чтобы дать наблюдаемое в метеоритах количество ксенона, практически совпадает со временем ΔT движения досолнечного облака между спиральными рукавами.

В том, что облако «загрязняется» радиоактивными элементами в спиральных рукавах, нет ничего удивительного: именно в них взрываются сверхновые звезды, в которых происходит термоядерный синтез химических элементов, и в частности иода и плутония; разлетаясь после взрыва в разные стороны, эти изотопы попадают и в досолнечное облако. В пространстве между рукавами сверхновые звезды образуются крайне редко, поэтому при движении в этой области галактического пространства иод и плутоний свободно распадаются, а новые их порции в облако не поступают.

Идиллия, связанная со столь удачным решением проблемы иода и плутония в космогонии Солнечной системы, несколько омрачилась, когда в 1974—1976 гг. было установлено, что в протосолнечной туманности должен был содержаться радиоактивный изотоп алюминия ^{26}Al с периодом полураспада $0,72 \cdot 10^6 \text{ лет}$. В метеорите Альенде, упавшем на территории Мексики, был обнаружен избыток стабильного изотопа магния ^{26}Mg (по сравнению со средним содержанием этого изотопа в Солнечной системе), и было показано, что избыток обязан своим происхождением радиоактивному распаду ^{26}Al . Среди исследователей наиболее популярна сейчас точка зрения, связывающая появление радиоактивного алюминия в досолнечном облаке со взрывом близкой сверхновой. Так же как и в случае с ксеноном, по количеству обнаруженного магния удалось определить количество радиоактивного алюминия, которое должно было иметься в веществе, образующем метеориты. Его концентрация γ должна была составлять величину порядка: $\gamma = {}^{26}\text{Al} / {}^{27}\text{Al} = 5 \cdot 10^{-5}$; здесь ^{27}Al — стабильный изотоп алюминия.

С другой стороны, так же как в ситуации с иодом и плутонием, из теоретических расчетов термоядерного синтеза алюминия при взрывах сверхновых в Галактике следовало, что изначально алюминий синтезировался в количествах, соответствующих $\gamma \approx 0,01$. Тогда по формулам теории радиоактивного распада легко установить, что ^{26}Al должен был свободно распадаться в течение нескольких миллионов лет после того, как попал в облако, чтобы к эпохе затвердевания метеоритов его концентрация составляла величину $5 \cdot 10^{-5}$. Так в космогонии Солнечной системы, помимо уже упомянутых двух характерных времен $T_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ лет}$ и $T_2 = 4,6 \cdot 10^9 \text{ лет}$, появилось третье характерное время $T_3 = 10^6 \text{ лет}$.

До того как в досолнечном облаке было установлено присутствие изотопа ^{26}Al , сценарий ранней истории Солнечной системы, согласно Ривсу, выглядел так. Облако многократно пересекало спиральные рукава Галактики, каждый раз «загрязняясь» иодом и плутонием, которые успевали распадаться до очередной встречи со спиральной структурой. В последнюю (перед началом формирования Солнечной системы) встречу с волной плотности облако последний раз получило иод и плутоний. Это произошло $T_1 + T_2 = (0,3 + 4,6) \cdot 10^9 \text{ лет}$ назад. Затем эти изотопы свободно распадались в течение $3 \cdot 10^8 \text{ лет}$, а $4,6 \cdot 10^9 \text{ лет}$ назад началось формирование

метеоритов и других тел Солнечной системы.

Когда стало ясно, что за несколько миллионов лет до начала затвердевания метеоритов в протосолнечное облако попал изотоп ^{26}Al , сценарий Ривса попытались модифицировать следующим образом. Сначала облако так же многократно пересекало спиральные рукава Галактики. Последнее «загрязнение» иодом и плутонием произошло в предпоследнюю теперь уже встречу с волной плотности. А к моменту последней встречи их содержание стало



Сценарий ранней истории Солнечной системы по Ривсу. Спиральная структура Галактики (показана серым цветом) обусловлена так называемыми S-волнами плотности; $\Omega = 13,5 \text{ км/с} \cdot \text{квс}$. Досолнечное облако, пересекая каждые 10^6 лет спиральный рукав, «загрязняется» продуктами термоядерного синтеза от взрывающихся здесь сверхновых звезд. Предпоследняя встреча со спиральным рукавом была местом последнего «загрязнения» изотопами иода и плутония, которые затем свободно распадались в течение 10^6 лет, до встречи со следующим рукавом, в котором родилась Солнце.

таким, как «нужно» (т. е. $a \approx 10^{-4}$, $\beta \approx 0,015$). В момент встречи снова вспыхнула сверхновая звезда, но так, что среди продуктов ее взрыва присутствовал изотоп ^{26}Al , но отсутствовали изотопы ^{129}I и ^{244}Pu .

Вообще говоря, такое предположение допустимо, поскольку продукты взрывов сверхновых, образующихся в различных условиях (например, при наличии маг-

нитного поля или без него), могут быть различными. Если это так, то взрыв сверхновой при последней встрече со спиральным рукавом «загрязнил» досолнечное облако радиоактивным алюминием, который затем свободно распадался приблизительно миллион лет, после чего начали формироваться метеориты и другие тела Солнечной системы. Таким образом, согласно «подправленному» сценарию Ривса, загрязнение иодом и плутонием произошло $T_1 + T_2 = (300 + 4600) \cdot 10^6$ лет назад, а загрязнение алюминием — $T_2 + T_3 = (4600 + 1) \cdot 10^6$ лет назад вследствие взрывов сверхновых; последний взрыв стимулировал, по-видимому, сжатие облака под действием его собственного тяготения и положил начало формированию Солнца и планет.

Хотя, как уже упоминалось, в принципе, допустимо предположить, что в последнюю и предпоследнюю встречи досолнечного облака со спиральными рукавами сверхновые взрывались различными способами (в одном случае поставляя иод и плутоний, в другом — только алюминий), все же такой выход из положения кажется не слишком естественным. Ведь эти сверхновые образуются в сходных условиях, обычно на внутренних краях спиральных рукавов, и, следовательно, продукты их взрывов также должны быть сходными.

Таким образом, несмотря на всю привлекательность космогонического сценария Ривса, связавшего проблему происхождения Солнечной системы с проблемой спиральной структуры Галактики, т. е. с глобальными процессами галактического масштаба, открытие следов ныне полностью распавшегося изотопа ^{26}Al несколько ослабило энтузиазм и уменьшило веру в правильность этих идей.

ВЫДЕЛЕННОСТЬ СОЛНЕЧНОЙ ОРБИТЫ В ГАЛАКТИКЕ

За последние годы в астрономии появились новые наблюдательные данные, которые, как оказалось, радикальным образом влияют на сценарий ранней истории Солнечной системы. Дело в том, что в теории волн плотности, проявляющихся как спиральные рукава галактик, уже более десяти лет существуют альтернативные точки зрения, которые приводят к совершенно различным следствиям. Согласно этой теории, волны плотности в нашей и других галактиках могут быть двух типов, назовем их условно S- и L-волнами. S-волны должны распространяться из перифериче-

ских областей галактики к ее центру, и, следовательно, источники их энергии должны находиться на краю галактики или вне ее. L-волны, наоборот, распространяются из центра галактики наружу, так что источники их энергии могут находиться в галактическом ядре.

Американский исследователь Ц. Лин и его коллеги считают, что спиральные рукава нашей Галактики представляют собой S-волны; по мнению автора статьи, это — L-волны. Угловая скорость S-волн плотности в Галактике должна быть близка к $\Omega_s = 13 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$. Именно это значение и использовал Ривс в своем сценарии. Угловая скорость L-волн близка к $\Omega_s = 24 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$. Как известно, критерий любой физической теории — эксперимент, в астрофизике таким экспериментом являются наблюдения. В течение последних лет как прямые, так и косвенные методы определения величины Ω_s все увереннее свидетельствуют в пользу второго значения, $\Omega_s = 24 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$. Сейчас это почти не вызывает сомнений. Но каковы последствия этого факта для космогонии?

Попробуем сохранить принципиальную сторону идеи Ривса о связи происхождения Солнечной системы со спиральной структурой Галактики, но примем $\Omega_s = 24 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$ (вместо 13) и посмотрим, к чему это приведет. Вспомним, что Галактика вращается с переменной угловой скоростью Ω , зависящей от R. Солнце расположено на расстоянии 10 кпс от центра; в этом месте угловая скорость вращения Галактики $\Omega_{10} = 25 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$. Очевидно, эту же угловую скорость имеет и Солнце, т. е. $\Omega_{\odot} = \Omega_{10} = 25 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$. Следовательно, относительно спирального узора угловая скорость Солнца составляет всего лишь $\Delta\Omega = (25 - 24) \text{ км/с} \cdot \text{кпс} = 1 \text{ км/с} \cdot \text{кпс}$, т. е. они вращаются почти синхронно. Заметим, что $\Omega_s = \Omega$ при $R = R_k = 10,3 \text{ кпс}$. Окружность с радиусом R_k , на которой скорости вращения Галактики и волнового спирального узора равны, называется коротационной². В каждой галактике, в том числе и нашей, имеется только одна такая окружность, которая тем самым является совершенно особым, выделенным местом. Как видим, отклонение Солнца от коротационной окружности мало, в относительных единицах оно составляет всего лишь $\Delta R/R_0 = (R_k - R_{\odot})/R_0 = 0,03$.

Таким образом, Солнце в Галактике (и, следовательно, досолнечное облако в

прошлом) находится в исключительном положении — вблизи выделенного места, коротационной окружности, на которой волна плотности и Галактика вращаются синхронно. Разумеется, в таком же исключительном положении находятся и другие объекты, расположенные вдоль этой окружности. Оказывается, физические условия, в которые попадают облака межзвездного газа и пыли вблизи коротационной окружности, являются специальными, не такими, как в остальной части галактического диска. Это крайне существенно, так как именно в таких облаках (обычно это так называемые молекулярные облака, состоящие главным образом из молекулярного водорода) рождаются молодые звезды. И если вблизи коротационной окружности образование звезд идет в специальных условиях, отличающихся от условий в остальной части Галактики, то это может означать, что наша собственная звезда — Солнце — рождалась в особых условиях, которые и предопределили специфику Солнечной системы (наличие планет, жизни и т. п.). Если это так, то системы, подобные Солнечной, следует, очевидно, искать вблизи коротационных окружностей нашей и других галактик.

В чем заключается специальный характер условий вблизи такой окружности? Согласно современным представлениям, звезды возникают в молекулярных газово-пылевых облаках в результате фрагментации и последующего сжатия образовавшихся фрагментов под действием их собственного тяготения. Фрагмент начинает сжиматься, если его масса превышает некоторую критическую, которую называют массой Джинса и обозначают символом M_J . В оболочках молекулярных облаков $M_{\text{р}^{\text{бол}}} = (10 - 20) M_{\odot}$, в их ядрах $M_{\text{р}^{\text{ядр}}} = (2 - 3) M_{\odot}$. Массы сверхновых звезд оказываются как раз порядка $M_{\text{р}^{\text{бол}}}$, да и наблюдения показывают, что они возникают у кромок облаков, в их оболочках. Масса протосолнечного облака должна быть, как сейчас считают, порядка $M_{\text{р}^{\text{ядр}}}$, так как в процессе образования Солнца и планет облако теряет одну-две массы Солнца. (Напомним, что масса Солнечной системы, возникшей из протосолнечного облака, приблизительно равна массе Солнца.) Если досолнечное облако начинает разбиваться на сжимающиеся фрагменты, то взрывающиеся у его кромок сверхновые могут «загрязнить» возникающую в его центральной части протосолнечную туманность радиоактивным алюминием.

Чтобы началось сжатие, облако, как

² От англ. corotation — вращение с одинаковой угловой скоростью.

правило, необходимо сначала «поджать» внешним давлением. В Галактике имеется много факторов, приводящих к временному увеличению внешнего давления: это и звездный ветер, и столкновения облаков и др. Однако постоянное сжатие облака возникает только вблизи коротационной окружности, так как здесь облако и волна плотности вращаются вместе и газ, сжатый в волне плотности, на протяжении практически всего времени эволюции облака обжимает его.

А как обстоит дело с характерными временами космогонии T_1 , T_2 , T_3 , если Солнце находится вблизи коротационной окружности? Значение величины Ω_s нам известно с невысокой точностью. Наилучшее из имеющихся наблюдательных определений дает $\Omega_s = (23,6 \pm 3,6)$ км/с · кпс. В последующих вычислениях мы примем для удобства (в дальнейшем будет видно, в чем оно заключается) $\Omega_s = 24,3$ км/с · кпс. Подставляя это значение в формулу для ΔT , найдем время, которое досолнечное облако проводит в галактическом пространстве между спиральными рукавами. Оно равно $4,6 \cdot 10^9$ лет, т. е. совпадает со временем жизни Солнечной системы T_2 , установленным по радиоактивности урана и тория.

Когда выше говорилось о «соображениях удобства», имелось в виду как раз это обстоятельство. Именно при $\Omega_s = 24,3$ км/с · кпс ΔT равно времени жизни Солнечной системы. Возможно, следовало бы «обернуть» задачу: полагая, что Солнечная система после всех превращений досолнечного облака могла сформироваться окончательно только в «тихом месте», т. е. в пространстве между спиральными рукавами, определять величину Ω_s , численное значение которой крайне важно для решения проблем теории спиральной структуры. Другими словами, возможно, здесь космогония могла бы быть полезной для решения проблем галактической астрофизики. Такой подбор Ω_s , при котором ΔT и T_2 были бы близки друг к другу, имеет под собой весьма нетривиальное основание: аргументом в пользу такой операции может быть факт существования жизни в Солнечной системе. Но мы несколько забежали вперед.

Толщина спирального рукава в Галактике вблизи Солнца составляет величину порядка $\Delta r \approx 300$ пс. Спираль наклонена к окружности, по которой вращается Солнце в Галактике, под углом $i = 7-8^\circ$. Простое геометрическое построение позволяет найти Δl , длину дуги этой окружности,

которая проходит внутри рукава: $\Delta l = \Delta r / \sin i = 2,3$ кпс. Тогда линейная скорость вращения досолнечного облака относительно волны плотности равна $v = R_\odot \cdot \Delta \Omega = 7$ км/с. Теперь можно найти время, которое облако проводит внутри спирального рукава: $\Delta t = \Delta l / v = 3,3 \cdot 10^8$ лет, т. е. оно совпадает с T_1 , установленным по радиоактивности полностью распавшихся изотопов иода и плутония.

А вот время $T_3 = 10^6$, оказывается, совпадает с характерным временем взаимодействия волны плотности с типичным молекулярным облаком. Это значение получается так же просто, поэтому мы опустим его вывод.

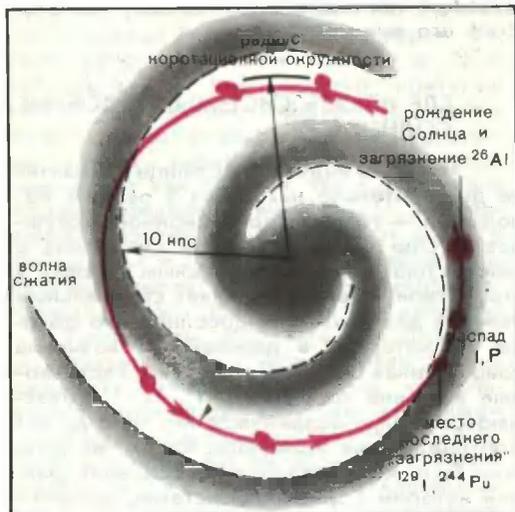
ГДЕ ИСКАТЬ СИСТЕМЫ, ПОДОБНЫЕ СОЛНЕЧНОЙ?

Итак, мы видим, что Солнце в Галактике действительно находится в особом положении — вблизи коротационной окружности. Оно вращается почти синхронно с волной плотности — спиральным узором, а это, в свою очередь, создает специальные условия для эволюции досолнечного облака, из которого в дальнейшем возникла современная Солнечная система. Характерные времена космогонии T_1 , T_2 , T_3 объясняются вполне непринужденно, чего до сих пор сделать не удавалось. Каким же должен быть космогонический сценарий ранней истории Солнечной системы, которым следует заменить сценарий Ривса, если Солнце расположено вблизи коротационной окружности?

Поскольку возраст досолнечного облака (отсчитываемый от той стадии его эволюции, когда в нем начало формироваться облако протосолнечное) заведомо меньше, чем $2 \cdot 4,6 \cdot 10^9 = 9,2 \cdot 10^9$ лет, то, следовательно, досолнечное облако входило в спиральный рукав Галактики только один раз. Чтобы пересечь два рукава, ему как раз и понадобилось бы время порядка $9,2 \cdot 10^9$ лет. Это существенно, так как именно в спиральных рукавах вспыхивают сверхновые звезды, излучающие в окружающее пространство убийственное для всего живого жесткое электромагнитное излучение (рентген, γ -лучи) и быстрые частицы высоких энергий. Второй раз Солнце (и вся Солнечная система) еще не успело пересечь следующий спиральный рукав. Сейчас оно находится между спиральными рукавами Персея и Стрельца. Быть может, феномен жизни в Солнечной системе связан именно с этим обстоятельством? Однако пока нельзя определенно ответить на

этот вопрос — еще недостаточно фактов. Во всяком случае, это может быть аргументом в пользу такого значения Ω , при котором Солнечная система проходит лишь один раз через спиральные рукава Галактики. Очередная встреча со спиральным рукавом, по направлению к которому мы движемся, произойдет приблизительно через миллиард лет.

Итак, в соответствии с характерными временами $T_1 = 0,3 \cdot 10^9$ лет, $T_2 = 4,6 \cdot 10^9$ лет и $T_3 = 0,001 \cdot 10^9$ лет сценарий ранней истории выглядит следующим образом. До-



Спиральная структура Галактики, обусловленная L-волнами плотности: $\Omega = 24$ км/с \cdot нпс.² Досолнечное облако пересекает спиральный рукав только один раз [может быть, два раза, если возраст облака больше $9,2 \cdot 10^9$ лет]. При вхождении в волну сжатия облако «загрязняется» изотопами иода и плутония от вспышки близкой сверхновой, которые затем свободно распадаются в течение 10^9 лет при движении облака внутри рукава. В процессе этого движения досолнечное облако в течение $3 \cdot 10^9$ лет эволюционирует, превращаясь в протосолнечное. Выйдя из рукава, протосолнечное облако движется в галактическом пространстве между спиральными рукавами $4,6 \cdot 10^9$ лет, в течение которых спиральная структура не оказывает влияния на эволюцию облака, приводящую к возникновению Солнечной системы.

солнечное облако вошло в спиральный рукав в момент $T_1 + T_2 = 4,9 \cdot 10^9$ лет назад. При входе в рукав оно было «загрязнено» радиоактивными изотопами иода и плутония, которые попали в облако в результате взрывов близких сверхновых (одной или нескольких), располагающихся обычно как

раз на внутренней по отношению к центру Галактики кромке рукава, через которую в него входит облако. Далее изотопы ^{129}I и ^{244}Pu свободно распадались в течение времени $T_1 = 0,3 \cdot 10^9$ лет, пока облако путешествовало внутри спирального рукава. Все это время оно обжималось внешним давлением в волне уплотнения, что создавало специфические условия для его эволюции, и в частности превращения в протосолнечное облако. К концу этого периода, т. е. $T_2 + T_3 = (4,6 + 0,001) \cdot 10^9$ лет назад, произошло событие, вследствие которого в облако поступил радиоактивный алюминий. Вероятнее всего, это снова было вызвано взрывом сверхновой, образовавшейся где-нибудь на кромке того же молекулярного досолнечного облака, в центральной части которого началось формирование протосолнечной туманности. Такая сверхновая возникла в условиях, отличающихся от тех, при которых происходит формирование сверхновых на внутренних кромках рукавов, и поэтому продукты их термоядерного синтеза, скорее всего, должны отличаться. Взрыв сверхновой мог привести к «загрязнению» центральной части молекулярного облака и, следовательно, протосолнечной туманности алюминием. Затем, $4,6 \cdot 10^9$ лет назад из спирального рукава вышла уже готовая протосолнечная туманность с формирующимся Солнцем, планетами, кометами, метеоритами и т. п., которая все остальное время вплоть до сегодняшнего дня двигалась (а сейчас движется) в форме готовой Солнечной системы) в галактическом пространстве между спиральными рукавами; эти рукава не оказывали больше никакого влияния на ее эволюцию и, в частности, на биологические процессы в Солнечной системе.

На вопрос, случайна ли близость Солнца к коротационной окружности или это условие является необходимым для формирования систем, подобных Солнечной, пока ответа нет. наших знаний о процессах образования звезд в Галактике, и в частности о процессе формирования Солнца и Солнечной системы, недостаточно для ответа на этот волнующий вопрос. Но все же, если для возникновения систем, подобных Солнечной, необходимо исключительное положение, то, очевидно, именно вблизи коротационных окружностей нашей и других галактик стоит, быть может, поискать себе подобных.

Новый вид косаток из Антарктики

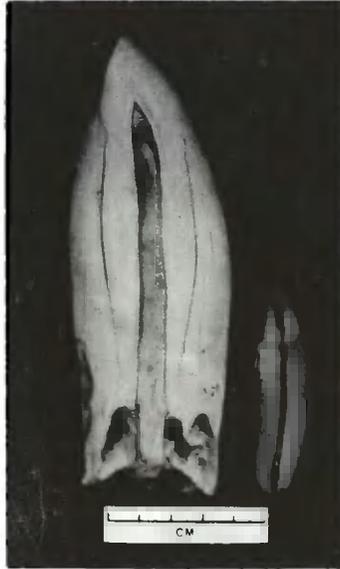
А. А. Берзин,
доктор биологических наук

В. Л. Владимиров
Тихоокеанский НИИ рыбного хозяйства и океанографии Министерства рыбного хозяйства СССР Владивосток

Добыча даже очень ограниченного числа любых китов, в том числе и косаток (*Orcinus*), возможна только с судов китобойных флотилий. Во все времена китобойного промысла в Антарктике косатки добывались лишь изредка, единицами и всегда попутно с другими видами крупных китов, державшихся, за редким исключением, вне льдов: для многотоннажных флотилий — при наличии крупных усатых и зубатых китов — добыча косаток, хотя они и являются самыми крупными в семействе дельфинов, была нерентабельной¹. Тем не менее научной группе Антарктической китобойной флотилии «Советская Россия» удалось собрать и проанализировать уникальный материал по этим дельфинам.

Во время промысла всеобщее внимание сразу же привлекли заметно меньшие по размеру косатки, тело которых было сплошь покрыто пленкой диатомовых водорослей, за что они получили название «желтых» — в отличие от обычных косаток, которых стали называть «белыми».

Районы обитания этих косаток находятся в непосредственной близости, но смешанных групп мы никогда не наблюдали. «Желтые» косатки держались очень большими группами,



Продольные срезы зубов косаток из вод Антарктики. Большой зуб принадлежит самцу обычного вида *O. orca*; возраст 30 лет; хорошо видна широко открытая полость пульпы. Меньший зуб принадлежит самцу нового вида *O. glacialis*; возраст 16 лет; полость пульпы практически закрыта, зуб закончил свой рост (зубы взяты из середины зубного ряда).

до 150—200 голов, неподалеку друг от друга (до 2—3 миль) у ледовой кромки и среди крупнобитого разреженного льда, тогда как обыкновенные косатки предпочитают чистую воду и образуют группы до 10—15 голов.

Принципиальной оказалась и разница в питании: все изученные желудки «желтых» косаток были на 98,5% наполнены рыбой, а содержимое желудков обыкновенных косаток на 89,7% составляли остатки морских млекопитающих — китов и ластоногих.

Наименьшая половозрелая самка «желтой» косатки имела длину 3,8 м, тогда как наименьшая самка типичной формы достигала 5,7 м. При одинаковом числе следов желтых тел беременности и овуляции самки «желтых» косаток имеют в среднем меньшую длину (до 1 м). Сравнительная морфометрия указывает на значительную и достоверную разницу почти во всех крупных параметрах тела косаток, а также в площади хвостовых лопастей, которая у «желтых» косаток оказалась на 40% меньше. Статистически достоверные различия обнаружены и в пропорциях черепов и их конфигурации. Особенно сильно различались зубы: у «желтых» они вдвое меньше в высоту и ширину и вчетверо меньше по весу, чем у обычных косаток. Отмечено более раннее закрытие полости пульпы зубов у «желтых» косаток. Это означает, что при одном физическом возрасте «желтые» косатки по сравнению с обычными оказываются физиологически более старыми животными (возраст косаток определялся по слоям дентина зубов из расчета образования одного широкого светлого слоя в год).

Значительные морфофизиологические и экологические различия косаток рода *Orcinus* при отсутствии каких-либо видимых изолирующих барьеров и обитании их в непосредственной близости друг от друга может свидетельствовать о существовании генетической изоляции и высоком систематическом уровне этих различий. Все это дает основание полагать, что в водах Антарктики обитает новый вид косатки, которому дано название *Orcinus glacialis* — косатка ледовая.

Череп нового вида косаток из высоких широт Индоокеанского сектора Антарктики хранятся во Владивостоке, в музее ТИНРО.

¹ Промысел косаток во всех районах Мирового океана правилами Международной китобойной конвенции никогда не регламентировался; более того, отдельные государства поощряли добычу и даже просто уничтожение косаток.



Серая мухоловка устроила гнездо в разбитом фонтане городского парка.

Здесь и далее фото автора.



Динамика орнитофауны Ленинграда

В. М. Храбрый



Владимир Михайлович Храбрый, младший научный сотрудник лаборатории орнитологии и герпетологии Зоологического института АН СССР. Область научных интересов — биология и экология птиц, охрана природы.

Урбанизация несомненно изменяет орнитофауну значительной территории суши, обедняя птичье население тех мест, где строятся города¹. Тем не менее около одной трети видов птиц, живущих в средней полосе нашей страны, обитают в городской местности. Изучение орнитофауны современного города, динамики видового состава, экологии и поведения птиц, проблем их охраны интересно не только для теории и практики орнитологии, но и является одной из насущных проблем современного градостроительства.

«Городская» орнитология наиболее развита в Западной Европе, в нашей же стране изучению птиц города еще не уделено должного внимания: как правило, составляются только списки видов птиц, населяющих парки некоторых крупных городов, значительно реже изучается авифауна всего города. В Европейской части СССР наиболее изучены птицы Москвы, Ленинграда и Минска.

Первая работа о птицах Петербурга была напечатана в 1907 г. известным петербургским орнитологом В. Л. Бианки. А еще раньше, в конце прошлого столетия, Д. Н. Кайгородов опубликовал ряд статей, посвященных орнитофауне парка Лес-

ного института (ныне парк Лесотехнической академии им. С. М. Кирова). В свое время в нем работали известные орнитологи В. В. Строков, А. С. Мальчевский, С. И. Божко и др. Птиц парка Лесотехнической академии изучают и многие современные орнитологи Ленинграда. В последние два десятилетия орнитологические исследования проводятся и в некоторых других парках города. Однако для изучения закономерностей в динамике орнитофауны требуются постоянные исследования по численности и гнездованию птиц в различных городских биотопах.

В лаборатории орнитологии Зоологического института АН СССР исследования по авифауне проводятся с 1977 г., и их результаты изложены в данной статье.

В 1977—1981 гг. в Ленинграде вместе с пролетными птицами отмечено 168 видов из 13 отрядов: воробьиных — 82 вида; ржанкообразных — 25; пластинчатоклювых — 19; хищных — 9, голубеобразных — 5; журавлеобразных — 4; сов — 9; дятлов — 8; гагар и куриных по 2; поганок, кукушкообразных и стрижеобразных по 1. В пределах исследуемых границ² гнездится 82 вида птиц (из них 61 —

¹ Благосклонов К. Н. Птицы в городе. — Природа, 1981, № 5, с. 43.

² Имеются в виду только районы города с высокой плотностью застройки.

воробьиные), для 16 видов гнездование предполагается, 47 видов гнездятся постоянно, а 25 — строят гнезда нерегулярно, причем некоторые из видов (11) найдены на гнездовье только по одному разу. Летом в городе встречается около 20 видов негнездящихся птиц — некоторых уток, чаек, куликов, хищных птиц. С наступлением холодов пустеют городские биотопы, но тем не менее с поздней осени до весны в городской черте живут около 50 видов пернатых.

Своеобразие географического положения Ленинграда, водная поверхность которого составляет десятую часть площади города (прибрежная зона Финского залива, 86 рек и каналов общей протяженностью около 300 км) накладывает отпечаток на его орнитофауну.

До недавнего времени в восточной части Финского залива, в мелководьях и прилегающих заливных лугах во множестве водились водно-болотные птицы; весной и осенью здесь скапливались огромные стаи лебедей, уток, куликов. В начале нынешнего века во время сезонных миграций в Невской губе останавливались несколько миллионов пролетных птиц, и даже в шестидесятые годы за время весеннего пролета в районе Лахтинской низменности их насчитывалось около 1 млн³.

В последние годы береговая линия Невской губы сильно изменилась, поскольку границы города вплотную подошли к морскому побережью. Кроме того, осушены еще не застроенные заболоченные территории. Естественно, что число пролетных и останавливающихся птиц с этих пор резко уменьшилось. Однако почти все виды птиц по-прежнему пролетают над городом или останавливаются в восточной части Невской губы вокруг Елагина, Крестовского и Васильевского о-вов, в районе Угольной гавани, на Неве и в ее рукавах. Наибольшее число водно-болотных птиц собирается на отмелях в прибрежной зоне, на Неве и в ее рукавах останавливаются в основном чайки и утки, реже поганки.

Весной над городом пролетают речные и нырковые утки, лебеди и гуси. Птицы, как правило, обгибают Ленинград с севера или юга, только небольшая часть их пролетает над Невой на высоте 100—300 м. Осенью над городом лежит об-

ратный путь водоплавающих. Первыми улетают утки, за ними гуси, лебеди и гагары. В последние годы на водоемах и в некоторых заболоченных пустырях Ленинграда скапливаются огромные стаи пролетающих уток: 18 октября 1981 г. только на одном пустыре вдоль р. Оккервиль их собралось более 10 тыс. Стаи же из 500 птиц на каком-либо водоеме или пустыре совсем не редкость. Ежедневно утром и вечером в летне-осеннее время огромные стаи чаек (обыкновенная, сизая и серебристая) перелетают с ночевок на Финском заливе на кормежку в Ленинград и обратно. 12 октября 1978 г. над новостройками в районе бывшего Комендантского аэродрома за 1,5 часа пролетело 2,2 тыс. чаек, а над Южно-Приморским парком — 4,1 тыс. Птицы не только пролетают над городом, они еще и гнездятся в нем. Так, в Угольной гавани находится 30 гнезд клуши, 3 гнезда серебристой чайки, 300 гнезд обыкновенной крачки и 500 пар малой чайки. Особенно интересны колонии малой чайки и клуши, поскольку это единственные в своем роде сообщества видов в черте города.

Особый интерес представляют птицы, которые раньше в Ленинграде не гнездились. В настоящее время в границах города, на водоемах многих парков и новостроек гнездится краквя, вдоль побережья Невы и Финского залива встречаются на гнездовье лысуха, болотная и тростниковая камышовки. Для многих парков обычной птицей стал дубонос. До самого центра города проникла сорока, гнезда которой встречаются в Ботаническом и Таврическом садах, в Московском парке Победы. В некоторых парках стал гнездиться черный дрозд.

За последние годы город расширил свои границы, включив огромную территорию ближайших пригородов, где продолжает гнездиться значительное число видов, характерных для Ленинградской области.

Раскинувшиеся на десятки квадратных километров новостройки Ленинграда привлекают большое число птиц. На лугах, по берегам обводненных карьеров и канав, рядом со строящимися зданиями, несмотря на многолюдность, сохранился своеобразный орнитологический комплекс. Здесь, в существующих еще естественных биотопах живут утки, кулики, реже пастушки и многие воробьиные птицы. Орнитофауна городских новостроек довольно быстро изменяется, так как по мере застройки территории нарушаются естественные биотопы и многие виды птиц покидают

³ Носков Г. А. и др. Миграции птиц в восточной части Финского залива. — Сообщения прибалтийской комиссии по изучению миграций птиц. Тарту, 1965, № 3.



Сезонные изменения видового состава птиц в Ленинграде.



привычные для них места. Прежде всего из новостроек исчезают птицы, строящие гнезда на земле, в частности кулики. Но некоторые из них — чибис, малый зуек, перевозчик, реже бекас — приспособляются жить и на урбанизированных территориях. Они гнездятся на пустырях, в поймах рек и ручьев, в непосредственной близости от дорог и строящихся зданий. Малый зуек подолгу задерживается не только во вновь застроенных районах, но даже и в незначительных пустырях среди застроек 1965—1970 гг. Здесь он гнездился до 1980 г.

Весной и в первой половине лета жители новых районов, выходя утром из дома, среди обычных городских шумов слышат мелодичные трели куликов-первозчиков, тревожно-звонкие крики чибисов, грустную переключку малых зуйков, песни жаворонков, щебетание славок, посвисты чечевич, цырканья желтых трясогузок и луговых чеканов. А в пору белых ночей в кустарниках поют соловьи и почти без перерыва слышны нескончаемые трели камышовки-барсучка.

Из хищных птиц в ленинградских новостройках встречается обыкновенная пустельга. Одиночные пары этого мелкого сокола гнездятся в районе Комен-

дантского аэродрома, Поклонной горы, южнее станции метро «Ленинский проспект».

Обычной птицей новостроек Ленинграда стал обыкновенный скворец. Древняя любовь русского человека к скворцам сохраняется и в условиях города: многочисленные скворечники горожане развешивают на балконах и стенах многоэтажных домов. Скворцы не заставляют себя долго ждать и уже на второй-третий год заселяют многие домики, заботливо изготовленные руками человека. По нашим наблюдениям, из 47 скворечников одного из новых районов Ленинграда, скворцы гнездились в 12: три из них были на 7 этаже, четыре — на 8, три — на 9 и два — на 12 этаже. Скворечники, расположенные ниже 7-го этажа чаще всего не заселяются, в них обычно ночуют самцы в период насиживания самками яиц и выкармливания птенцов. Там, где человек не позаботился о жилище для скворцов, эти птицы в новостройках не гнездятся, хотя в старых районах города они изредка живут в карнизах зданий, пустотах памятников и дуплистых деревьях.

По условиям обитания птиц зеленые городские массивы можно разделить на 4 категории: пригородные, крупные город-

ские, центральные городские с небольшой территорией и молодые парки⁴. Каждый из них отличается видовым и численным составом птиц. Некоторые из них, несмотря на шум, яркую освещенность, многолюдность, приспособились к этим условиям и порой их бывает здесь больше, чем в окрестных лесах.

Фон городских парков создают мелкие воробьиные птицы. Даже в центральных парках города обычны зяблик, серая мухоловка, дрозд-рябинник, встречаются пеночки и славки. Наибольшее число видов птиц обитает в старых парках Ленинграда. Именно в них начинает появляться сойка, еще недавно считавшаяся птицей, неспособной жить рядом с человеком. В старых ленинградских парках и на городских кладбищах гнездится до 40 видов птиц.

В молодых парках (Пионерский, Южно-Приморский и др.), похожих по своей структуре на небольшие скверы, гнездящихся птиц меньше, чем в старых — всего 6—15 видов.

Как правило, здесь среди зарослей кустарников селятся садовая и серая славки, реже чечевичка, коноплянка, а в развешанных искусственных гнездах — скворец, городской воробей, белая трясогузка. В расположенных на окраине города парках, где имеются водоемы с недоступными для человека островками, гнездятся, кроме того, сорокопуд-жулан, камышовка-барсучок, обыкновенная и камышовая овсянки, луговой чекан, жаворонок, малый зуек и кулик-перевозчик. На водоемах ленинградских парков в последние годы стали строить гнезда дикие утки — кряквы. Первые сведения о гнездовании крякв в пригородных парках Ленинграда относятся к концу 60-х годов, а уже в 1976 г. многие городские водоемы стали постоянным местом жительства отдельных пар уток. Кряквы легко уживаются рядом с человеком, получают от него корм, а в местах для устройства гнезд у них нет недостатка. Утки устраивают гнезда по берегам водоемов, в дуплах деревьев, а иногда используют даже старые гнезда ворон. В настоящее время кряквы, гнездящиеся в водоемах городских парков и новостроек, стали обычны.

В скверах площадью 0,2—6,0 га как в центральной части города, так и в новостройках гнездится по 5—7 видов птиц.

Среди старых деревьев строят гнезда серая мухоловка, лазоревка, домовый воробей, серая ворона, значительно реже можно встретить здесь скворца и полевого воробья. А в густых декоративно подстриженных кустарниках в новых районах (в Дачном, Ульянке) встречаются гнезда серой славки и коноплянки. Кроме того, в поисках пищи в скверы залетают еще 8—10 видов птиц: обыкновенная и сизая чайки, зеленушка, зяблик, белая трясогузка, грач, обыкновенная галка, дрозд-рябинник и др.

Посадки елей в разных уголках города привлекают на гнездование зеленушек. Подобных мест в Ленинграде много. Гнездятся зеленушки у Финляндского вокзала, у Московского универмага, на Марсовом поле, у дворца спорта «Юбилейный» и др. С ранней весны самец зеленушки, выбрав место для гнезда, поет где-нибудь на крыше или верхушке дерева. В конце апреля пара вьет гнездо, а в последней десятидневке мая можно встретить слетков зеленушки.

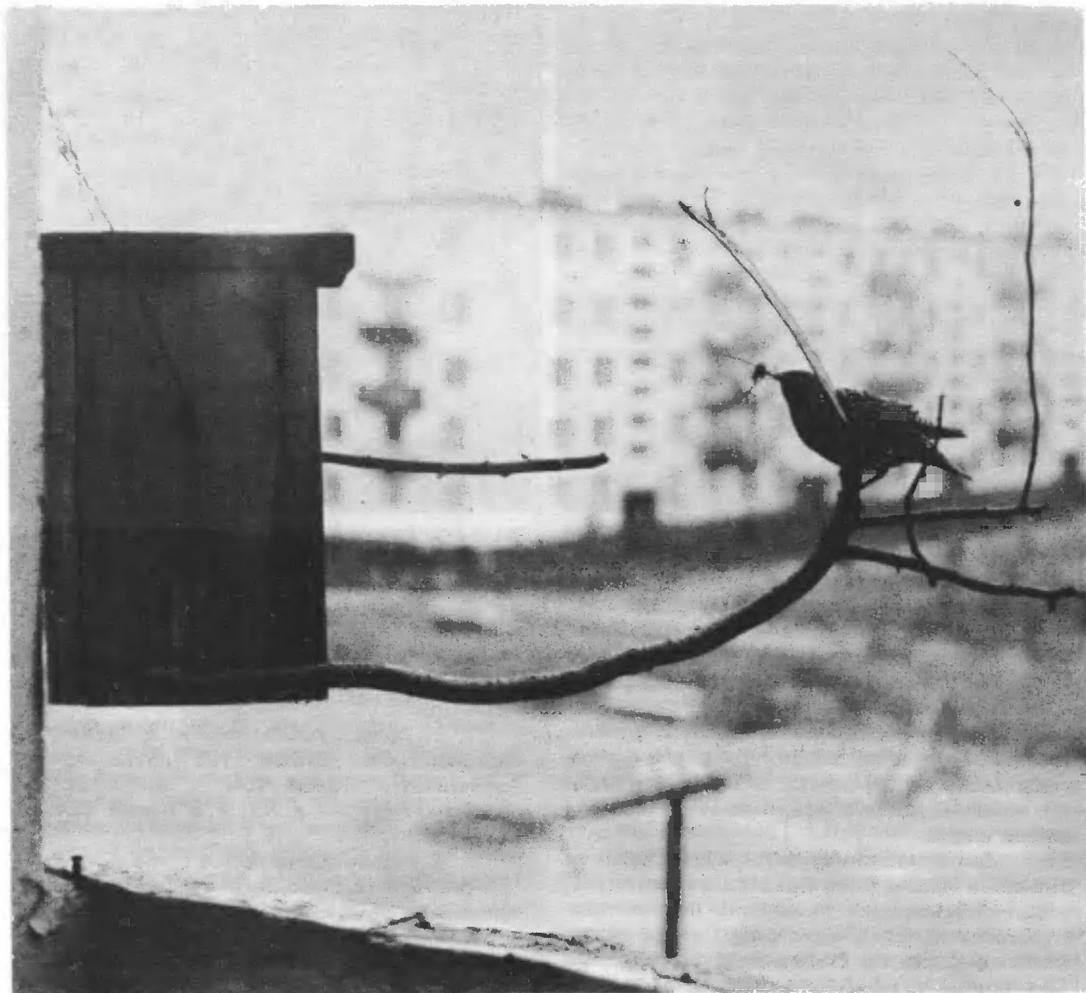
Птичье население городских строений состоит в основном из домового воробья, сизого голубя, черного стрижа, городской ласточки. Здесь устраивает гнезда обыкновенная галка, реже белая трясогузка, скворец, деревенская ласточка. На опорах высоковольтных линий электропередач строят гнезда серая ворона. В той части города, где имеются деревянные постройки или же одно-двухэтажные дома, живут серая мухоловка, большая синица, обыкновенная горихвостка.

Вопрос о численности птиц в городе важен не только для орнитологов, но и имеет большое практическое значение. Многие птицы (в основном насекомоядные) регулируют численность кровососущих насекомых и мух, а также насекомых, повреждающих парковые насаждения, приносят несомненную пользу. Однако некоторые, в частности сизый голубь, могут распространять опасные для человека заболевания.

Исследования динамики численности птиц города может оказать большую помощь в понимании закономерностей их существования, дать сведения для прогнозов развития орнитофауны в культурных ландшафтах.

Численность птиц мы изучали в разных участках города, включая зеленые насаждения, застройку Ленинграда разных лет и незастроенные участки среди новостроек.

⁴ Божко С. И. Парки как экологическая категория и их орнитофаунистическая характеристика. — *Aquila*, 1968, LXXV.



Скворец в новостройках.

На многочисленных пустырях, лугах и в поймах рек среди новостроек гнездится от 13 до 26 пар птиц на 10 га. Численность птиц, гнездящихся в постройках, составляет около 80 пар на 10 га и в основном представлена домовым воробьем и сизым голубем, причем в ленинградских новостройках эти виды четко приурочены к определенному типу зданий. Так, домовый воробей устраивает гнезда под крышей школьных зданий, детских садов и торговых центров: в каждом из них поселяется до 30 гнездящихся пар, на одном чердаке обычно живет по 5—15 пар сизых голубей.

Черный стриж в новостройках, как правило, селится рядом с домовым воробьем. Городская ласточка здесь редка, и только в отдельных местах она иногда гнездится колониями, прикрепляя гнезда под козырьками крыш или под выступами окон в современных многоэтажных зданиях. Самые большие колонии, отмеченные в 1974 и 1977 гг. в Василеостровском районе, насчитывали более 100 гнезд. К сожалению, такие случаи редки, к тому же количество гнезд даже в небольших колониях уменьшается с каждым годом.

Количество видов птиц и их численность зависит от возраста новостроек: наибольшее число видов бывает в начальный период застройки, затем оно снижается и достигает минимального — 5—8 видов. Некоторые же виды птиц (черный

стриж и городская ласточка) покидают свои места, как только начинается строительство, и лишь через некоторое время вновь начинают гнездиться здесь. Численность их все же не бывает велика, поскольку в новостройках отсутствуют удобные места для постройки гнезд.

В небольших скверах плотность гнездящихся птиц наименьшая — всего 16 пар на 10 га, видовой состав также беден. В некоторых районах центральной части города на 10 га гнездятся 80—100 пар птиц, а в застройках послевоенных лет (до 70-х годов) — 120—140 пар. Однако птичье население здесь представлено в основном домовым воробьем и сизым голубем, другие же виды в этих биотопах составляют не более 12% от всех гнездящихся пар.

В городских парках обитают от 50 до 70 пар на 10 га. Не останавливаясь подробно на результатах количественной характеристики орнитофауны городских парков, интересно отметить, что за последнюю четверть века видовой состав птиц некоторых парков (Таврический сад, Московский и Приморский парки Победы, Центральный парк культуры и отдыха им. С. М. Кирова) обогатился: стали гнездиться кряква, скворец, лазоревка, дубонос, щегол, пеночка-пересмешка, дрозды рябинник и белобровик, сорока. В Ботаническом саду число гнездящихся птиц практически не изменилось, но произошла некоторая смена видов.

При изучении орнитофауны большое значение имеет учет появившегося потомства. Наблюдения показали, что в пригородных парках Ленинграда, в том числе в парке Старого Петергофа, в середине 50-х годов птенцы вылетели из 64% всех известных гнезд (по данным С. И. Божко, 1972), следовательно, гибель птенцов и гнезд в пригородных парках Ленинграда такая же, как и в лесах этой зоны. По нашим предварительным данным, в парках города успех гнездования открыто гнездящихся птиц зависит от категории парка. Так, в парке Сосновка, расположенном на окраине города, появились слетки из 47% гнезд, а в старых городских парках — из 66%, остальные гнезда были разорены. Чаще всего разоряются гнезда, построенные открыто на земле или невысоко на кустах и деревьях, поэтому высокий процент вылета птенцов наблюдается в основном у небольшой группы видов, строящих гнезда высоко на деревьях. Так, в Ботаническом саду и других парках города (за исключением парка Сосновка) только у дрозда-рябинника, зяблика и пеночки-пере-



Дрозд-белобровик в новостройках.

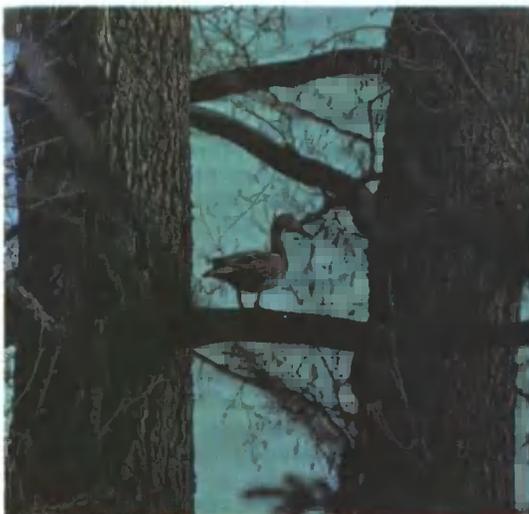
смешки появились слетки из 75% гнезд, у других видов погибло более половины птенцов.

У птиц, гнездящихся в дуплах, в среднем из каждых 100 гнезд птенцы появляются более чем в 80: в Ботаническом саду — в 83, а в парке Сосновка — в 81.

В Московском парке Победы у дрозда-рябинника, выющего гнезда на ветвях деревьев на высоте 3—5 м, в 1980 г. были разорены всего 16,6% гнезд. А вот гнезда, построенные открыто на земле, чаще всего в таких парках уничтожают вороны. В парках окраин Ленинграда (Сосновка), кроме ворон, разоряют гнезда белка и человек. Здесь погибает до 45% гнезд, свитых даже в ветвях деревьев на высоте 3—5 м.

Большой ущерб только что покинувшим гнезда птенцам наносят домашние кошки. Так, в июне 1979 г. в Ботаническом саду во время массового вылета дроздов за девять дней кошки уничтожили 28 слетков дроздов и других воробьиных птиц. Незавидна судьба куликов, гнездящихся в городе — у них погибает до 60% гнезд. Птиц спугивает человек или собаки, а вороны расклеивают яйца в покинутых гнездах.

Нашедшей приют на водоемах городских парков обыкновенной крякве удается вывести потомство, если утята появляются во второй десятидневке июня, на птенцов же, появившихся раньше этого времени,



В поисках места для гнезда crow просматривает иногда даже старые гнезда ворон.



Полости фонарных столбов почти всегда занимают большие синицы.

часто нападают вороны. Известны случаи, когда за 5—6 дней несколько ворон уничтожали целые выводки. Причем некоторые, видимо одни и те же птицы, «специализируются» по добыванию утят в первые 8—10 дней их жизни и легко берут их с воды. Как только утка удаляется на несколько метров от утят, вороны пикируют и, словно ножницами, срезают голову утенка клювом. Иногда ворона уносит утенка прямо с воды. Наиболее агрессивны вороны в мае — июне, когда выкармливают своих птенцов. В Летнем саду в 1979 г. они уничтожили 15 утят, зато в 1980 г. 2 выводка утят, которые появились здесь, благополучно поднялись на крылья.

Количество птиц в городе заметно увеличилось за последнюю четверть века. Некоторые птицы, хотя и не гнездятся в городских биотопах, стали очень многочисленными в весенне-осенний период. Большие стаи обыкновенной и сизой чаек в течение всего теплого периода держатся не только акватории Невы и Финского залива, но и встречаются в любой части города, кормясь у магазинов, мусорных баков, столовых и даже на балконах многоэтажных зданий в новостройках.

Урбанизация по-разному сказывается на жизни птиц разных видов. Одни из них приспособляются к сильно измененным условиям, проникая в старые или оставаясь в новых городских биотопах, другие покидают город, не находя необходимых усло-

вий жизни. К таким видам прежде всего относятся птицы, гнездящиеся на земле, в частности соловей, хотя он может жить и в сильно урбанизированном ландшафте, стоит только создать ему необходимые условия (в 1980 г. в Парке культуры и отдыха им. С. М. Кирова гнездились 6 пар соловьев). Другое дело грачи. У Черной речки и на Большом проспекте Васильевского острова сейчас еще есть колонии этих птиц, а на Кировском проспекте они гнездились в последний раз в 1978 г. Исчезновение грачей не удивительно, так как город растет и кормовые территории птиц все дальше отодвигаются от мест гнездования.

В современных жилых и административных зданиях без каких-либо выступов и углублений птицы не могут гнездиться, и из города исчезают даже такие ставшие привычными здесь птицы, как воробьи и голуби. И если эти птицы не представляют большого интереса, то, видимо, настало время подумать о привлечении стрижа и городской ласточки. В некоторых европейских странах для стрижей устраивают специальные желоба под крышами зданий или же создают искусственные гнезда для городских ласточек.

При сплошной застройке, принятой сейчас повсеместно, природные биотопы исчезают и птицы покидают территории, где водились раньше. Так, до недавнего времени в больших обводненных карьерах

вдоль Петергофского шоссе гнездились водоплавающие и околоводные птицы, необычайно украшая этот уголок города. В настоящее время все карьеры засыпаны, территория густо застроена зданиями и птицы болотного комплекса исчезли. Чтобы этого не произошло в других районах города, еще имеющиеся там природные биотопы необходимо сохранить.

Не делая далеко идущих прогнозов, все же надо полагать, что наблюдаемое за последние два десятилетия увеличение числа видов птиц будет продолжаться. Есть основания предполагать, что в городских парках начнет гнездиться сойка и некоторые виды лесных голубей, которые пока только часто прилетают сюда за кормом. На некоторых водоемах городских парков может начать гнездиться камышица, уже в течение двух последних лет постоянно живущая весь теплый период на прудах Московского парка Победы.

Естественно, что на тех территориях в городской черте, где сейчас идет застройка (бывшие Знаменские болота, район Угольной гавани и др.), произойдут большие перемены, которые могут вызвать изменения в составе и численности птиц. В целях сохранения и восстановления фауны птиц города, орнитологам необходимы более тесные контакты с проектными организациями Ленинграда. Общая забота о птицах должна принести хорошие резуль-

таты, и в современном городе удастся сохранить гармонично вписывающиеся уголки естественных биотопов, дающие приют не одному десятку видов птиц. Да и сами орнитологи имеют широкое поле деятельности. Например, практически на всех водоемах городских парков можно в летний период содержать лебедей. Было бы интересно интродуцировать других водоплавающих, например гоголя. Опыт такой работы уже есть в Москве. Птицы лугового комплекса могут сохраниться только по окраинам новостроек. Сейчас находят удобные места для устройства гнезд на зеленых полосах современных автомобильных дорог жаворонок, луговой чекан, луговой конек, желтая трясогузка.

При современной урбанизации человек должен изменять в нужном направлении облик городской орнитофауны. В городах, где удастся сохранить элементы природной среды или создать парки с разнообразными кустарниковыми и древесными насаждениями, водоемы с островками, гнездятся многие виды птиц, присущие естественной природе. Расширение такой работы, наряду с пропагандой охраны птиц, позволит внести заметный вклад в решение проблемы «город — живая природа». И тогда в Ленинграде не только сохранятся те 70—75 видов птиц, которые гнездятся здесь в последние 10—15 лет, но и увеличится как видовой, так и численный их состав.

НОВОСТИ НАУКИ



Охрана природы

Водоплавающие отравляются свинцом

Совет по охране природы Великобритании составил отчет о результатах исследования причин массовой гибели водоплавающих птиц в стране. Анализ тканей показал, что около половины случаев смерти лебедей вызвано свинцовым отравлением.

Источником свинца в реках и озерах являются главным образом утерянные рыболовами грузила. Общая их масса достигает 250 т в год (около шести грузил на каждый метр речного берега). Лебеди могут заглатывать грузила случайно

или в силу общего для многих пернатых инстинктивного стремления накопить в желудке твердые предметы (обычно камешки), которые помогают им в пищеварении. Частицы свинца оседают в мускульном желудке птицы, откуда свинец медленно всасывается в кровь.

Не исключено, что часть попавшего в организм водоплавающих птиц свинца своим источником имеет горючее моторных лодок. Однако химические исследования показывают тесную связь между содержанием свинца в крови и масляной свинцовых грузил в мускульном желудке птицы. Именно на такую же связь указывает и тот факт, что на одном и том же участке реки встречаются

особи с весьма различным содержанием свинца в крови, чего не наблюдалось бы, если бы причиной отравления служило горючее.

В Англии ведутся поиски материалов для замены свинцовых грузил. Так, эксперименты показали, что вольфрам и нержавеющей сталь безвредны для водоплавающих. При этом сравнительная дороговизна вольфрама расценивается как положительное качество, побуждающее рыболовов избегать потерь такого грузила. Поставлена задача в течение ближайших пяти лет по всей Великобритании полностью отказаться от применения свинцовых грузил.

New Scientist, 1981, v. 92, № 1283, p. 720 (Великобритания).



Заказник для орхидных

А. В. Виноградов,
кандидат химических наук

А. В. Щербаков

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова

Едва ли найдется во флоре Земли другая группа растений с таким удивительным разнообразием форм, как семейство орхидных. Есть в этом семействе и невзрачные малозаметные растения, однако большинство орхидных сразу привлекают к себе внимание своими прекрасными цветами самых удивительных форм и расцветок.

К сожалению, именно из-за их красоты орхидные уничтожаются человеком так жестоко и беспощадно и в таких количествах, как никакие другие растения. Это в равной степени относится как к эффектистнейшим тропическим орхидеям, так и к значительно более скромным отечественным видам. Неудивительно, что орхидные первыми в растительном мире попросили у человека помощи и защиты¹.

Однако не только сбор растений угрожает видам этого семейства. Человек, преобразуя для своих целей природу, вызывает в ней изменения, которые оказываются губительными для многих растений и в первую очередь для растений с такой сложной биологией, как у орхидных. Искусственное же разведение орхидей умеренного климата по сложности не уступа-

ет культивированию многих тропических видов².

Поэтому нам кажется рациональной организация заказников для орхидных, растущих в нашей стране. Такими заказниками должны быть участки естественной растительности, в которых режим природопользования не наносил бы вреда охраняемым объектам.

Одним из таких мест может быть лесной участок к югу и юго-западу от сел Алексеевское и Березники Рамешковского района Калининской области. Лес здесь в основном смешанный — березово-еловый, некоторые его участки довольно сильно заболочены, особенно около пересекающей массив р. Песчанки. По берегам этой же речки встречаются заболоченные черноольшанники, а повышения заняты небольшими островками соснового леса.

Один из авторов статьи (А. В. Виноградов) бродил в этом лесу в 1904—1905 гг. и обнаружил 12 видов орхидных. Кроме довольно многочисленных ятрышника Фукса (*Dactylorhiza fuchsii*) и любки двулистной (*Platanthera bifolia*), тогда были найдены также надбородник безлистный (*Eipogium aphyllum*), башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus*), кокушник длиннорогий (*Gymnadenia conopsea*), дремлик широколистный (*Eipactis helleborine*), стагачка однолистная (*Malaxis monophyllos*), ятрышники лиловый и пятнистый (*Dactylorhiza incarnata*, *D. maculata*), тайник яйцевидный (*Listera ovata*), гнездовка (*Neottia nidus-avis*), гудие-ра ползучая (*Goodyera repens*).

Наибольший интерес из этих орхидей представляет, ко-

нечно, надбородник безлистный: растение, которое в природе не встречали ни разу в жизни многие ботаники. Это лишенное хлорофилла растение-сапрофит с коралловым членистым сильно ветвистым корневищем, цветущее не каждый год. Его хрупкий, тонкий, бесцветный, почти прозрачный стебель высотой 5—30 см увенчан 2—8 небольшими желтовато-белыми цветками с несколькими рядами пурпурных или светло-фиолетовых бородавочек на губе и с тонким запахом ванили.

В пределах своего обширного ареала, охватывающего значительную часть Евразии, надбородник встречается настолько редко, что на довольно большой площади его местонахождения можно пересчитать по пальцам. Достаточно сказать, что в третьем по величине в нашей стране гербарии Московского университета имеется всего 14 экземпляров этого растения из Европейской части СССР. В Калининской области надбородник был найден еще только однажды — в начале прошлого столетия близ деревни Домкино бывшего Корчевского уезда (экземпляр хранится в гербарии МГУ).

Заслуживает внимания и красавец башмачок с самыми крупными среди отечественных орхидей цветами. Этот вид страдает от сбора одним из первых. Правда, и наиболее часто встречающиеся виды — любка двулистная и ятрышник Фукса — стремительно исчезают из окрестностей населенных пунктов.

Рекогносцировочное обследование, проведенное А. В. Щербаковым в 1981 г. в Рамешковском районе, несмотря на кратковременность, дало интересные результаты. На том же самом месте, где и 77 лет назад, были найдены

¹ Вахрамеева М. Г., Денисова Л. В. Орхидеи и их охрана. — Природа, 1980, № 6.

² Охрана и культивирование орхидей. Тезисы Всесоюз. сов., Таллин, 1980.



Тайник яйцевидный.

Кокушник длиннорогий.

Фото Н. П. Харитонова.

Ятрышник Фукса сейчас многочислен в Калининской области.

Гнездовка.

Фото А. К. Скворцова.

Башмачок настоящий.

Фото А. В. Щербакова



7 из 12 отмеченных ранее видов (ятрышники Фукса и пятнистый, любка, гнездовка, тайник, дремлик и башмачок). Если бы эти исследования были более продолжительными, то, несомненно, были бы найдены еще какие-нибудь виды из тех, которые нашел А. В. Виноградов в начале века. Выходит, что даже такие легко уязвимые растения, как орхидеи, в естественной обстановке способны удерживаться на одной и той же территории десятилетиями. Следовательно, если будет организован заказник и будут выполняться условия охранного режима, то перечисленные выше виды могут сохраниться здесь и впредь. Поскольку данному участку грозит полное уничтожение от перевыпаса, нужно принять охранные меры уже в ближайшее время.

Конечно, одного такого заказника недостаточно. На территории той же Калининской области и соседствующих с ней областей, несомненно, найдутся и другие участки с богатым видовым составом орхидных, где также необходимо создать заказники.



Вода с памирских ледников

А. О. Кеммерих



Александр Оскарович Кеммерих, доктор географических наук, научный консультант Института географии АН СССР. Специалист в области горной гидрологии и гляциологии. Автор многих научных и научно-популярных работ, и в том числе книг: Северный Урал. М., 1969; Гидрография Памира и Памиро-Алая. М., 1978.

На протяжении нескольких десятилетий обсуждается проблема переброски части воды из многоводных сибирских рек в засушливую Среднюю Азию. С каждым годом становится все более ясным, что для претворения в жизнь такого грандиозного проекта нужны тщательные исследования и прогнозы возможных изменений среды, неизбежных при крупном гидротехническом строительстве. В связи с этой проблемой возникает вопрос о том, нельзя ли более рационально использовать местные ресурсы воды, часть которых заключена в ледниках высокогорных районов, и нельзя ли увеличить количество воды, стекающей с горных ледников на равнины.

Некоторые исследования, проведенные за последнее время гляциологами Института географии АН СССР и других научных учреждений, занимающихся проблемами горного оледенения, дают возможность подсчитать количество воды, заключенной в ледниках Памира и Памиро-Алая¹, и количество дополнительной воды, которое можно получить с помощью трех способов: усиления таяния, создания водо-

хранилищ и использования естественных и искусственных наледей.

Памир и Памиро-Алай — уникальная, самая обширная в Советском Союзе высокогорная ледниковая область, где берут начало многочисленные притоки основных водных артерий Средней Азии — Амударьи, Пянджа, Вахша, Зеравшана и Сырдарьи, орошающих крупнейшие оазисы страны. Ледники занимают здесь 9774 км², что составляет 45% площади всего горного оледенения СССР, не считая ледников арктических островов. Площадь ледников Памира и Памиро-Алая в 6 раз больше площади ледников Кавказа. Всего здесь около 10 тыс. ледников самых различных морфологических типов и размеров с площадью от 0,1 км² и менее до десятков и даже сотен квадратных километров. Крупнейшие в нашей стране горнодолинные ледники вытянуты на несколько десятков километров; длина ледника Федченко достигает 77 км, а ледника Грумм-Гржимайло — 37 км.

Огромные размеры оледенения Памира и Памиро-Алая обусловлены весьма благоприятными орографическими и климатическими условиями территории, и в первую очередь высотой хребтов, поднимающих свои вершины до 6500—7500 м над ур. м., и значительным количеством твердых осадков, достигающих в наиболее воз-

¹ Автор включает в Памиро-Алай Туркестанский, Алайский, Гиссарский, Зеравшанский хребты и западную часть хребта Петра Первого. Некоторые специалисты называют эту территорию Гиссаро-Алаем.

вышенных частях наветренных склонов окраинных хребтов 2500 мм в год. Примерно столько же осадков выпадает в известном своей увлажненностью районе Батуми. Ледники и фирновые поля играют весьма существенную роль в питании рек Средней Азии, так как здесь ледниковый сток имеет большой удельный вес в общем стоке — около 20%. Немаловажно, что количество воды, стекающей с ледников, не зависит от осадков данного года и является, как говорят гидрологи, гарантированной составляющей стока. Доля ледниковой воды

Средней Азии. Таким количеством талой ледниковой воды при рациональном использовании и норме полива $8000 \text{ м}^3/\text{га}$ можно в течение трех летних месяцев оросить около 2,2 млн га посевов хлопчатника, т. е. почти половину всей поливной площади Средней Азии.

Особенно большое значение для сельского хозяйства талые воды, поступающие с ледников и фирновых полей, имеют в летние месяцы, когда хлопчатник, люцерна и другие культуры испытывают наибольшую потребность в орошении. С июля по

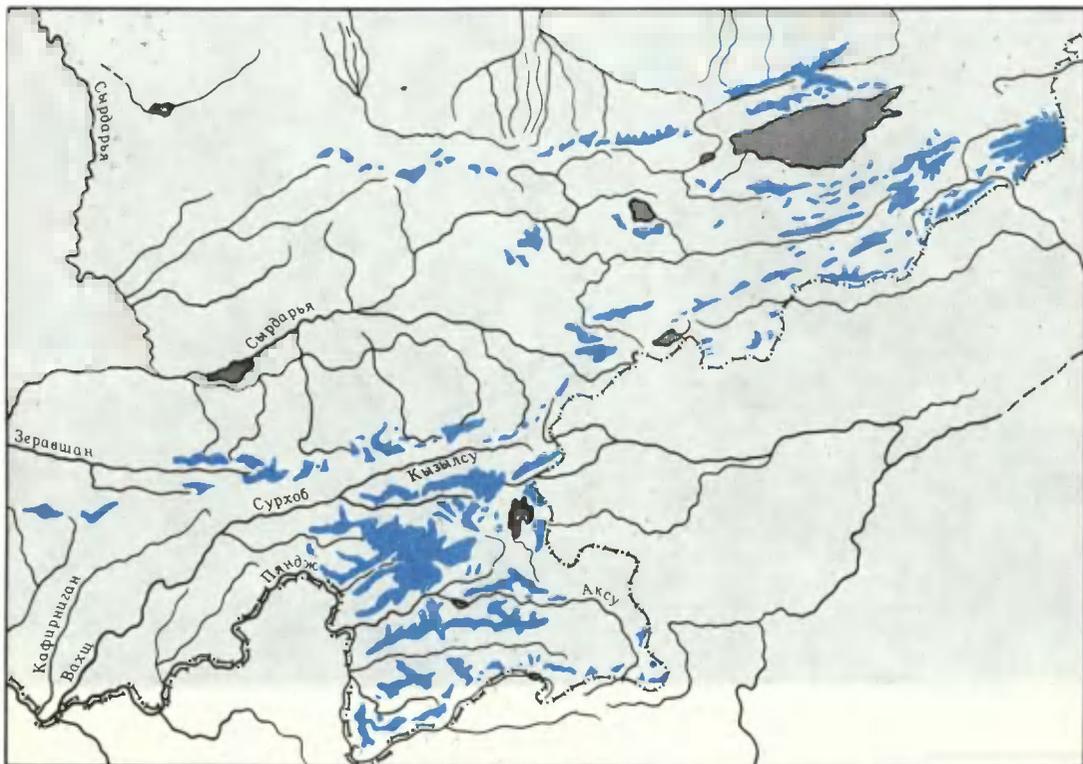


Схема оледенения Средней Азии (по Р. Д. Забирову и В. К. Ткаченко).

в годовом стоке основных рек Памира и Памиро-Алая в том месте, где они выходят на равнины, или в устьевых участках меняется от 22—25% до 52%, увеличиваясь к верховьям рек.

Сток со всех ледниковых бассейнов Памира и Памиро-Алая составляет, по нашим подсчетам, в среднем $13,23 \text{ км}^3$ в год, т. е. более 2/3 стока всех ледников в

сентябрь в горах лед тает наиболее интенсивно. В этот период доля ледникового стока в общем стоке рек Памира и Памиро-Алая, вытекающих на предгорные равнины, по нашим данным, составляет 48%, а у рек, водосборы которых имеют значительные площади оледенения и низко расположенные языки ледников, до 70%.

Потенциальные же водные ресурсы огромны? Произведенный нами подсчет по-

² Подсчет проводился по формуле Н. В. Ерасова, используемой при определении объема льда ледников для «Каталога ледников СССР».



казал, что общий объем льда в ледниках здесь равен 663 км^3 . В нем заключено $596,5 \text{ км}^3$ пресной, почти химически чистой воды. Часть этой воды безусловно можно использовать.

Поверхность льда и снега обладает высокой отражательной способностью (альбедо), и лишь небольшая часть солнечной радиации затрачивается на таяние. Чтобы усилить таяние, нужно уменьшить альбедо, что легко сделать, покрыв поверхность ледника темными порошкообразными материалами — каменным углем, шлаком, золой, сажой. Еще в древности в начале весны таджики посыпали снег на полях зо-

лой, ускоряя таким образом сход снежного покрова с полей в горах и увеличивая срок вегетации посевов.

В 1962 г. Институт географии АН СССР организовал экспедицию для исследований искусственного усиления таяния ледников и высокогорных снегов. В течение нескольких лет в самых различных в природном отношении районах Тянь-Шаня, Памира и Памиро-Алая изучался и сравнивался сток с опытных ледниковых площадок, затемненных каменноугольной пылью, и сток с контрольных площадок, а также влияние погоды, солнечной радиации, экспозиции скло-



Ледники Волтера, Москвина и Бивачный — одни из многих сотен ледников Памира и Памиро-Алая. Фото Л. В. Деснинова.

Зачернение поверхности ледника каменноугольной пылью на опытной площадке.

Фото О. В. Рототеевой.



нов, высоты на величину и скорость таяния снега и льда.

Было установлено, что при зачернении ледниковой поверхности каменноугольной пылью в области таяния ледников (области абляции) количество стекающей воды увеличивается на 25%, а в зоне питания ледников (в фирновой зоне) примерно вдвое. На основе этих опытов и расчетов естественного таяния по высотным зонам гляциолог А. Н. Кренке оценил потенциальные ресурсы дополнительного таяния, которые из области абляции составляют 2,3 км³, а из области аккумуляции — 2,1 км³, т. е. всего 4,4 км³ ледниковой воды. Таким образом, потенциальные водные ресурсы за счет увеличения ледникового стока при искусственном таянии составляют в среднем 33% от естественного ледникового стока. В жаркие и засушливые годы потенциальные ресурсы ледников за счет дополнительного таяния возрастают до 8—8,5 км³ в год. Однако не все ледники пригодны для получения дополнительного стока путем зачернения.

Опыты показали, что для этого целесообразней использовать большие, высоко расположенные ледники, такие, например, как ледник Федченко, Грумм-Гржимайло, Северный Танымас, Корженевского и др., поверхность которых, особенно в верховьях, сравнительно слабо загрязнена моренным материалом. Искусственное зачернение ледников может в 2—3 раза уменьшить их альбедо и увеличить сток на 50%. Поверхность же многих небольших, невысоко расположенных ледников, как правило, сильно загрязнена моренным материалом, и при искусственном зачернении альбедо поверхности существенно не уменьшится.

Без ущерба существования самого ледника в целом можно использовать не все, а лишь те ледники, время оборота массы льда которых при стационарном положении ледников составляет не менее 30 лет³. Дело в том, что для восстановления баланса массы ледников после искусственного усиления их стока в маловодные годы должно пройти около 30 лет; только в течение этого периода в высокогорных районах Памира и Памиро-Алая наблюдаются многоснежные зимы, когда выпадает две-три годовых нормы твердых осадков (та-

Второй по величине ледник Памира — ледник Грумм-Гржимайло. Его длина 37 км.

Фото К. П. Рототаева.

кими были 1911, 1941, 1969 годы), способных восстановить отрицательный баланс массы ледников.

Исследования показали также, что для получения дополнительного стока в периоды наступления ледников могут использоваться ледники с меньшим временем оборота массы льда (около 25 лет) и, наоборот, в периоды отступления — лишь ледники, время оборота массы льда которых составляет не менее 35 лет.

Время оборота массы льда ледников зависит в основном от высоты расположения ледников над уровнем моря и площади ледников. У наиболее крупных ледников и ледниковых бассейнов рек Западного и Восточного Памира, площадью в десятки и сотни квадратных километров, находящихся на высотах от 3500 до 5000 м над ур. м. время оборота превышает 130 лет.

У небольших, относительно невысоко расположенных ледников и ледниковых бассейнов, таких, например, как ледниковые бассейны Ярхыча или Сурхандарьи, Кашкадарьи и Кафирнигана, занимающих соответственно площади 106 и 219 км² и расположенных в основном на высотах от 2600 до 3000 м над ур. м., время оборота массы льда составляет всего 6—7 лет, и ускорять таяние нецелесообразно. Если гляциологические вопросы, связанные с зачернением, можно считать во многом решенными, то с экологическими и экономическими проблемами дело обстоит значительно сложнее.

Опыты по запылению ледников каменноугольной пылью показали, что минимальная норма расхода пыли составляет 80 г/м². Для получения 1 км³ воды с ледников Памира и Памиро-Алая нужно зачернить около 2 тыс. км² площади ледников. При однократном запылении для этого потребуется 160 тыс. т пыли, около 100 тыс. рейсов вертолета МИ-8 общей стоимостью более 50 млн. руб.⁴

³ Время оборота массы ледников определяется делением объема талой воды, содержащейся в теле ледника, на средний годовой объем ледникового стока, состоящего из талых вод льда, фирна и снега, выпадающего ежегодно на леднике.

⁴ Кренке А. Н. — Водные ресурсы, 1980, № 3, с. 15.



Пока еще неясен вопрос о последствиях, которые могут возникнуть в результате смыва каменноугольной пыли с поверхности ледников в реки, и влияния этих последствий на окружающую среду; в том числе на качество воды в реках. К сожалению, этими вопросами, по существу, до сих пор никто не занимается.

Совершенно очевидно, что необходимы дополнительные исследования, которые покажут, насколько этот путь регулирования стока с ледников технически возможен, рентабелен и экономичен.

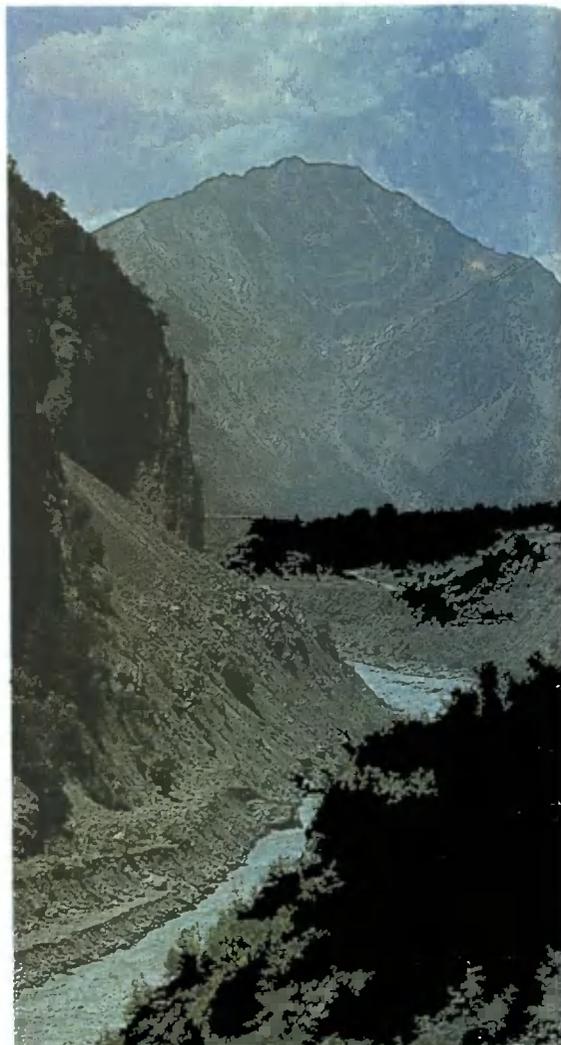
Другой весьма эффективный путь регулирования стока в горах Памира и Памиро-Алая — сооружение водохранилищ в верховьях рек ледниково-снегового питания. Плотины водохранилищ наиболее целесообразно строить в глубоких ущельях, сложенных коренными, слабопроницаемыми горными породами, или на месте бывших горных обвалов, расположенных обычно ниже озеровидных расширений речных долин, весьма характерных для многих рек Памира и Памиро-Алая. В прошлом озеровидные расширения в долинах рек были дном подпрудных озер, образовавшихся в долине реки в результате обвалов, запрудивших реку. Со временем ваны озер заполнялись речными наносами, дно озер выравнивалось, повышалось, озерные воды размывали плотину-завал и на месте спущенных озер оставались широкие выровненные пространства, по которым теперь спокойно текут реки.

На Памире для сооружения плотин и создания водохранилищ наиболее пригодны глубокие ущелья и озеровидные расширения речных долин в бассейне Пянджа. На Памиро-Алае для этой цели с успехом могут быть использованы долины Соха, Исфара, Акбуры, Исфайрама и их притоков.

Объемы воды в таких озерах-водохранилищах, судя по объему озера, образовавшемуся в долине Абдукагора (бассейн Ванча) в результате запруды долины пульсирующим ледником Русского географического общества и спущенному в начале XX в., могут достигать 70 млн м³.

В техническом и экономическом отношении наиболее целесообразно создавать плотины и водохранилища путем направленных взрывов на склонах речных долин, как это было с успехом сделано, например, в долине Малой Алмаатинки при сооружении плотины для предотвращения селей, угрожавших Алма-Ате.

Плотины водохранилищ могут быть использованы также для строительства гидроэлектростанций, а сооруженные водохра-





Крупнейший приток Вахша — Обихингоу.

Фото А. О. Кеммериза.

Озеро, образовавшееся в бассейне р. Обихингоу в результате обвала. Такие озера-водохранилища можно соорудить для регулирования стока рек, стекающих с ледников.

Оазис вокруг озера, образованного ледниковыми водами, в бассейне р. Сурхоб на высоте 2500 м.

Фото Л. В. Десниова.

Остатки мощной наледи на р. Западный Пшарт. Создание такого рода искусственных наледей позволяет регулировать количество воды в реке.

Фото А. О. Кеммериза.



нилища в верховьях рек ледниковой зоны не только помогут решению проблемы регулирования стока, но и окажут большую помощь в борьбе со стихийными нивально-гляциальными явлениями, такими как прорывы вод из ледников или ледниково-подпрудных озер, формирующих гляциальные сели.

В искусственных водохранилищах ниже ледниковой зоны объемы воды могут достигать десятков кубических километров. Так, в созданном недавно водохранилище в узком Пуллисангинском ущелье Вахша выше плотины Нурекской ГЭС объем воды составляет 10,5 км³. Это самая высокая плотина не только в Средней Азии, но и на всем земном шаре. Высота плотины достигает 300 м. Быстрое наполнение Нурекского водохранилища талыми водами ледников и высокогорных снегов стало возможным благодаря огромной площади оледенения в бассейне Вахша (3850 км²) и большой водоносности его притоков, несущих в водохранилище около 19 км³ воды в год.

Воды водохранилища дают возможность Нурекской ГЭС вырабатывать около 12 млрд квт · ч в год, регулировать сток Вахша ниже плотины и орошать сотни тысяч гектаров хлопковых полей, виноградников, садов и бахчей верхней Амударьи и низовий Вахша.

В настоящее время в долине Вахша, выше Нурекского водохранилища, сооружается плотина Рогунской ГЭС мощностью 3200 тыс. квт с годовой выработкой электроэнергии 14 млрд квт · ч. Выше плотины Рогунской ГЭС возникнет еще более крупное водохранилище с многолетним регулированием стока.

Достаточно эффективный, но пока еще редко применяемый способ регулирования стока — использование талых вод наледей — многослойных ледяных образований, возникающих в русле реки или на склонах долины в результате излияния речных или подземных вод на их поверхность и замерзания. Талые воды наледей, образующихся в долинах рек высокогорного пояса Памира и Памиро-Алая, значительно увеличивают сток весенне-летнего периода, когда ощущается недостаток в воде для орошаемого земледелия.

Наиболее крупные наледы, площадью до нескольких десятков километров, с толщиной льда до 3—4 м и объемом содержащейся в них воды до 40 млн м³, встречаются на Восточном Памире в широких с малыми уклонами, плоских долинах Музкола, Северного и Южного Акбайтала, Аксу, Таны-маса, Каражилги, Кокуйбея, Западного Пшарта и ряда других рек на абсолютных

высотах 3500—4500 м. Бассейны этих рек расположены на большой высоте, в суровом климате с зимними температурами воздуха до минус 50—60°С, большой сухостью воздуха, малоснежными зимами в долинах рек и повсеместным распространением многолетней мерзлоты. Значительные по толщине льда, но меньшие по площади наледы встречаются также в более узких и ниже расположенных (на высоте 2000—3500 м) долинах рек Западного Памира и Памиро-Алая. В образовании наледей Памира и Памиро-Алая принимают участие речные, ледниковые, снеговые и подземные воды.

Наледи на реках из года в год появляются в одних и тех же местах, но границы их, площади и толщина льда значительно меняются, что мы объясняем в основном различиями запасов грунтовых незамерзающих вод, питающих зимой реки, температурных условий зимы, высоты снежного покрова в долинах рек и связанных с этим изменениями глубин сезонного промерзания почв и грунта.

И. М. Лебедева наблюдала не тающую в течение ряда лет наледь в верховье реки Северный Акбайтал на Восточном Памире. Длина наледы в июле достигала 2700 м, ширина — от 80 до 120 м, толщина льда — 2—3 м.

Объем стока с наледей Памира и Памиро-Алая, а также доля его в годовом стоке рек и в стоке за весенне-летний период из-за слабой изученности наледей можно оценить лишь весьма приближенно. По нашим подсчетам, количество воды, которое весной и летом может дать наледь площадью около 10 км², расположенная на высоте 4000 м над ур. м. (мы исследовали одну из таких наледей в долине Музкола на Восточном Памире), составляет 27 млн м³.

Ориентировочный подсчет площадей наледей, образовавшихся за зиму в долинах рек Памира и Памиро-Алая, проведенный автором по аэрофотоснимкам и крупномасштабным картам, показал, что к началу летнего таяния в высокогорной области общая площадь наледей составляет около 1300 км². Учитывая, что средняя толщина всех наледей территории равна примерно 2 м, общий объем льда наледей высокогорного пояса будет 2,7 км³, т. е. более 2,4 км³ пресной, почти химически чистой воды.

Эта цифра показывает, что наледный сток высокогорной зоны Памира и Памиро-Алая играет значительную роль в весенне-летнем стоке рек по выходе их из гор, составляя более 4%. Огромное потребление воды из рек на орошение засушливых

предгорных районов Средней Азии в весенне-летние месяцы, ее дефицит в маловодные годы могут быть в известной мере компенсированы созданием в верховьях рек ледниковой зоны искусственных наледей, которые аккумулируют сток воды в холодный период года, накапливая таким образом некоторый запас воды для использования его летом и весной.

Методов создания искусственных наледей много. Наиболее простой из них — метод поливов, состоящий в послыном намораживании речной воды на поверхность ледяного покрова путем нагнетания воды насосами.

Создание искусственных наледей возможно также подпруживанием речного потока путем забивания поперек русла свай или труб. Осенний ледоход, встречая в русле препятствие, быстро повышает уровень воды в реке, вода разливается по пойме и постепенно замерзает, образуя в течение зимы мощные наслоения льда.

В последние годы искусственные наледы с успехом используются в Бурятской АССР и Хакасской автономной области в целях регулирования речного стока, тепловой и водной мелиорации почв. Регулирование режима рек искусственными наледями в этих районах позволяет существенно увеличить длину участков рек для сплава леса и продолжительность периода с повышенным расходом воды в летнее время. Так, создание лишь одной наледи в верховье р. Киндерлык (Хакасская автономная область) позволило сплавить 70 тыс. м³ древесины вместо 14 тыс. м³ по плану на расстоянии 50 км вместо 14 км. Стоимость 1 м³ воды, полученной от наледей на р. Уде, составила всего 0,007 коп., что значительно дешевле стоимости воды средних и даже крупных водохранилищ. Практика показывает, что урожай сельскохозяйственных культур на полях, орошаемых водой, полученной за счет наледей, выше в 1,5 раза. В совхозе «Октябрьский» Усть-Абаканского района, например, экономический эффект этого мероприятия на площади 800 га составляет около 45 руб. на 1 руб. затрат. В Бурятской АССР полив водами растаявших наледей практикуется на площади 25—30 тыс. га.

Сооружение искусственных наледей, не требующих строительных материалов и капиталовложений, несложно, что особенно важно в труднодоступных высокогорных районах Памира и Памиро-Алая. Дополнительный сток от таяния искусственных наледей в весенне-летние месяцы повысит водохозяйственный потенциал тер-

ритории. Однако наледи в этом регионе изучены весьма слабо, и основной задачей в настоящее время является создание кадастра наледей, установление закономерностей их высотного и территориального распространения, изучение генезиса наледообразующих вод, условий их формирования и разработка мероприятий по созданию искусственных наледей или ледохранилищ.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Авсюк Г. А. ИСКУССТВЕННОЕ УСИЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ЛЬДА И СНЕГА ГОРНЫХ ЛЕДНИКОВ. — Труды Института географии АН СССР, 1953, Вып. 56.

Кеммерих А. О. ГИДРОГРАФИЯ ПАМИРА И ПАМИРО-АЛАЯ. М.: Мысль, 1978.

Кеммерих А. О. НАЛЕДНЫЙ СТОК С ГОР СРЕДНЕЙ АЗИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ. — Водные ресурсы, 1980, № 3.

Котляков В. М. ГОРЫ, ЛЬДЫ И ГИПОТЕЗЫ. Л.: Гидрометеиздат, 1977.

Котляков В. М., Кренке А. Н., Гросвальд М. Г. НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СОВРЕМЕННОЕ И ДРЕВНЕЕ

ОЛЕДЕНЕНИЕ ПАМИРА И ГИССАРО-АЛАЯ. — Известия АН СССР, серия географическая, 1978, № 5.

Как растут континенты

М. С. Марков



Марк Соломонович Марков, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией сравнительной планетологии Геологического института АН СССР. Основные работы связаны с проблемами строения и развития островных дуг и зон перехода от континента к океану, с процессами метаморфизма в геосинклинальных зонах, а также с тектоникой Земли и планет земной группы. В «Природе» опубликовал статью: С геологическим молотком в глубины Земли (1975, № 1).

Уже давно геологам известен факт, что земная кора бывает двух типов: континентального и океанического. Первый из них имеет в своем разрезе три слоя, выделенных геофизическими методами: сверху — осадочный, ниже — «гранитный» (или, точнее, гранитно-метаморфический) и под ним — «базальтовый». Второй тип лишен «гранитного» слоя, т. е. океанические осадки и лавы залегают прямо на «базальтовом» слое. Каждый из этих слоев характеризуется своей скоростью прохождения сейсмических волн и сравнительно легко выделяется по этому признаку. Двум типам коры соответствуют и два крупнейших типа рельефа Земли: материки и океаны, которые обычно разделены крутыми уступами — континентальными склонами или переходными зонами (как на западе Тихого океана).

Издавна сложилось, что геологи изучали континенты, поэтому многие понятия теоретической геологии пошли от моделей, которые создавались при изучении материковых структур. Когда же геологи начали заниматься океанами, — произошло это сравнительно недавно — многие устоявшиеся положения геологии предстали в совершенно ином свете. Так, в результате драгирования дна и глубоководного бурения в океанах выяснилось, что разрез земной коры океанов начинается глубоководными осадками, под которыми залегают

толеитовые базальты. Эти слои были названы первым и вторым слоями океанической коры, а вместе они соответствуют осадочному слою континентов. Еще ниже располагаются многочисленные дайки, сложенные чаще всего породами основного состава (относительно бедными окисью кремния), которые вниз по разрезу сменяются габбро-диабазами и различными габбро. Порода даек, габбро и габбро-диабазы образуют третий слой океанической коры, который соответствует «базальтовому» слою материков. Под третьим слоем залегают ультраосновные породы верхней мантии.

Еще на первых порах изучения геологии океанов было замечено, что разрез земной коры современных океанов необычайно сходен с разрезами офиолитовых ассоциаций складчатых зон континентов. Отсюда и родилось представление о том, что внутренние зоны древних геосинклинальных областей (так называемые эвгеосинклинали) когда-то в геологическом прошлом были океаническими структурами¹.

В дальнейшем эти океанические структуры были смяты в складки, метаморфизованы, гранитизированы, и в результа-

¹ Пейве А. В. — Геотектоника, 1969, № 4, с. 5.

те в составе земной коры появился тот гранитно-метаморфический слой, который характерен для континентов.

Но детали процесса преобразования океанической коры в континентальную пока неясны. В связи с этим представлялось интересным проследить, как формировалась земная кора континентов на примере северной части такого крупного материка, как Евразия. Результатом такого анализа явилась «Тектоническая карта Северной Евразии», составленная сотрудниками Геологического института и других организаций

АН СССР². Упрощенный вариант этой карты мы приводим.

Тектоническое районирование Северной Евразии проводилось по времени формирования континентальной коры в пределах тех или иных областей. Специальным изучением складчатых областей, и особенно их эвгеосинклинальных зон, было доказано, что они закладывались на коре океанического типа, которая затем в ходе геосинклинального процесса постепенно преобразовалась в континентальную кору³. Этот процесс проходил стадийно. Стадии

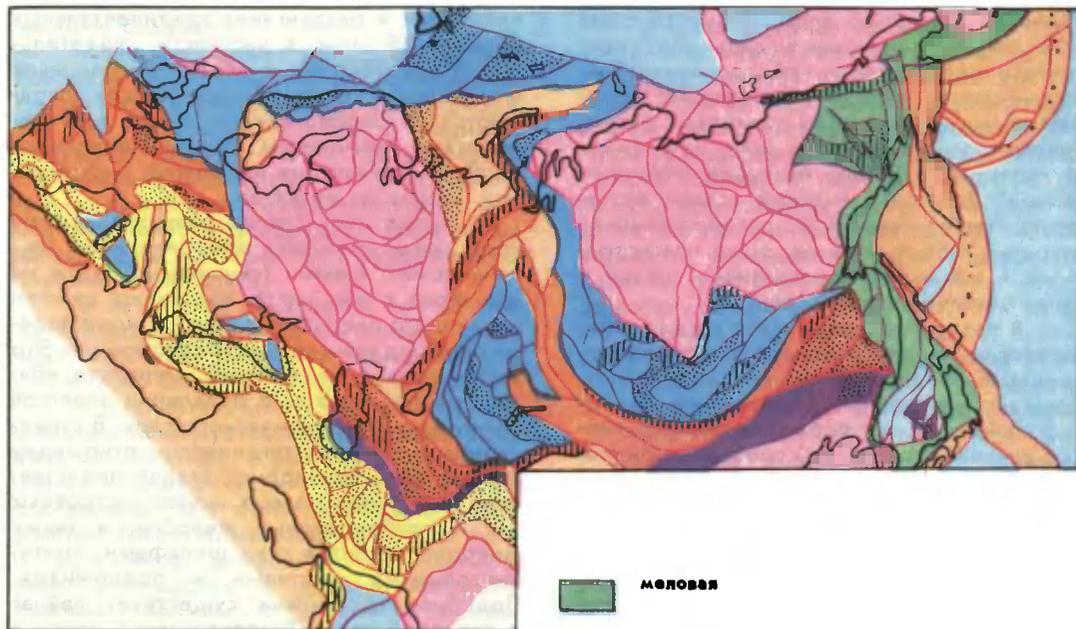


Схема тектоники Северной Евразии, сделанная А. А. Савельевым по тектонической карте Северной Евразии масштаба 1:5 000 000. Штриховкой выделены комплексы пород меланократового фундамента и океанической стадии, крапом — фрагменты древней континентальной коры в более молодой, остальную часть материка слагают комплексы пород переходной стадии.

-  меловая
-  миоценовая
-  Формирующаяся континентальная кора
-  Современная океаническая кора и ее аналоги

Древняя континентальная кора:

-  нижне-протерозойская
-  рифейская
-  девонская
-  карбоновая
-  триасовая

² Тектоническая карта Северной Евразии, масштаб 1:5 000 000, Геологический институт АН СССР, 1980. А. В. Пейве, А. Л. Яншин (главные редакторы). Редколлегия: Л. П. Зоненшайн, А. Л. Книппер, М. С. Марков (зам. гл. ред.), А. А. Моссаковский, А. С. Парфильев, Ю. М. Пушаровский, В. С. Федоровский, А. Е. Шлезингер, Н. А. Штрейс. Объяснительная записка к карте: Тектоника Северной Евразии. М., 1980.

³ Пейве А. В. и др. — Сов. геол., 1972, № 12, с. 7.

развития земной коры складчатых сооружений следующие: а) океаническая, б) переходная и в) континентальная. Каждая из выделенных стадий характеризуется особым строением земной коры, особой географической и тектонической обстановкой.

На океанической стадии в условиях преобладающего растяжения меланократового фундамента формируются глубоководные осадочные и магматические формации. Они слагают верхние части разреза офиолитовых толщ. Для океанической стадии наиболее характерна толеит-базальтовая формация, с которой ассоциируют радиоляриты, яшмы, фтаниты, микритовые известняки и глинистые сланцы. По горизонтали и вертикали эти образования обычно сменяются кислыми и основными вулканогенными толщами, в которых натрий преобладает над калием, или, как принято говорить, с четкой натровой специализацией⁴. Для океанической стадии характерно также широкое распространение интрузий габбро-норитов, реже плагиогранитов и метаморфизм зеленсланцевой и эпидот-амфиболовой фаций.

В последнее время идут интенсивные дискуссии о существовании в геологическом прошлом аналогов современных океанов. При том, что налицо действительно имеются различия между формациями современных океанов и породами океанической стадии древних звгеосинклиналей, этот вопрос далеко не простой.

В ряде случаев (западный склон Урала, южная часть Альпийской зоны и др.) на колоссальных по протяженности пространствах распространены комплексы пород шельфов, континентальных склонов и их подножий, т. е. пород, свойственных современным пассивным окраинам континентов. Вряд ли такие структуры могли обрамлять узкие зоны коры океанического типа. Скорее, они окружали древние океаны.

Кроме того, в последние годы А. А. Моссаковский, А. А. Белов и другие сотрудники Геологического института приняли специальные исследования по изучению истории развития палеозойского океана Тетис. Для восстановления ширины

этого океана они использовали палеобиологические, палеомагнитные и другие данные. Палеогеографические реконструкции этих авторов мы приводим. Ширина океана Тетис достигала 2—3 тыс. км. Сходные данные получаются и по реконструкциям палеозойского океана Япетус, располагавшегося на месте современной Атлантики.

Исследования складчатых зон Урала, областей мезозойской складчатости на Востоке СССР и других складчатых зон показали, что многие палеоокеанические структуры образовались в результате раскальвания и раздвигания континентальных блоков. Об этом, в частности, свидетельствует тот факт, что в основании разрезов мезозойских складчатых зон иногда сохраняются грубообломочные толщи и вулканогенные комплексы пород щелочного состава, отвечающие начальной, рифтогенной, стадии их развития.

Переходная стадия развития земной коры характеризуется преобладанием тектонического сжатия (скупивания), хотя на его фоне очень часто возникают участки вторичного растяжения. Земная кора переходной стадии имеет пестрое строение. Это выражается в изменчивой мощности «базальтового» слоя и в появлении участков гранитно-метаморфического слоя. В структурном и палеогеографическом отношении земная кора переходной стадии представлена системой краевых морей, островных дуг и глубоководных желобов, а также микроконтинентов с их шельфами, континентальными склонами и подножиями. Подобная обстановка существует сейчас в западной части Тихоокеанского пояса в зонах перехода от океана к континенту.

Горизонтальные и вертикальные формационные ряды переходной стадии развития земной коры очень сложны и изменчивы. Наиболее характерными формациями краевых морей являются мощные осадочные терригенные серии, содержащие в ряде случаев вулканогенные породы основного и среднего состава. Для верхних частей разреза характерно образование флиша (ритмично чередующихся пород, типичных для геосинклиналей) и олистостромов (хаотических скоплений несортированных обломков), а также грубообломочных и вулканогенно-обломочных пород — моласс⁵. В зо-

⁴ Меланократовый фундамент представляет собой комплекс сложно дислоцированных ультраосновных пород и габброидов. См.: Марков М. С., С геологическим молотком в глубины Земли. — Природа, 1975, № 1, с. 72.

⁵ По соотношению натрия и калия в интрузивных породах можно судить о типе земной коры. В породах океанической коры преобладает натрий, а в породах континентальной коры — калий.

⁶ Молассы образуются в процессе формирования складчатых сооружений с горным рельефом на месте геосинклинальных областей. Различаются нижние молассы, образовав-

нах поднятий островных дуг накапливаются известково-щелочные вулканические породы. В нижних частях разреза известны основные и кислые вулканические комплексы, а также высокоглиноземистые базальты с прослоями граувакк и кремнистых пород. В верхних частях разреза появляются морские и континентальные молассы.

В глубоководных желобах накапливаются турбидиты. Особенно широко они распространены на островных склонах желобов. В осевых частях желобов турбидиты перемежаются с глубоководными пелагическими осадками.

Для переходной стадии развития земной коры характерны интрузии габбро-плагиогранитов и габбро-плагиогранит-диоритов. Их внедрение в области поднятий островных дуг, а также метаморфизм окружающих пород приводит к формированию гранитно-метаморфического слоя. Одновременно формируются такие комплексы пород, как молассы и вулканогенно-плутонические пояса.

В некоторых складчатых поясах время проявления переходной стадии отмечено массовым развитием флишевых серий и тесно связанных с ними олистостром.

Континентальная стадия развития земной коры знаменуется повсеместным тектоническим сжатием. В результате резко меняется географическая и тектоническая обстановка. При этом возникшие ранее участки гранитно-метаморфического слоя и фрагменты древней континентальной коры стягиваются в единые континентальные массивы с общим гранитно-метаморфическим слоем. Этот процесс сопровождается вещественным преобразованием пород земной коры, вызванным калиевой гранитизацией и метасоматозом. Конечный результат всех этих процессов — интрузии, сложенные калиевыми гранитами, граносиенитами, аляскитами и щелочными гранитами.

Формирование массивов сплошной континентальной коры приводит к их изостатическому воздыманию, что обуславливает образование межгорных и предгорных впадин. В них формируются верхние молассы, а вдоль границы новообразованной континентальной коры над зонами тектонических срывов возникают краевые вулканоплутонические пояса.

Таким образом, калиевая гранитизация, гранитно-щелочногранитный интрузивный магматизм, накопление верхних моласс и формирование краевых вулканоплутонических поясов — вот те признаки, которые указывают, что преобразование океанической коры в континентальную завершилось.

Мы убедились, что начиная с фанерозоя (а вернее, с рифея) континенты нарастали за счет преобразования океанической коры в континентальную. Анализ развития складчатых областей Северной Евразии показал, что существовало два основных пути такого преобразования.

В одном случае (аллохтонный путь) континентальные блоки пододвигались под структуры океанов и переходных зон или надвигались на зоны с океанической и переходной корой. При этом палеоокеанические структуры закрывались вследствие тектонического сближения окружавших их континентов; формировался новый континент. В зонах, где это происходило, породы океанической и переходной стадии слагают отдельные аллохтонные фрагменты среди древних континентальных масс. Эти зоны, как правило, окружены краевыми прогибами. К числу таких зон относятся Урал, Альпийско-Гималайский пояс и другие складчатые системы Северной Евразии.

В другом случае (автохтонный путь) в результате процессов тектонического сжатия и растяжения пород океанической и переходной стадий сформировались структуры островных дуг и краевых морей. В пределах островных дуг образовался молодой «гранитно-метаморфический» слой, который в дальнейшем (вместе с фрагментами древней континентальной коры) и составил основу «гранитно-метаморфической» оболочки новой континентальной коры. Этот путь формирования континентальной коры сопровождался образованием наклонных зон срывов, выше которых и происходило тектоническое стягивание и скупивание структуры. Вдоль выходов этих зон на земную поверхность возникли вулканоплутонические пояса. Развитие подобных зон лучше всего видно на примере Центрального Казахстана и Монголии.

Особый интерес в связи с проблемами формирования континентальной земной коры представляет анализ закономерностей ее образования на ранних этапах развития Земли, так как 60 или даже 70% континентальной коры возникло около 2 млрд лет назад. Исследования древних платформ Северной Евразии (Восточно-Европейской и Сибирской) показали, что самые ранние стадии развития земной коры

шися на конечных этапах развития геосинклиналией, и верхние молассы, соответствующие началу континентального этапа развития складчатых зон.

заклучались в создании метаморфического слоя, представленного, с одной стороны, гранулит-базитовыми, а с другой — серогнейсовыми комплексами. Временные и пространственные закономерности формирования этих двух типов раннеархейских комплексов в настоящий момент неясны. Тем не менее можно утверждать, что метаморфизм этих комплексов и перекрывающих их осадочных пород, а также сопровождающий его процесс образования плагиогранитов и создали ту первичную кору существенно андезитового состава, которую мы выделяем под названием протометаморфического слоя. С момента его возникновения началось образование рифтоподобных структур типа зеленокаменных поясов и горизонтальных структур, напоминающих шельфы, континентальные склоны и подножия. Как показали исследования В. С. Федоровского, такие горизонтальные структуры существовали на месте Байкало-Патомского нагорья уже в нижнем протерозое.

Но наряду с этим большая мобильность протометаморфического слоя привела к тому, что эти зоны, в отличие от своих фанерозойских аналогов, оказались охваченными процессами метаморфизма и гранитизации; в их пределах необычайно широко проявлен гранитоидный магматизм. Окончательное оформление настоящей континентальной коры на месте древних платформ произошло на рубеже 2,0—1,6 млрд лет, когда настало время массового внедрения калиевых гранитоидов и сопровождающих их процессов калиевого метасоматоза, когда формировались вулканоплутонические пояса и образовывались грубообломочные комплексы, сходные с верхними молассами фанерозойских складчатых зон.

Безусловно, многие вопросы геологии докембрия еще ждут своего выяснения. К их числу относятся: характер фундамента, на котором формировались комплексы протометаморфического слоя, роль и место аортозитов в его строении, сходство ультрабазит-базитовых комплексов докембрия с офиолитовыми ассоциациями фанерозоя и их отличие. Эти вопросы еще предстоит решить. Однако уже сейчас ясно, что общая направленность развития земной коры на самых ранних этапах истории Земли была принципиально такой же, что и в более поздние периоды.

Анализ формирования континентальной коры в пределах Северной Евразии показал, что этот огромный материк образовался в течение ряда эпох, во время ко-

Палеотектонические реконструкции океана Тетис (по А. А. Моссиновскому, А. А. Белову и др.). Видны первоначальные размеры палеозойского океана, ширина которого достигала 2—3 тыс. км. Вверху: реконструкция для эпохи верхнего карбона — нижней перми. Внизу: реконструкция для эпохи верхнего триаса, когда океан начал закрываться в результате сближения континентов.

Протоконтинент Евразия:

-  докембрийское ядро
-  области палеозойской складчатости

Вулкано-плутонический пояс:

-  калиевые гранитоиды и базальт-андезит-дипаритовые вулканы
-  верхние молассы

Гондвана и ее фрагменты:

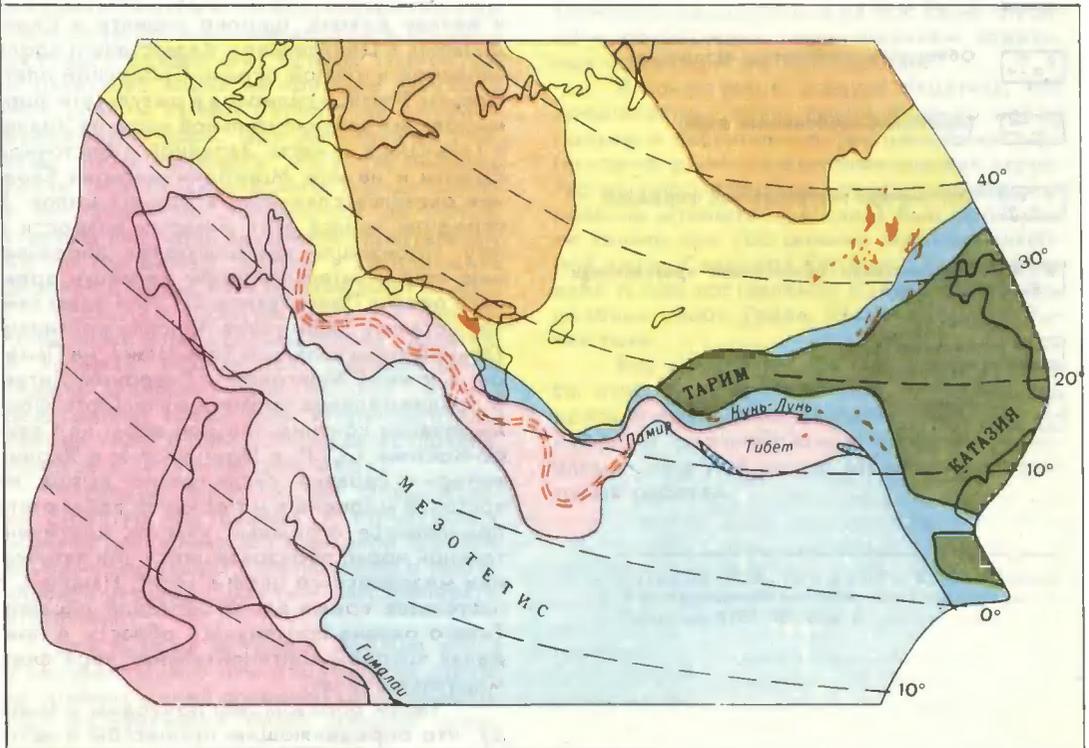
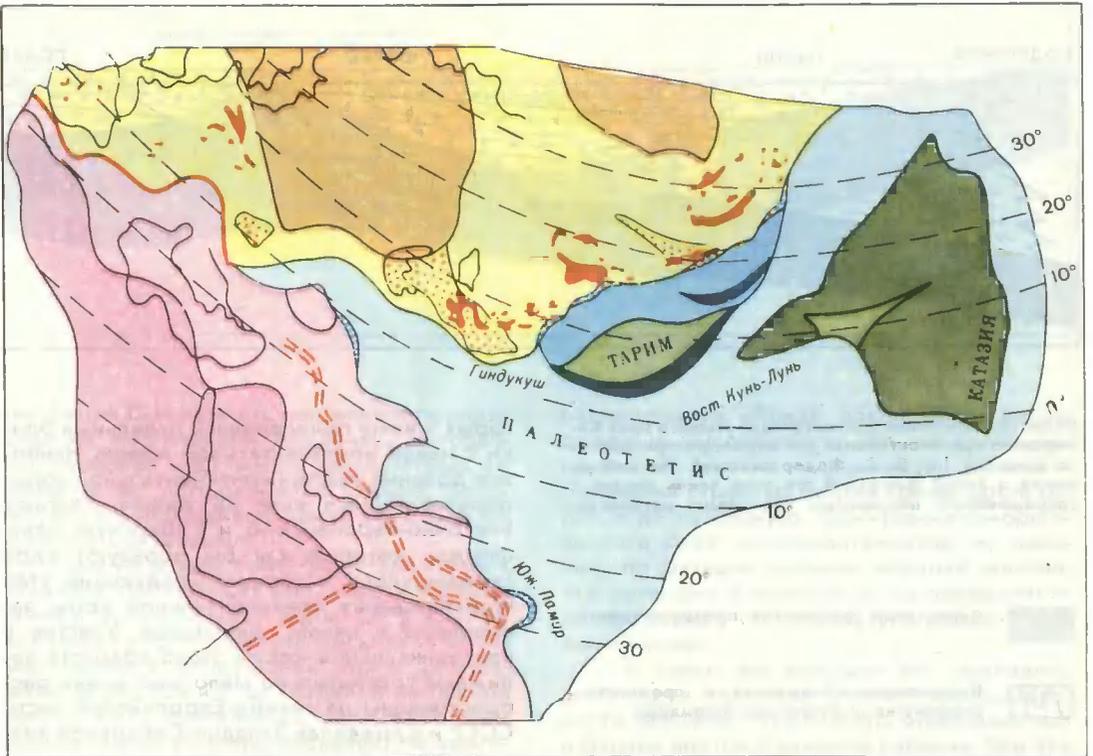
-  поднятия
-  шельф

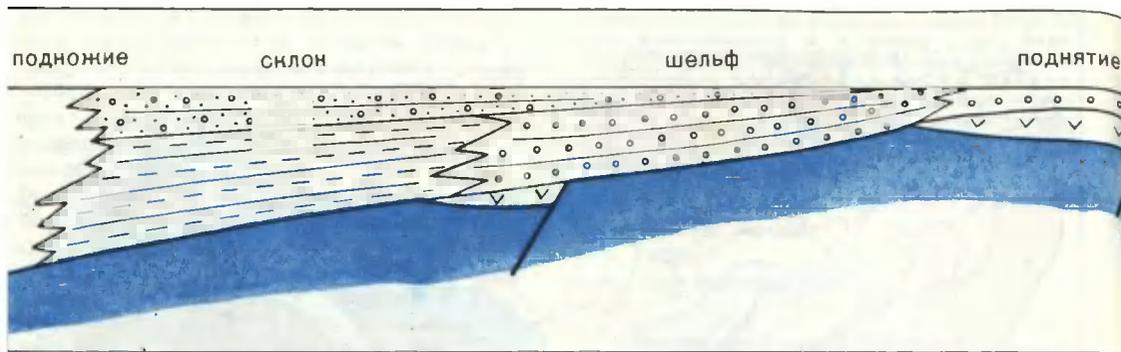
Китайский континент и Тарим:

-  поднятия
-  шельф

Океан Тетис в позднем палеозое и мезозое:

-  океанические пространства
-  внутренние моря
-  островные дуги
-  Выходы на поверхность глубинных склонов и зон субдукции
-  Комплексы континентального склона и подножия
-  Рифтовые зоны будущего океана
-  Палеошпроты





Палеотектоническая реконструкция южного края Сибирского протоконтинента для нижнепротерозойского времени (по В. С. Федоровскому). По набору пород и типам формаций эта зона очень сходна с современными пассивными окраинами материков.

 Складчатый фундамент протоконтинента

 Вулканогенно-обломочная и кремнисто-железистая рифтогенные формации

 Грабеновая вулканогенно-осадочная формация

 Обломочно-карбонатная формация

 Терригенно-карбонатный флиш

 Обломочная пестроцветная формация

 Полиминтовая обломочная грауванковая формация

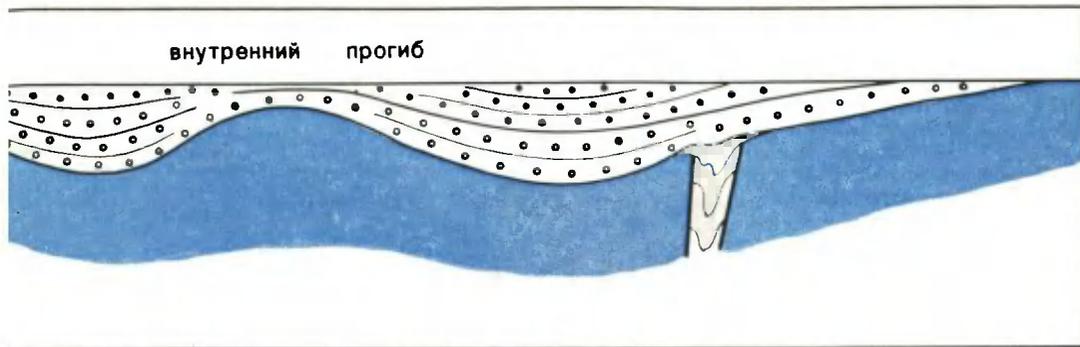
 Сложность

 Разлом

торых к нему причленились отдельные блоки с новой континентальной корой. Наиболее древние участки континентальной коры, образовавшейся еще до рифея, слагают Восточно-Европейскую и Сибирскую платформы, которые как бы образуют ядра Евразийского материка. Следующий этап формирования континентальной коры завершился к началу фанерозоя. Участки с континентальной корой этого возраста занимают сравнительно мало места, они распространены на севере Европейской части СССР и в пределах Западно-Сибирской низменности.

Континентальная кора, сложившаяся к началу девона, широко развита в Скандинавии, в Центральном Казахстане и вдоль западной и южной окраин Сибирской платформы. В конце палеозоя в результате формирования континентальной коры на Урале, в Тянь-Шане, в части Западной и Восточной Европы и на юге Монголии материк Евразия оказался спаянным в единое целое. В середине триаса этот материк разорвался к югу. Произошло это благодаря образованию континентальной коры на месте древнего океана Палеотетиса. От этой зоны сейчас остались лишь узкие полоски континентальной коры в южном Тянь-Шане, на Памире, в южной Монголии и Северном Китае. В позднемеловое время в результате формирования континентальной коры на Северо-Востоке СССР, в Приморье и в Японии материк Евразия существенно вырос на восток. В миоцене к материкам Евразия с юга причленился огромный участок континентальной коры, образовавшийся при замыкании мезозойского океана Тетис. Наконец, в настоящее время вдоль западной окраины Тихого океана протянулась область, в пределах которой континентальная кора формируется сейчас.

Таким образом, мы приходим к выводу, что определяющим процессом в исто-



рии Земли был процесс постепенного наращивания силикатической оболочки, который был наиболее мощным на ранних этапах ее развития, но продолжается и ныне, локализуясь в современных зонах перехода от океана к континенту.

Тем не менее было бы неправильным понимать этот процесс как простое наращивание континентальной коры. Он достаточно сложен и противоречив, поскольку включает явления разрушения коры, раздвигания ее блоков и т. д. Раздвигание блоков земной коры проявлялось, как известно, на разных этапах ее формирования. На континентах это процессы взламывания коры, образования рифтов и последующего образования структур океанического типа. Начальная стадия раздвигания блоков земной коры отчетливо видна на примере Красного моря, где мы имеем узкую зону молодой океанической коры. При дальнейшем развитии этого процесса могут возникнуть океаны типа Атлантического. В ряде случаев они могут не оформиться до конца, оставаясь на стадии внутриконтинентальных рифтов (например, рифты в фундаменте Западной Сибири, Байкальский рифт и др.).

Процессы разрушения коры свойственны также и переходной стадии развития, на которой образуются глубоководные впадины краевых морей. Многие из них представляют собой зоны вторичного растяжения коры (Южно-Охотская котловина, Японское и Филиппинское моря).

Изучение особенностей формирования структур растяжения и структурных рисунков различных зон Северной Евразии неизбежно приводит к заключению о тектонической неоднородности и расслоенности литосферы.

Эти выводы вытекают прежде всего из тех фактов, что при образовании структур краевых морей основной срыв, по которому раздвигаются блоки земной коры,

располагается вблизи поверхности Моховичича. Особенности же строения аллохтонных пластин показывают, что при образовании структур сжатия срывы происходят и по основанию гранитно-метаморфического слоя микроконтинентов, и, наконец, по разным уровням верхней мантии, что приводит к появлению на поверхности земли разных по составу ультрабазитовых комплексов⁷.

К таким же выводам мы приходим, анализируя причины резкой дискордантности (несогласия) структур отдельных зон и блоков внутри Северной Евразии. Все это свидетельствует о том, что литосфера тектонически неоднородна на всю свою глубину и подвержена перемещениям отдельных слагающих ее литопластин.

В заключение следует отметить, что предлагаемый нами принципиально новый подход к составлению тектонических карт (историю развития континентальных структур мы рассматривали как историю формирования «гранитного» слоя) был проверен не только при составлении мелкомасштабной карты Северной Евразии. Он оправдал себя и при составлении более крупномасштабных карт Урала, Востока СССР и Казахстана.

Все эти карты, как нам представляется, открывают возможность по-новому подойти к выяснению закономерностей размещения разнообразных полезных ископаемых, что уже нашло отражение в некоторых работах.

⁷ Пейве А. В., Трифонов В. Г. Мобилизм и тектоническая расслоенность литосферы. — Природа, 1981, № 8, с. 2.

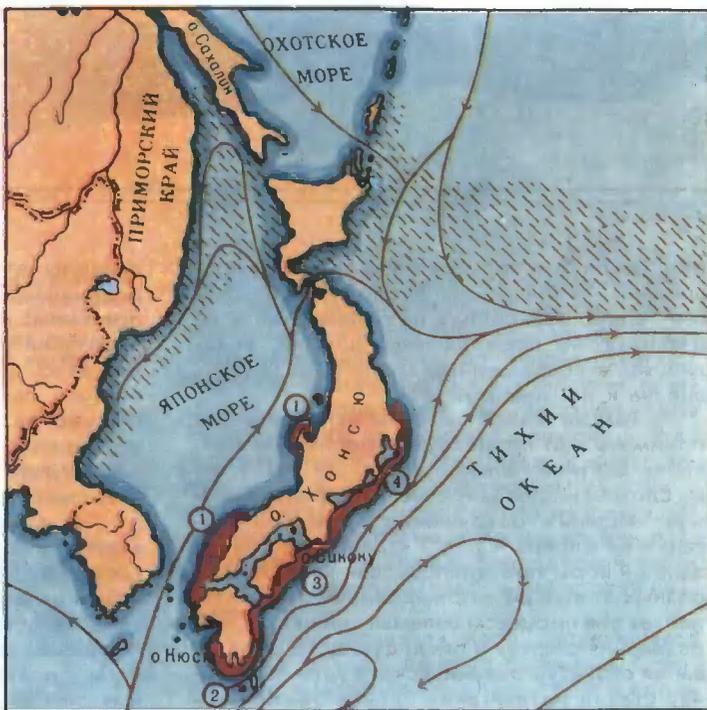
Неверная рыба иваси

В. П. Шунтов,
доктор биологический наук
Тихоокеанский НИИ рыбного
хозяйства и океанографии
Владивосток

«Мой дед ел эту рыбу, когда был воином, мой отец, который прожил больше меня, ловил иваси, когда ему было 30—40 лет, а потом ее не было. Я прожил чуть не век. Когда мне было восемнадцать, я тоже ее ловил, потом она исчезла, а теперь вот пятнадцать лет опять есть. Но это ненадолго. Камбала, минтай — верные рыбы, а иваси «неверная». Это слова старого корейского рыбака из книги владивостокского океанолога Г. М. Бирюлина «Жизнь среди волн»¹ и относятся они к дальневосточной сардине, которую у нас вслед за японцами иногда называют сардиной-иваси, или просто иваси.

Перенесемся на 50 лет назад — в 30-е годы. В то время японские и корейские рыбаки налавливали почти 30 млн ц иваси в год. Летом, когда северные воды Японского моря хорошо прогрелись, многочисленные косяки иваси подходили к нашим берегам и приморские рыбаки добывали 1,5—1,7 млн. ц этой рыбы за путину. Весной 1941 г., как обычно они готовились выйти в море, ничто не предвещало непредвиденных изменений. Наступило лето, но иваси не пришла. Не было ее после этого 35 лет — до середины 70-х годов.

Описанному исчезновению иваси во всех публикациях, посвященных ей, до сих пор придается исключительное значение. В то же время здесь нет ничего загадочного. По данным японских ихтиологов, с середины текущего тысячелетия такая ситуация повторялась



Ареалы сардины-иваси. Стрелками показана гамарализованная схема течений. Цифры в кружках — нерестилища: в зоне Цусимского течения [1], в прибрежных зонах о-ва Кюсю [2], около о-ва Сикоку [3] и в прибрежных водах о-ва Хонсю [4].

Основные районы нагула
Нерестилища

не менее 5 раз. Чтобы понять суть этого явления рассмотрим некоторые особенности экологии иваси.

Иваси нерестится в прибрежных водах о-вов Хонсю, Кюсю, Сикоку как с тихоокеанской стороны, так и со стороны Японского моря. Эти районы подвержены влиянию теплого течения Кюросио и его ветвей. Главный поток течения погибает о-ва Кюсю и Сикоку с востока, доходит до сере-

дины о-ва Хонсю и направляется в Тихий океан. С южных нерестилищ Кюросио переносит икру, личинок и мальков иваси на север во фронтальную зону, где это теплое течение встречается с холодным — Ойясио. Сюда же воды Цусимского течения выносят значительную часть потомства иваси из Японского моря. Зона смешения течений высокопродуктивна — здесь высокая концентрация планктона, в том числе много личинок веслоногих рачков, науплиев, которыми питаются мальки личинки иваси². В водах Тихого океана молодь живет два года и, достигнув половозрелости, мигрирует на нерестилища к Японским о-вам. После нереста иваси

¹ Бирюлин Г. М. Жизнь среди волн. Владивосток, 1965.

² Watanabe T., Honjo K., Okutani T.— Proc. IV GSK symp. Tokyo, 1979.

с южных и япономорских нерестилищ заходит в поисках корма в северные воды Японского моря. Поэтому рыбаки вылавливают в Японском море в основном крупных трех- и четырехлетних иваси, а в тихо-

Примерно такие же объяснения «сардиновой проблемы» сохранились и до сих пор. При этом обычно речь ведется о похолодании в Японском море, появлении у берегов Приморья холодных вихрей, которые яко-

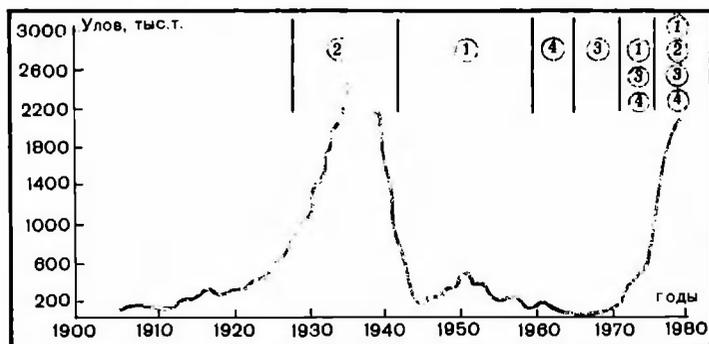
иваси переносит именно это течение. А в периоды меандрирования Куросио не захватывает личинок и мальков рыбы, и те погибают у берегов Японских о-вов от бескормицы, как считал Накаи⁵.

Очевидно, этим можно объяснить резкое падение численности иваси в конце 30-х — начале 40-х годов, во время десятилетнего периода меандрирования Куросио. Рыба перестала появляться в северных водах Японского моря, поскольку небольшому ее количеству хватало пищи и на юге.

В 70-х годах начался новый подъем численности иваси. В это время Куросио снова изменило свое направление, но так как основной нерест иваси проходил в районе п-ова Босо, т. е. севернее меандра, происшедшее изменение оказалось для иваси весьма благоприятным: потомство легко переносилось во фронтальную зону, где к тому же увеличилась биологическая продуктивность моря. Численность сардины стала нарастать, и нерест начался и на всех других нерестилищах вокруг Японских о-вов. Начиная с 1978 г. рыбаки Японии, СССР, КНДР, Южной Кореи вновь вылавливали более 20 млн ц иваси в год, а в 1981 г. уловы достигли почти 40 млн ц в год.

Таким образом, изменения в положении Куросио вызывают падение численности иваси в тот период, когда нерестилища этой рыбы находятся у южных побережий островов Японии. Когда же иваси нерестится в более северных районах (п-ов Босо), меандрирование не только не приводит к гибели потомства иваси, но, наоборот, способствует переносу его в северную зону, богатую пищей, где сардина быстро растет.

Новый всплеск воспроизводства иваси привлек внимание многих исследователей, эта сардина, в частности, стала объектом изучения по совместной советско-японской программе. Автор статьи, занимаясь проб-



Уловы иваси в XX столетии. Вертикальные линии ограничивают периоды функционирования конкретных нерестилищ (по Ватанабе, 1980). Хорошо видно, что современная вспышка численности иваси является итогом функционирования всех нерестилищ. 1—4 — нерестилища, указанные на карте-схеме ареалов.

океанских водах — мелких рыб более молодого возраста.

Какие же изменения в обычном цикле развития иваси происходят время от времени и почему они приводят к исчезновению ее в северных водах на долгий период? Уже в 40-е годы по этому поводу высказывались самые разные гипотезы. Так, А. Г. Кагановский, возглавлявший в то время отечественные исследования биологии иваси, полагал, что эта рыба изменила пути миграций и потому не доходит до берегов Приморья³. Предполагали даже, что иваси ушла в воды Калифорнии, но оказалось, что там обитает лишь похожая на иваси калифорнийская сардина. Некоторые японские исследователи считали, что иваси исчезла из-за ухудшений условий нереста, в результате чего сильно снизилась ее численность.

бы и являются причиной исчезновения иваси. Все это, однако, не подтверждают фактические данные.

Что же касается конкретных причин снижения воспроизводства иваси — мнения были весьма противоречивы. Например, дальневосточный океанолог А. М. Баталин решающее значение придавал изменению хода Куросио, считая, что из-за сильного понижения температуры нерестилища иваси разрушаются⁴. Для такого заключения, казалось бы, были некоторые основания, поскольку в отдельные годы Куросио делает большую петлю (меандр), отходя от берега на 200—300 миль, и действительно, температура прибрежных вод в некоторых местах понижается. Однако и это объяснение оказалось неудачным, ибо основные нерестилища иваси располагались за пределами меандра.

По мнению японского исследователя З. Накаи, отрицательное влияние меандра Куросио имело совсем другой механизм. Вспомним, что от южных нерестилищ (в 30-е годы здесь шло основное воспроизводство) до мест нагула молодь

³ Кагановский А. Г. — Рыбная промышленность СССР, 1945, с. 27.

⁴ Баталин А. М. «Сардиновая катастрофа» и меандры Куросио. — В сб: Человек и стихия. Л., 1974.

⁵ Nakai Z. — Jap. J. Ichtiol., 1962, v. 9, p. 1.

лемой иваси в составе специалистов Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, предложил свою гипотезу, объясняющую природу цикличности в воспроизводстве иваси, связывая цикличность с изменениями в атмосферной циркуляции.

Анализируя промысловую статистику после 1900 г., автор заметил, что большие уловы, соответствующие росту численности иваси, бывают только во время наращения или преобладания зональных типов атмосферной циркуляции. Когда же преобладают меридиональные процессы в атмосферной циркуляции, численность иваси и ее уловы значительно уменьшаются. Характерно также, что все известные подъемы численности происходили на периоды пониженного, а уменьшение численности — высокого уровня солнечной активности в ее вековом ходе⁶.

Естествен вопрос: почему же во время зональных циркуляций условия размножения иваси наилучшие? Дело, по-видимому, в том, что в это время режим Куроисио и гидрологические условия у берегов южной части Японии, где нерестится иваси, более стабильны. Следует добавить, что в периоды зональных атмосферных циркуляций наступает глобальное потепление, прогреваются воды морей, создаются хорошие условия для развития морских организмов, служащих пищей для многих рыб. Это, несомненно, сказывается и на выживаемости потомства иваси.

О потеплении морских и океанических вод в периоды зональных циркуляций свидетельствует и появление на севере Японского моря некоторых тропических и субтропических морских животных. Например, в 30-е годы, когда воспроизводство иваси достигло максимума, в водах Приморья появилась морская змея пелагида и кожистая черепаха. Вторая вспышка численности иваси в нашем столетии, начавшаяся

в 70-е годы, также произошла в период преобладания зональных процессов атмосферной циркуляции, а соответственно, и потепления вод Японского моря, и здесь снова появились обитатели теплых морей — морская змея плоскохвост и две кожистые черепахи.

Некоторые детали механизма формирования урожайных поколений иваси пока неясны. Уверенно можно сказать, что нерест и дальнейшее развитие потомства зависят от благоприятного стечения многих обстоятельств. Если говорить об иваси, нерестящейся у восточных и южных берегов Японии, то здесь имеют значение три весьма существенных фактора. Во-первых, благоприятные условия на самих нерестилищах, от которых зависит выживаемость икры и личинок. Во-вторых, перенос личинок, а затем и мальков течением Куроисио в зону смещения его вод с течением Ояисио. В-третьих, кормовая обеспеченность молоди в зоне ее нагула, которая имеет исключительное значение. Особенно важно наличие необходимого количества науплиев во время перехода личинок иваси к активному питанию.

В заключение уместно попытаться заглянуть несколько вперед. Ведь разговор идет о «неверной» рыбе, которой то много в уловах рыбаков, то она исчезает надолго. Сейчас численность иваси продолжает возрастать и ее биомасса, по расчетам специалистов ТИНРО (В. Н. Вологдин и др.), составляет около 100 млн ц. Когда же она снова исчезнет? Вопрос, конечно, не праздный. Ведь иваси «спасла» рыбную промысловость, заменив сельдь, потерявшую промысловое значение из-за сокращения запасов. С точки зрения автора статьи, численность иваси будет по-прежнему высокой до тех пор, пока будет продолжаться эпоха зональной атмосферной циркуляции. Более того, для прогнозов высокой численности в ближайшие годы есть очень веские предпосылки: в 30-х годах нерест проходил преимущественно у южного побережья Кюсю, сейчас же — на всех нерестилищах. В на-

стоящее время уловы уже выше, чем в 30-е годы, но уровень численности тех лет еще не достигнут. Об этом можно судить хотя бы по темпу роста иваси. В 30-е годы в связи с пищевой конкуренцией, явившейся результатом большой численности, эта рыба достигала половозрелости лишь в трехлетнем возрасте при длине всего в 18 см. Обычно же такой длины достигает двухлетняя иваси. Сейчас, как и в 70-х, так и в начале 80-х годов однолетки вырастают до 14 см, двухлетки — 18—19 см, а трехлетки — 20—21 см.

Конечно, было бы очень кстати иметь прогноз состояния Куроисио, но вряд ли это возможно при современном уровне представлений океанологов о природе этого течения. Не рассчитывая также на прогнозирование климатологов, далеко не единогласных в вопросе грядущих планетарных климатических изменений, предсказать будущее иваси можно на основе данных по ее нересту, состоянию популяций, численности производителей, некоторым биологическим показателям.

Помимо вывода о восьмилетней численности иваси в 80-х годах, сейчас можно предсказать и некоторые другие изменения в ближайшее время. С 70-х годов снизилось воспроизводство иваси на северных нерестилищах, но зато возросло на южных и в Японском море, и как результат этого количество мелкой рыбы в Тихом океане, а крупной — в Японском море должно увеличиться. Такая тенденция вполне определилась уже в 1981 г., а итоги промысла подтвердили ее.

Накопленная информация об экологии иваси, промысловая статистика, ежегодные работы по учету потомства, проводящиеся советскими и японскими исследователями по согласованной программе, гарантируют, что будущее снижение численности этой сардины уже не вызовет недоумений и, главное, не застанет врасплох промысловиков, как это бывало раньше: не нужно будет осадчать и готовить корабли к пугине, затрачивая при этом немалые суммы.

⁶ Шунтов В. П., Васильков В. П.— Вопросы ихтиологии, 1981, т. 21, вып. 6; 1982, т. 22, вып. 2.

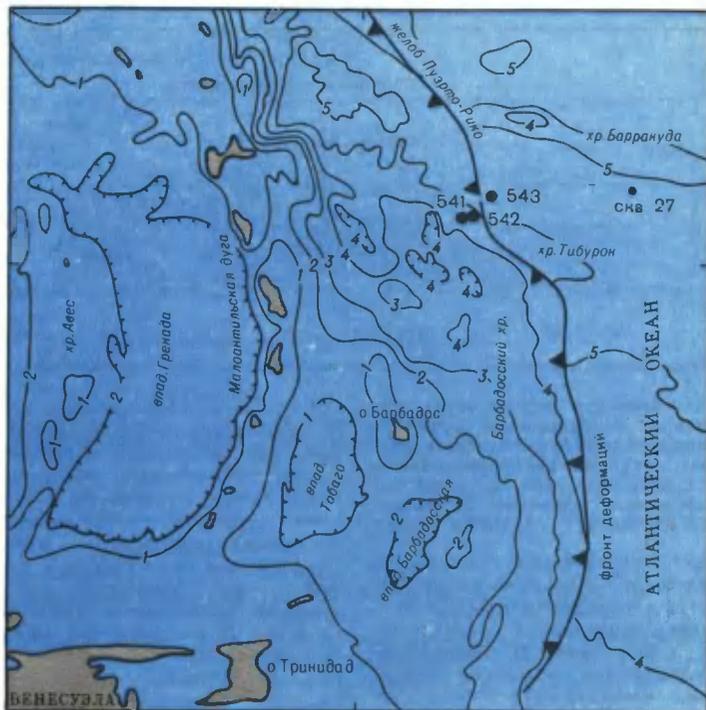
Бурение скважин на подножии Малых Антильских островов (рейс 78А «Гломара Челленджера»)

А. Е. Сузюмов,
кандидат геолого-
минералогических наук
Москва

Рейс 78А, как и предыдущая экспедиция, был посвящен проблеме активных континентальных окраин¹. Основное внимание участники экспедиции сосредоточили на изучении непосредственно зоны перехода от ложа Атлантического океана к островной дуге в области Малых Антильских о-вов. Рейс начался 11 февраля 1981 г. в г. Сан-Хуан (Пуэрто-Рико) и завершился 12 марта там же. Его руководителями были Б. Бийю-Дюваль (Французский институт нефти) и Дж. Мур (Университет штата Калифорния, США).

В структурном отношении исследованный район чрезвычайно интересен. Пуэрто-Риканский глубоководный желоб, отделяющий Малоантильскую дугу от ложа океана, здесь круто разворачивается к югу и выклинивается (см. карту), а на его продолжении возникает крупный фронт тектонических деформаций. Согласно теоретическим расчетам, подвиг Южно-Американской плиты под островную дугу происходит в западном направлении со скоростью 2 см/год. Однако геологических доказательства подвига одной плиты под другую до сих пор в этом районе не было получено.

Внешней, или осадочной, грядой Малоантильской дуги является неотчетливо выраженный в рельефе дна Барбадосский хребет. Геофизическими исследованиями установлено, что породы, слагающие ложе океана, прослеживаются под островной дугой (см. схему разреза). Зона подвига имеет довольно сложное строение. Для полосы шириной не ме-



Расположение скважин.

нее 30 км характерно хаотическое нагромождение осадков, складчатость, многочисленные разрывные нарушения. Под хаотическим комплексом залегают осадки с нормальной слоистостью, они прослеживаются из-под Барбадосского хребта в океан.

Как следует интерпретировать хаотическое строение осадочной толщи? Являются ли осадки продуктами сноса с островной дуги или же это океанские осадки, которые в процессе подвига плиты «соскребаются» островной дугой, в результате чего образуется так называемая аккреционная призма — Барбадосский хребет? Но почему «соскребаются» только верхний слой осадков, а нижележащие «ныряют» под островную дугу? Эти основные

вопросы и стояли перед участниками рейса. Для ответа на них необходимо было исследовать природу хаотического осадочного тела.

С этой целью были пробурены три скважины (см. табл. 1): две — на склоне Барбадосского хребта в зоне тектонических деформаций (скважины 541 и 542) и одна (543) — на ложе океана в 3,5 км к востоку от этого фронта.

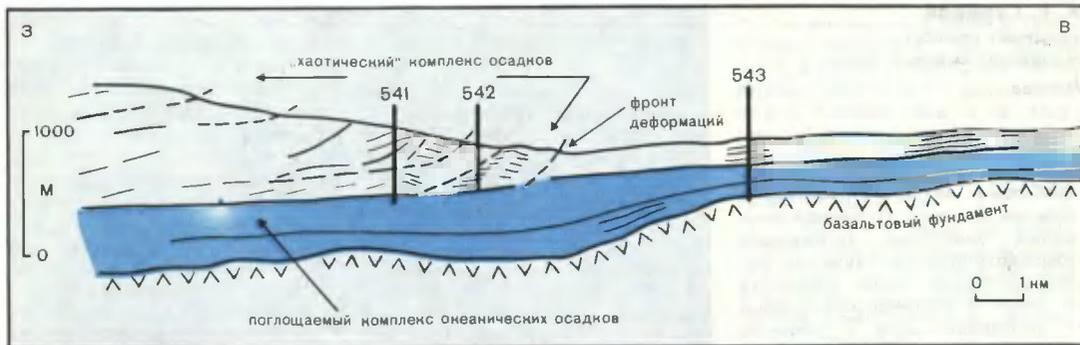
Скважина 543 вскрыла полный разрез осадочного чехла и достигла фундамента, сложенного типичными океаническими толентовыми базальтами с характерной подушечной отдельностью. Осадки, перекрывающие базальты, относятся по возрасту к позднему мелу (кампану), т. е., как и предполагалось по магнитным аномалиям, они образовались примерно 70 млн лет назад. Эти осадки обогащены рудными веществами, что является характерным

¹ JOIDES Journal, 1981, v. VII, № 2, p. 10.

признаком их образования вблизи древней рифтовой зоны. Осадки, накопившиеся над базальтами, отлагались в более мелководных условиях, чем лежащие выше. Как известно, при раздвижении плит происхо-

бурена непосредственно за фронтом тектонических деформаций у основания Барбадосского хребта. Вскрытая толща интенсивно дислоцирована (в особенности в нижней части разреза). Скважина почти пол-

ную глубину, при которой накапливались осадки. Связывается это с двумя причинами: либо изменилась глубина, критическая для накопления карбонатного материала (ниже которой он растворяется), либо,



Сейсмический разрез через подножие Барбадосского хребта и окраину ложа Атлантического океана, показывающий проникновение скважин 541—543 в различные комплексы осадочных отложений. По вертикали — глубина в метрах.

дит постепенное увеличение глубины океана, что и фиксируется в осадочном разрезе. Разрез, вскрытый скважиной 543 (см. табл. 2), показывает, что с конца мела и до середины миоцена (15 млн лет назад) накопление осадков происходило в условиях открытого океана, где отсутствовали источники терригенного и вулканогенного материала, т. е. континенты или островные дуги. Только в неогене, в особенности в плиоцене, близость источника вулканического материала стала заметной. С позиций теории тектоники литосферных плит это интерпретируется как свидетельство более близкого расположения исследуемой части плиты к Малоантильской дуге. Скважина 542 была про-

ностью прошла зону хаотического комплекса осадков, которые, как оказалось, образовались в глубоководных условиях. Исследования показали, что в этих осадках органического материала содержится мало (по величине сопоставимо с содержанием в океанских отложениях). Терригенные турбидиты в них отсутствуют (их наличие могло бы свидетельствовать о близости островного склона), однако в разрезе встречаются фораминиферо-нанопланктонные градационные слои.

Разрез показывает, что с плиоцена и до наших дней накопление осадков происходило на сравнительно небольших глубинах: выше критической глубины карбонатонакопления (т. е. выше 4,5 км). В миоцене обстановка седиментации была другой: в осадках отсутствует карбонатный материал, раковины планктонных организмов редки и имеют плохую сохранность, что указывает на боль-

шее, это вызвано тектоническими движениями в зоне субдукции, т. е. поднятием в плиоцене окраины островной дуги.

Специальный геофизический эксперимент показал, что в основании хаотического комплекса осадков давление значительно превышает вес вышележащих осадков. Это связано, вероятно, с тем, что в зоне субдукции существует дополнительное, так называемое литостатическое давление, которое вызывается поддвигом одной плиты под другую.

Скважина 541 была расположена недалеко от скважины 542, немного выше по склону Барбадосского хребта, в 3,5 км к западу от фронта деформаций. Эта скважина достигла зоны субдукции в основании хаотического комплекса и вошла в верхнюю часть ненарушенных океанских осадков. Возраст последних оказался раннемиоценовым, тогда как выше залегают четвертичные-позднемио-

Скважины рейса 78А «Гломара Челленджера»

Таблица 1

№ скважины	Координаты		Глубина океана, м	Глубина скважины, м	Выход зерна, %
	с. ш.	з. д.			
541	15°31,2	58°43,7	4940	459	87,3
542	15°31,2	58°42,8	5016	325,5	79,1
543	15°42,7	58°39,2	5633	455	70,5

Характеристика разрезов в скважинах 541—543

Горизонт, м	Состав пород	Возраст	Скорость накопления осадков, м/млн лет
СКВАЖИНА 541			
0—215	нанопланктонные илы, мергелистые нанопланктонные илы, мергелистые фораминиферовые илы с прослоями пеплов	от четвертичного до позднего миоцена	40 13
----- срыв -----			
215—276	глинистые сланцы	ранний миоцен	1
----- срыв -----			
276—450	нанопланктонные илы и аргиллиты	от позднего плиоцена до среднего (!) миоцена	
----- срыв в зоне поддвига океанической плиты -----			
450—459	радиоляриевые аргиллиты	ранний миоцен	13
СКВАЖИНА 542			
0—240	мергелистые нанопланктонные илы и фораминиферо - нанопланктонные илы с прослоями пеплов	от четвертичного до плиоцена	45—60
240—325	глины с прослоями пеплов	поздний миоцен	15
СКВАЖИНА 543			
0—8	глины с вулканическим пеплом	четвертичный	20
8—68,5	нанопланктонные глины с прослоями пеплов	плейстоцен — ранний плиоцен	13—15
68,5—174	глины с прослоями пеплов	ранний плиоцен — ранний миоцен	6—7
174—322	радиоляриевые глины с мелкими прослоями пеплов в верхах	ранний миоцен — ранний эоцен	7
322—379	цеолитовые глины и глинистые сланцы	ранний эоцен — поздний мел	17
379—409	известковые оруденелые глинистые сланцы	маастрихт — кампан	2,3
409—455	толеитовые базальты	кампан (!)	

оценовые осадки (см. табл. 2). В хаотическом комплексе, как и в предыдущей скважине, зафиксированы значительные углы наклона слоев осадков, включая перевернутые складки, а также разрывы, поверхности скольжения, чешуйчатое расслоение осадков и другие формы тектонических нарушений, которые указывают на интенсивные процессы деформаций осадочного слоя, протекающие в этой зоне. Свидетельством сложных тектонических преобразований, происходящих в зоне поддвига литосферных плит, является также высокий тепловой поток и аномально высокие температуры на небольшой глубине в скважине.

Скважины 541 и 542 дают возможность изучить историю вулканической активности Мало-антильской дуги. Оказалось, что своей кульминации она достигла в раннем плиоцене; в позднем плиоцене наступило затишье, а в четвертичный период произошло новое резкое усиление вулканической деятельности. Вероятно, это может свидетельствовать о неравномерности поддвига плиты во времени, и колебания в вулканической активности отражают сложный характер этого процесса.

Сопоставление разрезов скважин 541 и 542, с одной стороны, и 543 — с другой, привело участников экспедиции к выводу, что осадки подно-

жия Барбадосского хребта образовались на ложе океана и в ходе поддвига плит соскребались с поверхности дна. На это указывает очень близкое сходство разрезов подножия дуги и ложа океана. Отличием же являются более высокие скорости накопления осадков на Барбадосском хребте по сравнению с открытым океаном (см. табл. 2). Соскребание осадков, по предположению участников рейса, проходило по горизонту богатых смектитом пластичных глин среднего-верхнего миоцена. Часть осадочного разреза, залегающая ниже этого горизонта, вместе с базальтовым фундаментом уходила под островную дугу.

ДАРВИНИЗМ ВЧЕРА И СЕГОДНЯ

В 1982 г. биологи всего мира отмечают 100-летие со дня смерти одного из самых великих коллег — Чарлза Дарвина. Вряд ли в истории биологии можно назвать какой-либо другой рубеж, который был бы равен по значению году появления «Происхождение видов» Ч. Дарвина. Дарвину как ученому очень повезло. К 1859 г. биология не только была готова к восприятию эволюционной теории: она, можно сказать, уже ждалась этой теории. Поэтому идеи Дарвина сразу же получили широчайшую известность, вызвали острейший интерес и дискуссии.

И хотя антиэволюционистов теперь в науке нет, но различные варианты «недарвиновской» эволюции непрерывно предлагаются и обсуждаются. «Недарвиновские» эволюционисты отвергают основное ядро теории Дарвина: отрицают ведущее значение естественного отбора и поэтому неизбежно приходят и к отрицанию адаптивного характера эволюции, и к попыткам преуменьшить роль дивергенции и выдвинуть на первый план конвергенцию.

Странная вещь логика! Казалось бы, чего проще сделать из простых общеизвестных фактов логическое заключение. Особенно ученому в науке. И, однако, чтобы подойти к простым логически очевидным заключениям, науке нужны десятилетия. Как уже давно установлено¹, Мендель пришел к своим законам чисто логическим путем, а опыты со скрещиванием гороха поставил только после, чтобы проверить свои заключения. И тем не менее, сколько десятилетий законы Менделя игнорировались или оспаривались! Логическим путем пришел к отрицанию «наследования приобретенных признаков» А. Вейсман (хотя для проверки тоже поставил знаменитый эксперимент с отрубанием хвоста мышам во многих последовательных поколениях). Но простая логика, без всяких экспериментов показывающая справедливость тезиса Вейсмана, еще и через 100 лет, сейчас, до понимания многих биологов не дошла.

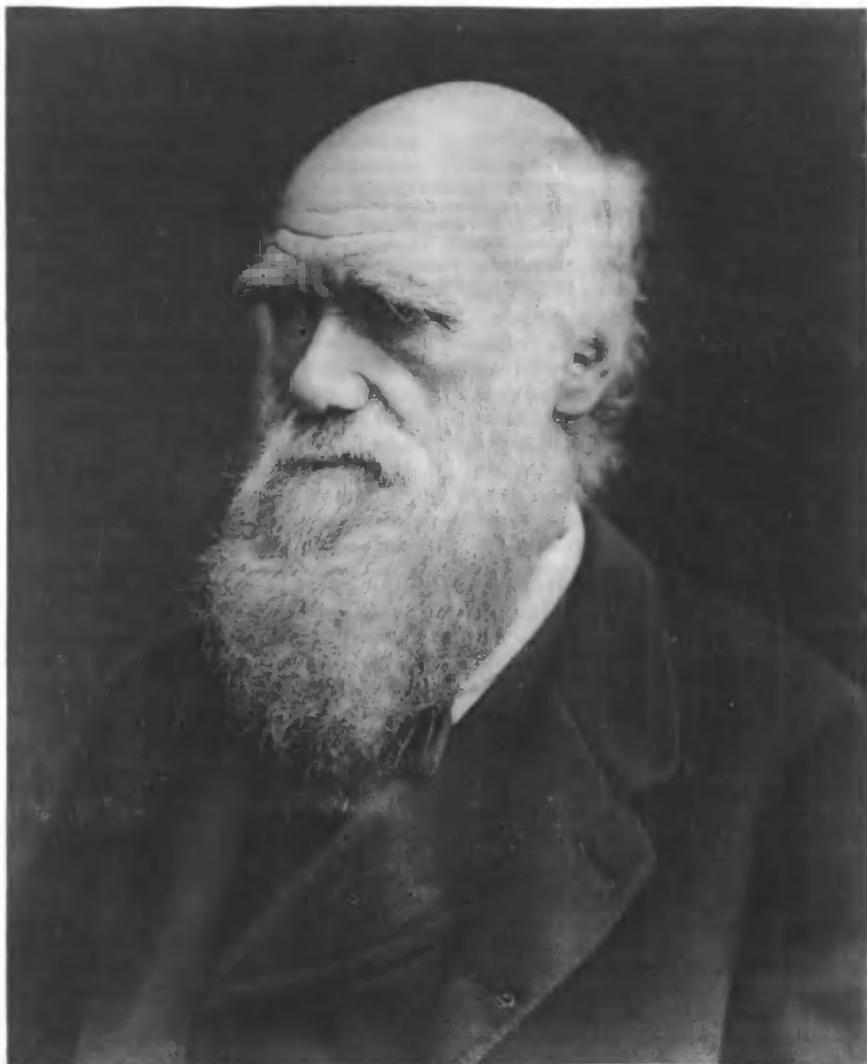
Да и что такое естественный отбор и адаптивная эволюция с логической точки зрения! Поставим простой вопрос: может ли быть, чтобы организмы с любыми, самыми разнообразными признаками и свойствами были в любой мысли-

мой среде обитания все в одинаковой мере жизнеспособны! Всякий, кто имеет хоть самое поверхностное представление о живой природе, конечно, скажет, что такого быть не может. Но ведь отсюда уже чисто логически следует (если, конечно, признавать, что эволюция вообще существует) неизбежность и отбора, и адаптивного характера эволюции, и нарастания разнообразия (т. е. дивергенции). Однако сторонникам «недарвиновской эволюции» эта простая логика, очевидно, недоступна.

Живой мир бесконечно разнообразен. Возрастает ли в процессе эволюции это разнообразие или, наоборот, сокращается! Если мы предположим, что возрастает (т. е. что имеет место дивергенция), это позволит объяснить происхождение теперешнего многообразия из меньшего числа живших ранее более простых форм. Если же мы предположим, что разнообразие сокращается (конвергенция), то, значит, чем дальше в глубину прошлых эпох, тем разнообразие должно было быть больше; максимальным и число живых форм, и их сложность, очевидно, должны были быть в момент самого возникновения жизни на Земле. Как же это конкретно могло выглядеть! Вряд ли иначе, нежели как внезапное сотворение! Логика опять элементарно проста — но до сторонников «конвергентной эволюции», похоже, не доходит. Убедят ли их экспериментальные данные!

В этом номере публикуются статьи, посвященные дарвиновской теме. В статье Б. М. Медникова рассматривается вероятность конвергентной и дивергентной эволюции с позиций молекулярной биологии. О развитии генетики и дарвинизма в нашей стране, о двух выдающихся эволюционистах — Ю. А. Филипченко и Н. И. Вавилове — читатель узнает из статьи ленинградского генетика И. А. Захарова. В статье Ю. В. Чайковского сделана интересная попытка исследовать, как Дарвин шел [хронологически, психологически и логически] к своей теории. Разумеется, ни авторы ни редакция не претендуют ни на исчерпывающую полноту обсуждения, ни на то, что эти статьи выражают последнее и окончательное суждение. Уже само различие вопросов, которым посвящены статьи, показывает широту и неисчерпаемость дарвиновской темы.

¹См.: Орел В. Как родилась теория Менделя. — Природа, 1972, № 5, с. 67.



Чарлз Роберт ДАРВИН (12.II.1809 — 19.IV.1882)
Фото 1882 г.

Дарвиновский принцип дивергенции и молекулярная биология

Б. М. Медников



Борис Михайлович Медников, доктор биологических наук, старший научный сотрудник Межфакультетской проблемной научно-исследовательской лаборатории молекулярной биологии и биоорганической химии им. А. Н. Белозерского Московского государственного университета. Занимается проблемами молекулярной и эволюционной генетики и общей биологии.

Уже К. Линней, создатель первой пригодной системы растений и животных, заметил, что организмы по сходству можно сгруппировать во множества. Так, близкие виды можно объединить в один род. В современных системах роды объединяются в семейства, семейства — в отряды (или порядки у растений), отряды — в классы, классы — в типы и т. д., вплоть до царств. Например, все разнообразие породы домашней собаки объединяются в вид *Canis familiaris*. Вместе с волком, шакалом, койотом и динго собака составляет род Собака (*Canis*). Этот род вместе с родами Лисица, Фенек и рядом других образует семейство Собачьих. Семейства Собачьи, Медвежьи, Енотовые, Куньи, Гиеновые, Виверровые, Кошачьи слагают отряд Хищных, класса Млекопитающих и т. д.

Сто лет спустя Ч. Дарвин писал: «...наши классификации предполагают связь более глубокую, чем простое сходство... общность происхождения, единственная известная причина близкого сходства организмов, и есть та связь между ними, которая частично раскрывается перед нами при помощи классификаций...»¹ Иными словами, Дарвин пришел к выводу, что виды

одного рода — изменившиеся потомки единого вида-предка, или, как образно он писал, представляя живую природу в виде растущего дерева: «Зеленые ветви с распускающимися почками представляют живущие виды, а ветви предшествующих годов соответствуют длинному ряду вымерших видов»².

Но если это так, то каждая естественная группа (не будем вспоминать об искусственных группировках старых систем, в которых киты объединялись с рыбами, а морские звезды с медузами) представляет потомков одного вида? Да, и в этом заключается принцип монофилии — происхождения всех форм живой природы от единого корня. Вернемся к тем же хищным. Около 65 млн лет назад существовало семейство своеобразных примитивных млекопитающих арктоционид, или медведесобак. Один из родов медведесобак — *Protogonodon* объединял виды, одни из которых чертами строения напоминали современных хищных, а другие — копытных (хотя конечно, не были ни теми, ни другими). Так вот, из этого рода палеонтологи согласно выводят 240 современных видов хищных, 30 — ластоногих, 16 — непарнокопытных, 200 — парнокопытных и еще 86 видов

¹ Дарвин Ч. Происхождение видов. М.—Л., 1937, с. 622.

² Там же, с. 197.

китообразных, которые произошли от древних копытных после того, как те отделились от хищников. Не забудьте еще, что современное богатство потомков одного рода медведесобак — лишь жалкие остатки прежнего многообразия (одних вымерших непарнокопытных палеонтологи насчитывают более 600 видов). Но ведь сам род *Protogonodon* происходит от одного предкового вида — значит, тысячи видов пяти отрядов ведут начало от одного корня! Тигр и олень, дельфин и жирафа, лошадь и хорек — насколько они разнятся между собой! — и все-таки остаются родственниками. Продолжая нить этих рассуждений, мы увидим в более отдаленном прошлом единого предка всех млекопитающих, еще раньше — всех хордовых, а там и предка всех эукариот³ — организмов, клетки которых имеют оформленное ядро.

Это так называемый принцип дивергенции, расхождения признаков форм, ведущих происхождение от единого предка. Однако далеко не все так думали. Уже современники Дарвина указывали, что сходство форм может быть обусловлено противоположным процессом — конвергенцией, схождением признаков неродственных форм в результате влияния одинаковых внешних условий или иных, неведомых нам причин.

В таком случае любая группа — вид, род, семейство и т. д. может состоять из неродственных друг другу форм, возникать путем полифилии, многократно, в разных местах. У нас наиболее последовательным сторонником такой концепции был крупный ихтиолог Л. С. Берг. Строго говоря, теория естественного отбора не запрещает полифилию, она лишь считает ее маловероятной (правда, только сейчас мы стали понимать, насколько она маловероятна!). Дарвин писал: «...было бы крайне опрометчивым, если бы мы вздумали приписать конвергенции общее сходство и близкое строение у изменившихся потомков очень далеко отстоящих одна от другой форм... Невероятно, чтобы потомки двух организмов, первоначально резко между собой различавшихся, могли сблизиться в такой степени, которая привела бы к

почти полному тождеству всей их организации»⁴.

Дарвин прав: говорить всерьез о могуществе конвергенции не приходится, и спутать конвергентные формы можно лишь при обзоре их «с птичьего полета». Вот хороший пример — угадайте животное по такому описанию: «Средних размеров четвероногого млекопитающее с длинным хвостом, хищное, голос похож на собачий лай, нападает на овец, одолевает собак, но остерегается человека». Волк? Шакал? Нет, — это описание сумчатого волка, ранее бывшего владыкой австралийских равнин, а теперь, похоже, вымершего в своем последнем убежище — Тасмании. Однако, если мы дополним описание, сказав, что животное рождает недоношенных детенышей (потом донашивает их в открывающейся назад сумке, поддерживаемой специальными косточками таза) с задними концами нижней челюсти, загнутыми внутрь, то ошибки уже не будет. Ни один зоолог не спутает сумчатых кротов, белок, летяг и муравьедов с их «обычными», плацентарными аналогами. А вот сходство по этим признакам у столь различных по внешнему виду австралийских животных нельзя объяснить иначе, как родством. Сумчатые в меловом периоде обитали по всей Земле, но сохранились только в Америке, откуда и пришли в Австралию через Антарктиду. Самые примитивные из них — опоссумы и ценolestы обитают как раз в Южной Америке. Но прежде там жили сумчатые, не менее специализированные, чем в Австралии. Пример тому — хотя бы череп сумчатого саблезубого тигра из отложений Аргентины, который был наилучшим образом приспособлен для добычи пищи — крупных травоядных. У «настоящих», плацентарных саблезубов клыки были «наголо», как, например, у смилодона из Калифорнии. У сумчатого тилакосмилуса разбивались выросты на нижней челюсти — своеобразные ножны, защищающие клыки при закрытой пасти.

Нападки антидарвинистов на принцип монофилии привели к тому, что некоторые эволюционисты стали его как бы стыдиться, перестали утверждать, что все организмы произошли от одной родительской формы, приводя в пример тот же род *Protogonodon*: ведь от одних его видов произошли копытные, от других — хищные. Да, но сам-то род, согласно Дарвину, ведет начало от одного предка! Исходная форма просто сдвигается назад, в прошлое.

³ Эукариоты мы печатаем по просьбе автора. Согласно традициям русской орфографии (совершенно правильной с лингвистической точки зрения) греческий дифтонг «ев» и соответствующий ему латинский «eu» по-русски должны передаваться сочетанием «эв» или «ев» (Европа, Евгения, эвкалипт, эвристика), допустимы и сочетания «ей» и «эй» (нейрон, эйфория). — Прим. ред.

⁴ Дарвин Ч. Происхождение видов, с. 191.

ВОЗМОЖНА ЛИ МОЛЕКУЛЯРНАЯ КОНВЕРГЕНЦИЯ?

Однако окончательно принцип конвергенции был развенчан лишь тогда, когда мы стали изучать жизнь на молекулярном уровне. Тут же выяснилось, что на этом уровне конвергенция попросту отсутствует. Причины этого понятны. Нуклеотидная последовательность достаточно большой протяженности, соответствующая одному гену средней величины, на протяжении эволюции претерпевает разнообразие изменения (мутации). Число ее вариантов для гена в 300 нуклеотидов — около 10^{130} (!) — не могло бы уместиться в триллионах Вселенных. Известные сейчас последовательности нескольких сот генов позволяют убедиться, что распределение в них нуклеотидов близко к случайному, а вероятность конвергентного возникновения одинаковых нуклеотидных последовательностей для эквимольной ДНК, в которой количество пар Г — Ц (гуанин — цитозин) и А — Т (аденин — тимин) одинаково и равно $\left(\frac{1}{4}\right)^n$, где n — число нуклеотидов в ДНК. Для $n=50$ эта вероятность близка к 10^{-51} .

Из этого следует, что каждая нуклеотидная последовательность достаточной протяженности может появиться в процессе эволюции только один раз. Этот принцип имеет в эволюционной генетике такое же значение, что и второе начало термодинамики в физике и, кстати, является его следствием. Анализируя механизмы молекулярно-генетических процессов, В. А. Ратнер делает вывод: «...обнаружение у представителей двух удаленных таксонов хотя бы одного сходного цистрона (последовательности ДНК, кодирующей белок) или одного белка служит достаточным доказательством их совместного происхождения путем дивергенции от общего предка»⁵.

Сейчас, когда разработаны приемы расшифровки нуклеотидных последовательностей ДНК и РНК и аминокислотных последовательностей в белках, изучение родства между организмами самых разных систематических категорий — от фагов до человека — пошло «семимильными шагами». Уже первые «родословные древа», построенные по степени дивергенции различных белков — гемоглобинов, цитохромов с и других — показали справедливость

принципа монофилии, происхождения жизни от одного корня. Однако сторонники полифилии выдвинули два новых возражения (вернее, воскресли два старых).

Одно из них — якобы широко распространенный в природе гибридогенез, возникновение новых форм путем слияния двух старых, причем большой систематической отдаленности. Эта точка зрения не нова. В средние века всерьез предполагали, что жирафа возникла в результате скрещивания верблюда с леопардом, а страус — от скрещивания того же верблюда с воробьем. Сейчас столь «смелые» гипотезы не выдвигаются, да и межвидовых гибридов, ставших родоначальниками новых видов животных, практически не обнаружено. У растений иное дело: у них известны случаи стабилизации гибридов путем удвоения числа хромосом — амфилоидии; однако и здесь значение этого явления для эволюции в гораздо большей мере предполагается, чем достоверно обосновано. Следует подчеркнуть, что во всех подобных примерах речь идет о слиянии близких видов, ведущих происхождение от не столь уж далекого предка. Спускаясь вниз по лестнице поколений, мы опять приходим к монофилии — исключение подтверждает правило. Будь межвидовой, межродовой и т. д. перенос генетической информации широко распространен в природе, мы бы не имели столь четких родословных деревьев (филем) для изученных в этом отношении цистронов. Примером может быть филема широко распространенного в живой природе белка — переносчика электронов цитохрома с⁶. Не господствует в природе принцип дивергенции, мы бы получили вместо филемы сетку из пересекающихся филетических линий.

Некоторое оживление вызвали у сторонников полифилии открытые у прокариот пути неполного переноса генетической информации. Это трансформация — передача кусочка ДНК от одной бактерии к другой — и трансдукция — перенос генов вирусами и плазмидами (бактериофагами, ставшими симбионтами бактерий). Возникла смелая картина, в которой вирусы переносят гены от одного организма к другому, не обращая внимания на его систематическую принадлежность. Наиболее последовательные сторонники полифилии перенесли ее и на мир ядерных организмов — эукариот.

⁵ Ратнер В. А. Принципы организации и механизмы молекулярно-генетических процессов. Новосибирск, 1972, с. 305.

⁶ Антонов А. С. Исследования биополимеров в систематике высших растений. — Природа, 1981, № 3, с. 2.

Такую полифилию эукариот скорее можно отнести к категории ненаучной фантастики. Да, в вирус можно встроить чужой ген, можно перенести его и в геном другого организма. Но следствие этого, как правило, — блокировка того гена, в последовательность которого встроился вирус. Достоверные факты трансдукции у эукариотных организмов не известны, и по-видимому, это не случайно. У высших животных в природе такой путь генетической рекомбинации отсутствует. Однако рыбам и амфибиям можно пересаживать ткани и органы особой других видов, у млекопитающих подобные пересадки удаются лишь у однояйцевых близнецов. Прогрессивная эволюция была неизбежно связана с возрастанием индивидуальности, охраны свойств каждой отдельной особи в популяции.

А у бактерий? У многих из них описан своеобразный процесс передачи генного материала (конъюгация). Любопытно, что он не ограничивается рамками вида, а может осуществляться между представителями разных, хотя и близких родов, например между кишечной палочкой человека, дизентерийной палочкой и бактерией мышинного тифа. Для медицины, несомненно, важны случаи, когда ген холерного токсина переносится плазмидой от холерного вибриона к кишечной палочке или же ген устойчивости к антибиотикам — к возбудителю чумы, палочке Иерсена. Но от этого палочка не превращается в вибрион. Переносится-то только один ген из нескольких тысяч, для полифилии этого явно недостаточно. Никакого особого затруднения подобные случаи у систематиков бактерий не вызывают. Просто нужно учитывать сходство и различия не одной, отдельно взятой нуклеотидной последовательности ДНК, а многих, по возможности всех. Так и поступают исследователи, применяя метод молекулярной гибридизации ДНК.

Второе возражение, выдвинутое антидарвинистами, — возникновение новых форм путем симбиогенеза. Классический пример тому — лишайник. Из слияния гриба и водоросли возникает новый организм — вроде бы типичная полифилия, вернее, дифилия, возникновение от двух корней.

При этом почему-то не учитывается, что геномы симбионтов не сливаются, а существуют из поколения в поколение раздельно. Водоросль какого-либо вида может существовать в симбиозе со многими грибами, как и любой лишайникообразую-

щий гриб — с разными водорослями: чаще всего с зелеными, реже — с желто-зелеными или сине-зелеными (цианобактериями). Если с экологической точки зрения лишайник можно рассматривать как единый организм, то с генетической — лишь как предельно упрощенный, состоящий только из двух членов, биоценоз. Мы, конечно, можем и должны изучать происхождение и эволюцию биоценозов, но не следует их путать с организмами. Это явления разного порядка, относящиеся к разным ярусам организации биосферы.

В тех случаях, когда симбионты по уровню отличаются, затруднений, как с лишайником, вообще не возникает. Жвачные животные — удачный пример симбиоза млекопитающих с бактериями и простейшими, обитающими в переднем отделе их сложного желудка — рубце. Фактически корова питается не травой, сеном, силосом и прочими продуктами, богатыми клетчаткой, а продуктами переработки этого корма микроорганизмами, да и самими микроорганизмами. Было бы, однако, ошибкой считать, что коровы имеют полифилетическое происхождение. Генетические системы членов симбиоза эволюционируют раздельно.

Итак, организмы с оформленным ядром и половым процессом (эукариоты) монофилетичны, имеют общий корень. Об этом ясно свидетельствуют гомологии в нуклеотидных последовательностях многих генов. А как же прокариоты — бактерии — эти простые организмы в форме палочек, шариков, спиралей, возникшие первыми на Земле? Не появились ли какие-либо их группы независимо друг от друга, полифилетично?

МОНОФИЛИЯ У ИСТОКА ЖИЗНИ

Именно так считали некоторые сторонники полифилии, опираясь на последние открытия в структуре рибонуклеиновой кислоты (РНК) метанобразующих бактерий. Эти микроорганизмы, выделенные из болотных и морских илов и рубца жвачных животных, были известны уже давно. Тем больший интерес вызвало открытие того факта, что они имеют очень мало гомологий в рибосомной РНК с другими микробами, так что их сразу повысили в ранге, выделив в группу архебактерий (древних бактерий), равноценную про- и эукариотам. Некоторые исследователи уже заговорили о независимом возникновении архебактерий, иными словами, бифилетичности жизни.

К архебактериям мы еще вернемся; пока же рассмотрим проблему рибосомной РНК (рРНК). Белоксинтезирующие аппараты клетки — рибосомы — общи для всей живой природы. Они морфологически состоят из двух субъединиц — большой и малой, а химически это комплексы из трех молекул РНК и нескольких десятков молекул белка с рядом низкомолекулярных веществ (ионов металлов, полиаминов). В рибосомах прокариот, например, три молекулы РНК, отличающиеся по молекулярному весу — 23S, 16S и 5S рРНК⁷.

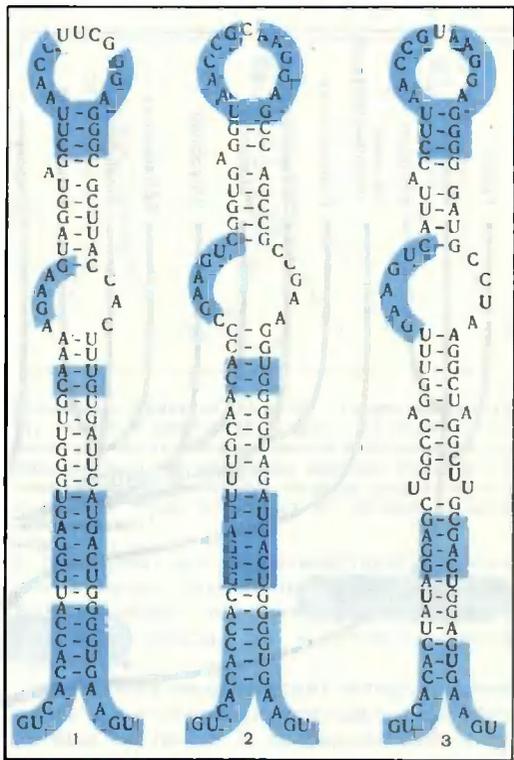
Последовательность нуклеотидов в цепочках многих 16S и 5S рРНК полностью или частично расшифрована. Часто изучают дивергенцию рРНК или кодирующих их генов по данным молекулярной гибридизации ДНК-рРНК: чем больше дивергировали последовательности, тем менее стойкие к повышенной температуре гибридные дуплексы они образуют. Оказалось, что рРНК у самых разнообразных организмов удивительно схожи, а значит, гены их весьма консервативны. Близкие последовательности рРНК найдены у про- и эукариот. Есть эти гомологии и в рРНК архебактерий, что свидетельствует не о полифилизме архебактерий и истинных бактерий, а о крайне раннем отвлении первых от общего ствола.

Посмотрите, как сложно устроена 16S рРНК кишечной палочки. Эта картина была получена американскими авторами во главе с К. Везе следующим образом: после того как последовательность нуклеотидов в РНК была определена химическими методами, ЭВМ рассчитала наиболее термодинамически устойчивую вторичную структуру. Наиболее устойчивую — т. е. с максимумом двунитчатых участков, наибольшим числом водородных связей между парами Г — Ц и А — У (аденин — урацил). На рисунке эта структура сплющена в двух измерениях, как растение в гербарии, на деле она трехмерна и существует в клетке в комплексе с 16 — 20 молекулами белков. Как она работает, мы еще не знаем.

Оказалось, что наиболее стабильна в процессе эволюции вторичная структура — мозаика из петель и шпильчатых двунитчатых участков. Первичная структура, т. е. последовательность нуклеотидов, может изменяться. Особенно консервативны одностчатые участки, слагающие петли: двунитчатые, образующие шпильки, эволюционно более лабильны. В одной из спи-

лек 16S рРНК кишечной палочки, *Bacillus brevis* и хлоропластов ряски есть гомологичные последовательности — знак общности происхождения — и различающиеся — следствие дивергенции.

Вероятность конвергентного возникновения столь сложных структур граничит с чудом. Поэтому к идее монофилии жизни, единого происхождения прокариот, эукариот и архебактерий в конце концов пришли все исследователи. Этого мало: опираясь на данные по гомологиям ДНК,



Одна из шпильчатых структур 16S рРНК кишечной палочки (1), *Bacillus brevis* (2) и хлоропластов ряски (3). Хорошо видны гомологичные участки этих структур (выделены цветом) — знак общности происхождения организмов. Другие же участки, имея сходную вторичную структуру, различаются первичной. Такие различия и есть следствие дивергенции.

РНК и белков ныне живущих организмов, «молекулярные палеонтологи» смело углубились в допалеозойские времена, реконструируя родственные отношения, возникшие более 2 млрд лет назад.

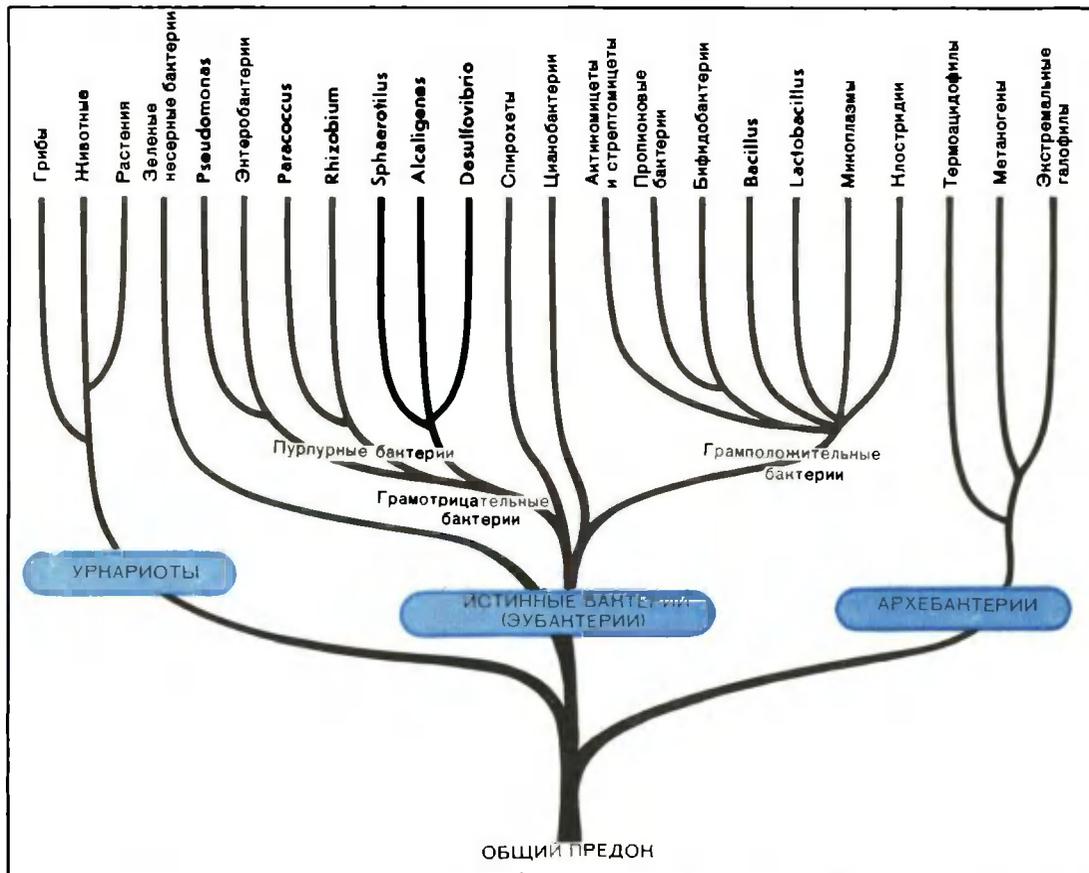
Недавно появилась статья девятнадцати авторов: первым ее подписал

⁷ S — сведберг — единица скорости оседания частиц при центрифугировании.

Дж. Фокс, последним — К. Везе⁸. Начинаясь она словами: «В бактериальной таксономии произошла революция». Действительно, со времени существования микробиологии как науки впервые появилась система микроорганизмов, имеющая право называться естественной, филогенетической. Она основана на результатах исследования структуры 16S рРНК.

Вот как выглядит по самым последним данным родословное древо микроорганизмов. В основе его — общий предок, живший во время, близкое к моменту

сближает не только сходство рРНК, но и ряд других признаков. У архебактерий, например, клеточные стенки не содержат мурамовой кислоты, а транспортные РНК (тРНК) имеют в последовательности характерную петлю из трех оснований — тимин — псевдоуридин — цитозин. Все они — обитатели не очень комфортабельных, с нашей точки зрения, мест: термофилы, населяют горячие (до 100°C) вулканические источники, в которых окисляют серу до довольно крепкой серной кислоты; метаногены, синтезирующие метан из водорода



Филема трех надцарств живой природы (по Фоксу с соавторами; несколько упрощена). Описание в тексте.

возникновения жизни. От него отходят три ветви.

Первая из них, если считать справа налево — группа архебактерий. Всех их

и углекислого газа, благоденствуют в бескислородных илах; а галофилы, независимо от прочих прокарриот освоившие фотосинтез, — в концентрированных растворах хлористого натрия (в соленых озерах, а иногда образуют красные колонии — пятна на крепко посоленной и подсушенной рыбе). Морфологически архебактерии — прокариоты, но от прочих бактерий они отличаются по структуре рРНК настолько резко, что их приходится выделить в отдельное

⁸Фокс G. E. et al.— Science, 1980, v. 209, № 25, p. 457.

надцарство. С точки зрения автора этой статьи, открытие нового надцарства настолько важное событие, что оно сравнимо, скажем, с возможным открытием жизни на Марсе.

Вторая ветвь — истинные бактерии. Скорее, это даже не ветвь, а куст, состоящий из очень рано и почти одновременно дивергировавших эволюционных линий. Из них можно выделить несколько главных.

Грамположительные бактерии, т. е. те, клеточная стенка которых окрашивается по Граму (генцианвиолетом с раствором Люголя), образуют одну большую ветвь, куда входят бациллы и лактобациллы, пропионовые бактерии, актиномицеты и микоплазмы, потерявшие в процессе эволюции клеточную стенку. Раньше их считали самыми древними и примитивными бактериями. На самом деле микоплазмы не естественная группа, а сборная группировка дегенерировавших форм, близких к родам *Vacillus* и *Lactobacillus*. Один из родов микоплазм — *Thermoplasma* — оказался вообще не бактерией, а архебактерией.

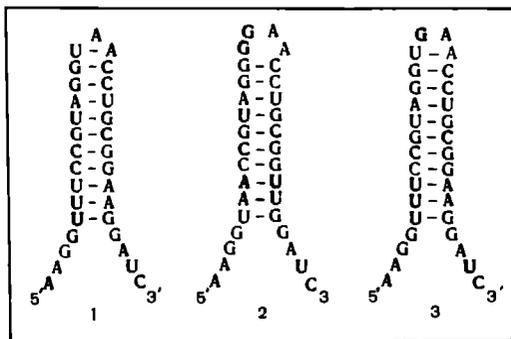
В центре филемы — ветвь цианобактерий («сине-зеленых водорослей»). Эти микроорганизмы не только освоили фотосинтез с фотолизом воды и выделением свободного кислорода, часть из них дала начало органеллам высших растений — хлоропластам.

Левая часть филемы — грамтрицательные, не окрашивающиеся по Граму микроорганизмы — спирохеты, энтеробактерии, пурпурные бактерии, зеленые серобактерии и ряд других.

Маленькая, но интересная группа пурпурных бактерий — фотосинтетики. Некоторые из них синтезируют на свету углеводы и серную кислоту из углекислого газа, сероводорода и воды. Зеленые серные бактерии из близкой группы — строгие анаэробы, в качестве восстанавливающего агента (донора электронов) они могут использовать сероводород или же водород. Все эти фотосинтезирующие организмы в отличие от цианобактерий не выделяют в процессе жизнедеятельности свободный кислород. По-видимому, такой тип фотосинтеза наиболее примитивен и древен среди всех фотосинтетиков. Раньше с этими группами сближали обитающих в соленых озерах галобактерий, которые сейчас относят к другому надцарству — архебактериям. Оказалось, что фотосинтезирующий пигмент у галобактерий — не бактериохлорофилл, а бактериородопсин, похожий на окрашенный белок сетчатки

глаза позвоночных (родопсин или зрительный пурпур). Оба белка из столь разных групп содержат один и тот же пурпурно-красный каротиноид.

Одна из ветвей прокариот — «уркариоты» — некогда вступили в симбиоз с какими-то аэробными бактериями, а некоторые, к тому же, и с цианобактериями. Первые симбионты стали предками митохондрий, а вторые — хлоропластов. В результате симбиоза возникли эукариоты — растения, грибы и животные, в том числе и мы с вами. О нашем родстве



Шпильчатая структура 16S рРНК тутового шелкопряда [1], кишечной палочки [2] и крысы [3]. Видны только очень незначительные отличия их нуклеотидных последовательностей (выделены цветом). Высокая степень гомологии первичных структур свидетельствует о родстве столь различных по уровню развития организмов.

с прокариотами свидетельствуют гомологии в нуклеотидных последовательностях РНК кишечной палочки, тутового шелкопряда и крысы, да и десятки других признаков.

Схема американских авторов, данная здесь с некоторыми упрощениями, далеко еще не полна. В последнее время при помощи электронной микроскопии в воде и почве обнаружено много загадочных микроорганизмов, которых трудно пристроить к какой-нибудь известной группе.

Филогенетические схемы построены сейчас не только по гомологиям в РНК малой субъединицы рибосомы, но и по самой маленькой РНК (так называемой 5S РНК) и таким белкам, как ферредоксины, цитохромы и ряд других. Все эти схемы в общем сходны между собой и свидетельствуют о чрезвычайно раннем расхождении основных стволов от общего предка и глубокой древности ветвей прокариот. То, что мы традиционно называем родами бактерий, по степени генетической дивергенции скорее классы, а то и типы.

МИЛЛИАРДОМ ЛЕТ РАНЬШЕ

Итак, родословная микроорганизмов проясняется. А что было на стадии изначальных клеток? Что их объединяло, что позволяет нам считать их потомками одного вида (если понятие вида применимо к организмам на столь ранней стадии эволюции)? Объединял их, несомненно, генетический код, соответствие триплетов нуклеотидов в ДНК аминокислотным остаткам в белке. Может быть соответствие возникло конвергентно у разных прото-клеток, а общность происхождения тут ни при чем? Однако разберемся в этом подробнее.

Соответствие триплет — аминокислота осуществляется через молекулу транспортной РНК. Небольшие молекулы тРНК (раньше их удачно называли адапторными) присоединяют активированную с помощью АТФ аминокислоту — специфическую для каждой молекулы — и взаимодействуют с РНК матричной (мРНК), информационной. Взаимодействие заключается в том, что триплет, кодирующий в мРНК, например, аминокислоту триптофан (УГГ), образует водородные связи с участком последовательности в тРНК — антикодоном (ЦЦА). Как только кодон и антикодон найдут друг друга, рибосома «пришьет» пептидную связь аминокислоту, принесенную тРНК, к растущему полипептиду. Любопытно, что связи могут быть и нестандартными, вроде Г — Ц и А — У, к которым мы уже привыкли. Например, в антикодонах часто встречается инозин (И) — аденин с отщепленной аминогруппой, — и поэтому антикодоны аланина, валина, серина могут читаться как ИГЦ, ИАЦ, ИГА. Такие связи менее стабильны, чем обычные, канонические, но здесь особая прочность и не нужна, поэтому могут возникать пары Г — У, И — У, И — Ц, И — А.

Важно подчеркнуть, что антикодон в тРНК — просто ярлык, он лишь говорит о том, что эта молекула несет данную аминокислоту, но со свойствами самой аминокислоты не связан. В этом легко убедиться: если обработать комплекс цистеина с цистеиновой тРНК гидрирующим агентом в мягких условиях, то от аминокислоты отщепится SH-группа и цистеин превратится в аланин. Получится противоестественное сочетание тРНК с цистеиновым антикодоном и несвойственной ему аминокислотой.

Белоксинтезирующий аппарат клетки ведет себя как заправский бюрократ: была бы соответствующая «бумажка» (ярлык,

антикодон) — и в белок вместо цистеина включится аланин. Соответствие между триплетом в ДНК и аминокислотой в белке объясняется исключительно причинами исторического порядка. Случайно получилось при становлении кода, что, например, у одной тРНК, лучше связывавшей фенилаланин, оказался антикодоновым участком триплет ГАА, образующий комплементарную пару с триплетом УУУ в мРНК.

Поскольку триплетов в ДНК больше, чем аминокислот в белке, каждой аминокислоте может соответствовать несколько тРНК с разными антикодонами. В противном случае в результате мутаций триплеты оказывались бы бессмысленными. С другой стороны, неточное, неканоническое спаривание антикодона с кодоном позволяет одной и той же тРНК обслуживать не один, а несколько триплетов в мРНК.

Разные триплеты могут кодировать одну и ту же аминокислоту. А могут ли разные аминокислоты кодироваться одним триплетом? Ясно, это привело бы к весьма неточной передаче информации с ДНК на белок. Такой период неоднозначного кодирования, если и имел место при становлении кода, должен был быть непродолжительным. Сейчас подобное явление можно наблюдать лишь в условиях, затрудняющих работу рибосомы (действие антибиотика стрептомицина, высокая температура, изменение концентрации ионов магния и даже этиловый спирт). Рибосома в этих случаях искажает структуру кодона в мРНК и тот может связываться с чуждым антикодоном, из другой тРНК. Результат для клетки печален: синтезируются дефектные белки (на этом основано антибактериальное действие стрептомицина и родственных ему антибиотиков).

Могли ли в процессе эволюции возникнуть несколько кодов с разными соответствиями триплет — аминокислота? Очевидно, могли, но один, наиболее помехоустойчивый, наиболее подходящий для передачи информации с ДНК на белок вытеснил все другие варианты. Этот код и стал практически единым для всего живого.

ЕДИН ЛИ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД?

Значит, монофилия у самого истока жизни? Не будем спешить: прежде всего надо решить вопрос — возможно ли изменение генетического кода уже после того, как он сформировался? Привлечем для ответа аналогию между буквами и теми

звуками, которые они кодируют. Не знаю как читателя, а меня всегда поражал тот факт, что в истории письменности алфавит возник фактически только один раз. Изобрести алфавитное письмо не так уж просто, поэтому чаще знак соответствовал понятию (иероглиф), в лучшем случае — слогу. Япония, например, родина древней великой литературы — но до алфавита японцы так и не додумались. У них письмо слоговое (даже целых две слоговых азбуки!) в сочетании с заимствованными из Китая иероглифами. А вот из древнефиникийского письма возникло древнегреческое буквенное, из того — этрусское и латинское, древнегерманские руны и наша кириллица. По-видимому, и армянский и грузинский алфавит исходят из того же источника. Каждый раз легче было позаимствовать алфавит, чем придумать заново. Конечно, основателям письменности, тем же Кириллу и Мефодию или Месропу Маштоцу приходилось немало потрудиться, переделывая греческое письмо для передачи варварских грубых, шипящих и щелкающих наречий вместо благозвучного общегреческого диалекта. Но каждый раз, возникая, письмо — соответствие звуков буквам — оказывалось удивительно стабильным. Иногда звуки в языке сливались в один (как у нас \bar{z} и e , θ и ϕ) — и алфавит тогда отставал от речи; требовались реформы для орфографии.

Но представим, что просто проведена реформа — букву К нужно читать как П и наоборот. Слово «кот» будет означать «пот», «порок» будет читаться как «корол» и т. д. Письмо утерять свою способность переносить информацию от поколения к поколению, все прежде напечатанные издания будет трудно (если вообще возможно) читать. А если произойдет изменение генетического кода и хотя бы один антикодон в тРНК будет соответствовать другой аминокислоте? Нетрудно догадаться, что и в этом случае утеряется преемственность, возможность передачи информации от поколения к поколению. Каждое подобное изменение кода привело бы к множественным аминокислотным заменам в белках и с высокой долей вероятия было бы смертельным.

Поэтому генетический код, раз возникнув, уже не мог измениться. Но стабильность его все же не абсолютна, не определяется какими-то высшими законами. Просто за каждое изменение пришлось бы платить чересчур дорогой ценой, измеряемой миллионами миллионов жизней. Правда, теперь есть факты, свидетель-

ствующие о том, что по крайней мере в одном случае эта цена оказалась приемлемой.

Энергетические станции эукариотической клетки, в которых идет синтез АТФ, — митохондрии — в последнее время преподнесли нам два сюрприза. Почти общепринято, что эти внутриклеточные структуры — потомки симбиотических аэробных бактерий. В этом убеждает многое: у митохондрий, как и у хлоропластов, свои индивидуальные хромосомы, очень похожие на кольцевые хромосомы бактерий; рибосомы тоже как у бактерий — 70S, а не 80S, как у самих животных и растений; митохондриальные 5S рРНК наиболее сходны с такими же молекулами аэробной фотосинтезирующей бактерии *Rhodospirillum rubrum*; многие изученные сейчас белки по своей структуре близки бактериальным. Родство митохондрий и бактерий подтверждено многими исследователями.

Но: оказалось, что по крайней мере один ген митохондрий дрожжей имеет строение, типичное не для бактерий, а для эукариот. Это ген цитохрома *b*: он содержит несчитываемые участки — интроны, деталь для прокариотных генов совершенно чуждую⁹. Может быть предки митохондрий, какие-то особые прокариоты, такие участки имели?

Возможно, интроны будут обнаружены в генах каких-либо доживших до наших дней зубактерий и архебактерий. Сам принцип вырезания несчитываемого участка из первичного транскрипта — предшественника РНК — им не чужд. Например, у кишечной палочки молекулы 16S и 23S рРНК считываются подряд, без перерыва. Но они разделены участком — транскрибируемым спейсером, который затем образует петлю, и так же, как интрон, его удаляет специальный фермент эндонуклеаза. Следовательно, не исключено, что простая структура гена в ДНК прокариот вторична, их эволюция с самого начала проходила под знаком регресса.

Если у примитивных эукариот — дрожжевых грибов — в генах есть интроны, то геном митохондрий млекопитающих предельно упрощен: в нем интронов нет, сведены к минимуму все служебные участки. Его можно сравнить с телеграфным текстом без заглавных букв и знаков препинания.

Вторая сенсация последних лет — код все-таки оказался не абсолютно еди-

⁹ Природа, 1981, № 6, с. 111

ным. В митохондриях человека триплет УГА соответствует триптофану, а АУА — метионину. У всех прочих исследованных объектов — от вируса до человека — АУА соответствует изолейцину, а УГА — ничему не соответствует. Это терминальный кодон, для которого нет тРНК, и синтез пептида на нем обрывается, он аналогичен пробелу между словами в тексте.

Возникла проблема: если в кодах 2 знака из 64 различаются, можно ли считать их разными кодами, возникшими независимо, как утверждают некоторые сторонники полифилии? Сохранилось ли различие с давних времен, когда протоорганизмы с разными кодами вели борьбу между собой, или же возникло вторично, при становлении симбиоза? Если верно первое предположение, то жизнь, хотя бы отчасти, бифилетична; если второе — монофилия прослеживается вплоть до происхождения жизни. Нет ли при возникновении симбиоза какой-либо особенности, делающей полезной разноточность в коде?

Внутриклеточные симбионты широко распространены в мире эукариот, и во всех случаях обязательного, облигатного симбиоза соблюдается правило: темпы размножения клетки-хозяина и симбионта должны быть согласованы. Если симбионт будет отставать, через несколько делений клетки он потеряется, если же будет обгонять, то в конце концов «задавит» хозяина, из полезного сожителя превратится в паразита и убьет его.

Может ли эукариотическая клетка в росте обогнать митохондрию? Очевидно, нет: ведь темп ее деления зависит от энергии АТФ, возникающей в результате окислительного фосфорилирования в митохондрии. Зато обратный процесс весьма вероятен, но тогда митохондрии, размножаясь в клетке, захватили бы все ресурсы и в конце концов убили бы ее и погибли сами. Получилось бы что-то вроде внутриклеточного рака — тот же несбалансированный рост элементов системы. Во избежание подобной перспективы клетки эукариот используют для ограничения самостоятельности митохондрий по меньшей мере три способа.

1. Некоторые белки, необходимые для жизнедеятельности митохондрий, синтезируются в цитоплазме по генетической программе ядерного генома (это очень широко распространенный в природе прием ограничения «самостоятельности» симбионтов).

2. Митохондриальная ДНК содержит, как недавно установлено, не только де-

зоксирибозы, но и рибозы (по одной рибозе в последовательности примерно через 50 нуклеотидов). Если такая ДНК выйдет в цитоплазму, то, не успев ничего сделать, будет «порезана» на мелкие кусочки клещевыми ферментами — эндонуклеазами.

3. Если матричная РНК митохондрий выйдет в цитоплазму, она не сможет принимать участие в синтезе клеточных белков из-за различий в коде. Растущая белковая цепь будет оборвана на первом же триптофане — ведь в цитоплазме нет тРНК с соответствующим антикодоном, для клетки-хозяина триплет УГА — терминальный.

В целом получается жесткая система, где каждый акт синтеза имеет свое место и свое время и где ничто не опережает и не отстает друг от друга. Только при наследственных нарушениях ее мы можем наблюдать «сбои», приводящие к патологии. Они сейчас усердно изучаются, особенно на простейших системах — дрожжевых митохондриях, где структура хозяина не намного выше структуры симбионта.

Вернемся, однако, к проблеме моно- и полифилии. Все существующие в нашем распоряжении фактические данные и теоретические выкладки свидетельствуют о том, что код все-таки един: митохондрии, хлоропласты, прокариоты и эукариоты имеют один корень. Все многочисленные случаи симбиоза, даже настолько далеко зашедшие, как в нашем примере, не нарушают этого единства. Симбиотические организмы — генетические химеры, в клетках которых сосуществуют несколько геномов, ныне разных, но ведущих происхождение от единого предка. В древней жизни наблюдается не только дивергенция, но и слияние некоторых ветвей, как в родословных царствующих домов. В целом же дивергенция безраздельно господствует в эволюции и опять-таки в силу второго начала термодинамики. Первоначально различные нуклеотидные последовательности в ходе эволюции не могут стать не только одинаковыми, но даже сходными. Совокупность протоклеток с единым генетическим кодом можно трактовать как популяцию первичных организмов, весьма полиморфных по своим фенотипам, но с общим генотипом. Теперь, когда мы научились читать генетическую информацию буквально «с листа», расшифровывая нуклеотидные последовательности отдельных генов, все разговоры об огромной роли конвергенции выглядят анахронизмом.

Генетики и эволюционисты — Ю. А. Филипченко и Н. И. Вавилов

И. А. Захаров,

доктор биологических наук

Ленинград

Юрий Александрович Филипченко и Николай Иванович Вавилов по праву относятся к числу основоположников отечественной генетики. Почти ровесники (Н. И. Вавилов был лишь на 5 лет моложе), с близкими научными интересами, они около 10 лет работали в одном городе. Естественно, что их судьбы тесно соприкасались. В этих кратких очерках я постараюсь осветить личные и научные отношения этих двух замечательных ученых.

СОЗДАТЕЛИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ШКОЛЫ ГЕНЕТИКИ

Филипченко и Вавилов — ученые огромного творческого потенциала. Юрий Александрович Филипченко за 48 лет своей жизни, помимо большой экспериментальной работы, написал 13 книг (не считая многочисленных их переизданий) и ряд брошюр. Он — создатель первой в России кафедры генетики в Петроградском университете, организатор Лаборатории генетики и экспериментальной зоологии Петергофского естественного института и Бюро по генетике Академии наук СССР. Зоолог по образованию и по первым своим работам, Филипченко, стремясь решать фундаментальные вопросы генетики на сельскохозяйственно важном объекте, становится специалистом по генетике растений и выполняет классическую работу на пшенице. Ведя исследования в области описательной и экспериментальной зоологии и экспериментальной генетики, Филипченко постоянно размышляет над проблемами эволюции, выпускает книгу по эволюционной идее и видит цель своей жизни, так преждевременно оборвавшейся, именно в разработке проблемы эволюции.

Николай Иванович Вавилов за прожившие им 55 лет наряду с экспериментальной работой осуществил более 10 экспедиций, из них — 6 в малодоступные районы зарубежных стран. Он написал не менее 8 книг,

создал Всесоюзный институт растениеводства (ВИР) с его широчайшей сетью отделений и опытных станций и Институт генетики АН СССР. Начав с экспериментальной работы в области генетики пшениц и проблемы иммунитета растений, Вавилов вскоре перешел к широкому изучению и обобщению собранных материалов по всем культурным растениям, что привело его к выводам, имеющим первостепенное значение для эволюционной теории.

Но когда сопоставляешь жизнь и труды этих двух замечательных биологов, не можешь не обратить внимание на то, сколь разными могут быть ученые, казалось бы, одного масштаба дарования и одних научных интересов.

Филипченко организовал экспедиции по изучению животноводства в малоисследованные тогда области Средней Азии, но сам не принимал в них непосредственного участия. Вся его научная жизнь, по существу, прошла в стенах Ленинградского университета и Петергофского биологического института. Вавилов — и организатор и участник большого числа экспедиций в самые труднодоступные области земли. Его исследовательская и научно-организационная работа протекала сначала в Саратове, а затем, параллельно, и в Ленинграде, и в Москве, и на многих периферийных станциях ВИРа, и в тех далеких местах, где он побывал во время экспедиций.

Научные труды Вавилова создает крупными мазками, привлекая огромный фактический материал, как собственный, так и литературный, и делая самые широкие, глобальные обобщения. Пример — его работа «Научные основы селекции пшеницы», в которой обобщены результаты изучения более 31 тыс. образцов пшениц, собранных и изученных в ВИРе под руководством Вавилова. Естественно, что Вавилов подытожил гигантскую коллективную работу, организованную и направляемую им, которая и могла осуществиться только как коллек-

тивная. Напротив, Филипченко в одиночку скрупулезно ведет экспериментальные исследования, накапливая, казалось бы, мелкие, но необходимые науке факты. Для работы «Генетика мягких пшениц» он получил 22 гибридные комбинации от скрещивания 12 форм пшениц, потомство которых было изучено в 4—5 последовательных поколениях с учетом 15 признаков. Автор сам сделал огромное число (миллионы) измерений и взвешиваний (в этой работе ему помогла лишь одна сотрудница), сам участвовал в посевах и уборке всех экспериментальных образцов.

Разницу в характере и температуре двух ученых хорошо иллюстрирует эпизод, произошедший на I Всесоюзном съезде по генетике, селекции, семеноводству и племенному животноводству в 1929 г. На одном из заседаний был заслушан доклад выдающегося саратовского селекционера Г. К. Мейстера о ржано-пшеничных гибридах. Газета поместила сообщение об этом заседании под заголовком «Победа советской науки. Создан новый хлебный злак». И вот как описывается прошедшая после доклада дискуссия: «В прениях по докладам А. А. Сапегина и Г. К. Мейстера выступает проф. Ю. А. Филипченко. Он указывает на то, что межвидовое скрещивание не имеет еще под собой прочной научной базы. Ю. А. Филипченко говорит, что наука еще не закончила изучения отдельных видов, а только после этого можно будет приступить к межвидовому скрещиванию. Против этого горячо возражает проф. Н. И. Вавилов. По его мнению, работы А. А. Сапегина и Г. К. Мейстера имеют исключительно ценное значение.

«Наша практика, — говорит Н. И. Вавилов, — категорически требует продолжения работы над межвидовыми скрещиваниями. Открываются широчайшие горизонты. Удалось скрестить рожь с пшеницей и твердую пшеницу с мягкой, — значит, раздвигают районы этих злаков. Сама жизнь толкает нас в сторону межвидового скрещивания»¹.

Что можно сказать об этом спустя 50 с лишним лет? Прав был и тот и другой. До реального создания нового хлебного злака было еще очень далеко. Только в послевоенное время (50-е годы и позднее), изучение генетики пшеницы настолько продвинулось, что проявились факторы, определяющие поведение межродовых гибридов злаков. Тритикале (ржано-пшеничные гибриды) до сих пор еще не стали

массовой посевной культурой. Вместе с тем прав был и Вавилов — изучение отдаленных скрещиваний было перспективным направлением и генетики и селекции. Работая именно в этом направлении, Г. Д. Карпенченко, сотрудник Вавилова, получил гибрид редьки и капусты. Это одна из наиболее ярких работ в мировой генетике, показавшая возможный путь преодоления бесплодности межродовых гибридов.

Как же складывались отношения двух крупнейших генетиков? Вавилов переезжает в Петроград в 1921 г. Вероятно, тогда и состоялось их непосредственное знакомство. Близкой личной дружбы, по-видимому, между ними не было. Было высочайшее взаимное уважение, было сознание того, что оба служат одному общему делу. Нет нужды подчеркивать и то, что проблема «кто есть главный генетик?» никогда не вставала между ними.

Были и непосредственные контакты. Известно, что Вавилов бывал в Петергофском биологическом институте, где работал Филипченко. Ученики Филипченко вспоминают, что каждый год студенты и сотрудники кафедры генетики посещали генетические лаборатории ВИРа, в Пушкине. Приведем сохранившийся в письмах отзыв Вавилова. Давая рекомендацию одной из сотрудниц, он писал: «Прошла она здесь курс всех генетических наук под самым суровым началом, работала у Ю. А. Филипченко: более сурового генетика, вероятно, нет на этой части планеты»².

ГОМОЛОГИЧЕСКИЕ РЯДЫ В НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Одно из самых главных научных обобщений Вавилов сделал, когда ему было 33 года, т. е. в 1920 г. На Всероссийском селекционном съезде он сформулировал закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Согласно первой публикации этого закона (1921):

«1. Виды и роды, генетически близкие между собой, характеризуются тождественными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм для одного вида, можно предвидеть нахождение тождественных форм других видов и родов. Чем ближе генетически расположены в общей системе роды и линейны, тем полнее тождество в рядах их изменчивости.

2. Целые семейства растений в общем ха-

¹ Ленинградская правда, 1929, 10 января.

² Вавилов Н. И. Из эпистолярного наследия 1911—1928 гг. М., 1980, с. 327.



Н. И. Вавилов, (1), Ю. А. Филипченко (слева направо).

Рактеризуются определенным циклом изменчивости, проходящей через все роды, составляющие семейство»³.

Естественно, что Филипченко, давно уже интересовавшийся изменчивостью (его книга «Изменчивость и эволюция» вышла в 1915 г.), не мог не обратить внимания на работу саратовского коллеги. И в 1924 г. выходит его статья «О параллелизме в живой природе», посвященная анализу закона Вавилова. Указывая на довольно многочисленные наблюдения и обобщения других исследователей, близких по сути к закону гомологических рядов, автор упоминает о работе немецкого генетика Э. Баура (1919), где говорится о существовании «гомологических рядов му-

таций» у животных и растений. Затем он ставит вопрос: «можно ли признать все явления, описанные до сих пор под именем параллелизма в различных группах, за явления одного порядка, и нет ли тут на самом деле некоторого смещения различных вещей?»⁴ Обсуждение этого вопроса Филипченко начинает с того, «что в генетике лишь гибридологический анализ дает возможность строить формулы для наследственного состава различных организмов, идентифицируя их гены. Сравнительно-генетические исследования уже в первые два десятилетия века показали, что близкие виды обладают многими тождественными генами». Наиболее глубокая гомология в структуре генетического аппарата к тому времени выявилась при изучении разных видов дрозофил, у которых не только многие гены оказались чрезвычайно сходными по своим фенотипическим проявлениям, но и порядок расположения этих генов в хромосомах оказался одинаковым. Филип-

³ Вавилов Н. И. Сельск. и лесн. хоз-во, 1921, № 1—3, с. 84—99.

⁴ Филипченко Ю. А. — Успехи эксп. биол., 1924, т. 3, вып. 3—4, с. 248.

ченко заключает: «Приведенные факты не оставляют сомнения в том, что близкие виды обладают одинаковыми генами, помещающимися, вероятно, как у *Drosophila*, в гомологичных хромосомах, а так как появление каждой новой мутации связано с превращением гена, бывшего у исходной формы, в другой, то в силу этого у близких видов должны появляться и идентичные мутации, т. е. возникать параллельные друг другу ряды форм, как во всех приведенных выше примерах... Таким образом, новые данные генетики открывают нам причины параллелизма многих форм у близких друг к другу видов — параллелизма, в основе которого лежит обладание одинаковыми генами, почему его удобнее всего назвать генотипическим параллелизмом»⁵.

Широкое рассмотрение материалов по параллелизму в живой природе приводит Филипченко к заключению, что случаи, описанные под именем параллелизма, или гомологичных рядов, можно «разбить на три категории, которые имеют друг с другом лишь чисто внешнее сходство, на самом же деле зависят от совершенно различных причин». Мы различаем при этом:

- 1) генотипический параллелизм, основанный на наличии у близких видов одинаковых генов и сходных биотипов;
- 2) экотипический параллелизм, основанный на появлении в виде ответа организма на внешние воздействия сходных экотипов, что может зависеть у близких видов от одинаковых, у далеких — от совершенно различных генотипических структур;
- 3) морфологический параллелизм, основанный на одинаковых возможностях развития наружных и внутренних макроскопических и микроскопических структур и наблюдающийся в более крупных систематических группах, к особенностям которых понятие о генах и генотипической структуре вообще не приложимо»⁶.

Приведем еще несколько цитат из этой книги, которые более полно представят отношения Филипченко к закону гомологических рядов в наследственной изменчивости. «Поскольку Вавилов включил в закон гомологических рядов случаи генотипического параллелизма (число которых в настоящее время увеличилось во много раз), он действительно чрезвычайно удачно формулировал то, что является весьма характерным для явлений групповой (т. е. наследственной. — И. З.) изменчивости.

Однако в примерах, приводимых Вавиловым, фигурируют и явления (напр., мимикрия), которые, как нам кажется, относятся вовсе не к генотипическому параллелизму, а к экотипическому, также весьма характерному для групповой изменчивости»⁷. «Случаи морфологического параллелизма должны быть, как совершенно своеобразные, оставлены совершенно в стороне, и мы можем говорить в учении об изменчивости лишь о генотипическом и экотипическом параллелизме. Хотя и оба последних случая следует, безусловно, различать, но оба они приводят к одному и тому же — именно: к появлению в пределах близких видов и родов тех гомологичных рядов из жорданонов и биотипов, существование которых здесь было так хорошо отмечено Бауром и Вавиловым. Чрезвычайно большой заслугой именно Вавилова является то, что он обратил особое внимание на это явление и дал ему название закона гомологических рядов»⁸.

Мы не будем здесь обсуждать закон гомологических рядов и соображения, высказанные Филипченко, с позиций современной науки. Для нас важно, как воспринял высказанные замечания Вавилова. В окончательной редакции своего труда он полностью принимает замечание Филипченко о необходимости различения фенотипической и генотипической изменчивости, введя соответствующий раздел (§ 4). Там он пишет: «К сожалению, генетическое исследование даже культурных растений только еще началось. Генетика отдельных растений пока дает лишь фрагментарные знания даже для наиболее изученных растительных объектов. Генетические исследования заставляют нас быть более осторожными и по внешнему виду не судить всегда о непрременном сходстве генотипического порядка»⁹. «Фенотипическое исследование есть первое приближение, за которым должно идти генетическое исследование. Исходя из поразительного сходства в фенотипической изменчивости видов в пределах одного и того же рода или близких родов, обусловленного единством эволюционного процесса, можно предполагать наличие у них множества общих генов наряду со спецификой видов и родов»¹⁰.

В обсуждении закона гомологических

⁷ Там же, с. 203.

⁸ Там же, с. 205.

⁹ Вавилов Н. И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. М.—Л., 1935, с. 36.

¹⁰ Там же, с. 37.

⁵ Там же, с. 250, 251.

⁶ Филипченко Ю. А. Изменчивость и методы ее изучения. М.—Л., 1929, с. 202.

рядов еще раз наглядно проявились характернейшие особенности двух ученых — стремление одного к самым широким обобщениям и склонность второго к углубленному анализу вопроса и собиранию научных фактов. В науке необходимо и то и другое. Дискуссия же между Вавиловым и Филипченко о природе параллелизмов в изменчивости организмов только способствовала прояснению истины, которая, впрочем, и сейчас, полвека спустя, только приоткрылась.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНСТИТУТА ГЕНЕТИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Судьбы Филипченко и Вавилова наиболее тесно соединились в деле организации первого в нашей стране академического генетического учреждения. Речь идет о создании в Ленинграде Института генетики АН СССР, учреждения, которое после ряда реорганизаций превратилось в современный Институт общей генетики. История его создания поучительна, она наглядно показывает, какая творческая и доброжелательная атмосфера господствовала в советской генетике в конце 20-х — начале 30-х годов.

С 1925 г. Филипченко переориентировал работу, свою и своих ближайших сотрудников, с проблем генетики человека на изучение генетики животных и растений, главным образом объектов сельскохозяйственного производства. Соответственно, ранее организованное Филипченко в системе Академии наук Бюро по евгенике стало называться Бюро по генетике и евгенике, а через несколько лет — Бюро по генетике. Издаваемые им ежегодно «Известия» с № 4 (1926) содержали только работы, выполненные на экспериментальных объектах. Так в Академии наук появилась первая генетическая ячейка, и возникло первое в нашей стране генетическое издание.

Штат Бюро был крайне мал — постоянными сотрудниками его числились лишь первые ученики Филипченко Т. К. Лепин и Я. Я. Лус. Однако начиная с 1926 г. под эгидой Бюро проводятся широкие экспедиционные исследования и объем работы стремительно возрастает. Одновременно, к концу 20-х годов кафедра генетики Ленинградского университета подготовила большой отряд молодых способных и высококвалифицированных генетиков и созданы предпосылки для реорганизации Бюро с расширением его штата и задач. Такая реорганизация была намечена еще при жизни Филипченко, а в октябре 1930 г.

Бюро, входившее в состав Комиссии по изучению естественных производительных сил, было выделено в самостоятельное академическое учреждение — Лабораторию генетики Академии наук СССР. Но официально это событие произошло уже через несколько месяцев после смерти Филипченко, и, естественно, встал вопрос о руководителе лаборатории. Ближайшие сотрудники Филипченко обратились с просьбой возглавить новое учреждение к Вавилову, которого они давно и хорошо знали. Вавилов в 1929 г. был избран действительным членом Академии наук СССР. Тогда же он стал президентом Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, продолжая быть директором ВИРА.

Что побудило Вавилова взять на себя еще и руководство новым учреждением? Вероятно, мотивов было несколько: и желание поддержать оставшийся без руководителя, только становящийся на ноги коллектив, и, главное, стремление реализовать свои замыслы в области генетики, из которых не все могли бы получить развитие в прикладном по своему характеру ВИРе.

Как бы там ни было, Вавилов стал заведующим и Лабораторией. Первое, что он сделал, — собрал в Лаборатории всех молодых учеников Филипченко: М. Л. Бельговского, Б. И. Васильева, Б. П. Войтяцкого, Ю. Л. Горощенко, Ю. Я. Керкиса, Д. М. Кершнера, Н. Н. Колесника, Н. Н. Медведова, А. А. Прокофьеву, Е. П. Раджабли, Б. Ф. Румянцева, Н. Я. Федорову. Нет необходимости говорить, что при новом заведующем не ушел никто из старых сотрудников Бюро.

В руководстве Лабораторией в полной мере проявилась способность Вавилова сообщать глобальный размах любому делу, за которое он брался. В 1933 г. Лаборатория уже выросла в академический Институт генетики, которому Вавилов старался придать международный характер и превратить его в мировой центр генетики (идея, которая в полной мере была осуществлена лишь через несколько десятилетий и не в области биологии, а в физике, при создании Объединенного института ядерных исследований в Дубне). Для работы в институт были приглашены крупнейшие советские генетики А. А. Сапегин и Г. А. Левитский, талантливый болгарский цитогенетик Д. Костов, выдающиеся американские генетики К. Бриджес и Г. Меллер (впоследствии Нобелевский лауреат), который проработал в институте несколько лет. Были здесь и другие иностранные ученые.

Новый институт помещался на набережной Макарова, в доме, ныне занимаемом Институтом физиологии АН СССР, где еще в феврале 1929 г. Филипченко получил первые лабораторные комнаты.

Резко расширился круг научных направлений, разрабатываемых в институте. В 1934 г. их было 5:

«1) разработка учения о мутациях и смежной с ним проблемы гена, 2) межвидовая гибридизация, 3) материальные основы наследственности, 4) наследственность количественных признаков, 5) происхождение домашних животных и культурных растений»¹¹.

Если первые три направления были поставлены самим Вавиловым, то два последних продолжали работы, начатые Филипченко. Ведущими сотрудниками в этих направлениях оставались его ученики Т. К. Лепин и Я. Я. Лус.

В 1934 г. было принято постановление о переводе Академии наук СССР в Москву, где и разместился Институт генетики наряду с другими учреждениями осенью 1934 г. Переездом ознаменовался переход к следующему этапу в деятельности этого института. Одновременно начался и новый этап в истории ленинградской генетики, сразу лишившейся и своего главного научного центра, и большого числа талантливых молодых генетиков.

На похоронах Филипченко на Смоленском кладбище Ленинграда Вавилов сказал: «Юрий Александрович был не только блестящим ученым, но и человеком, и ничто человеческое ему не было чуждо. Но слабые стороны его натуры будут забыты еще раньше того, как свежий холм на его могиле покроется зелеными всходами. Благодарные же потомки будут помнить в его лице то редкое сочетание мужества, таланта и личного примера беззаветного служения науке и Родине, которое оставило глубокий след в развитии отечественной биологии»¹².

В предисловии к изданной через 5 лет после смерти Филипченко книге Вавилов пишет: «Автор настоящей книги, ныне, к сожалению, покойный, является выдающимся советским генетиком. Его генетические исследования пользуются широкой известностью в кругах генетиков и селекционеров далеко за пределами нашей страны.

Совершенно исключительны заслуги Ю. А. Филипченко, как блестящего талантливого педагога, автора ряда руководств по генетике. Он первый начал в нашей стране широкую популяризацию генетики. Под его руководством училось и учится целое поколение селекционеров и генетиков...

...Для развертывания огромной практической селекционной работы нужна сильная теория. В этом отношении настоящей труд Ю. А. Филипченко является исключительно своевременным. Он послужит началом к выработке необходимой нам теории селекции по созданию хозяйственно ценных пород животных и растений»¹³.

¹³ Вавилов Н. И. Предисловие к кн. Ю. А. Филипченко «Генетика мягких пшениц». М.— Л., 1934, с. 3.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Бахтеев Ф. Х. АКАДЕМИК НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ ВАВИЛОВ.— Бюллетень МОИП, отд. биол., 1958, т. 63.

Лобашов М. Е. 50 ЛЕТ КАФЕДРЕ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА.— Генетика, 1969, т. V, № 10.

Хохлов С. С. ПОЛВЕКА ЗАКОНА ГОМОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ Н. И. ВАВИЛОВА.— Природа, 1971, № 2.

Ипатьев А. Н. ВОСПОМИНАНИЯ О БРАТЬЯХ ВАВИЛОВЫХ.— Природа, 1974, № 1.

Огурцов А. П. ЗАБЫТЫЕ ИЗЫСКАНИЯ.— Природа, 1976, № 2.

Медведев Н. Н. ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ФИЛИПЧЕНКО. М.: Наука, 1978.

Прокофьева-Бельговская А. А. У ИСТОКОВ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГЕНЕТИКИ.— Природа, 1982, № 2.

¹¹ Вавилов Н. И. — Вестник АН СССР, 1934, № 5, с. 1.

¹² Медведев Н. Н. Юрий Александрович Филипченко. М., 1978, с. 28.

Истоки открытия Ч. Дарвина

Опыт методологического анализа

Ю. В. Чайковский



Юрий Викторович Чайковский, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР. Область научных интересов — история и современные проблемы биологической эволюции.

ДВА ДАРВИНА

Хотя всякое открытие загадочно, но основное открытие Дарвина — принцип эволюции под действием естественного отбора малых наследственных вариаций — загадочно вдвойне: кроме обычной загадки, связанной с процедурой рождения новой идеи в уме ученого, здесь мы сталкиваемся с еще одним непонятым явлением. Дело в том, что в момент публикации открытия Ч. Дарвин представлял собой, казалось бы, идеальный образ критика эволюционизма. Маститый пятидесятилетний натуралист, первоначально вошедший в научное общество как собиратель обширнейших коллекций из природы Южной Америки, позже заслуживший в нем почетное место, как автор классических монографий, «пересыщенных деталями»¹ и чуждых какого бы то ни было гипотетического элемента, он более напоминал тех, кто с ожесточением набросился на «Происхождение видов», чем автор этой книги. Сама же книга

мало походила на привычную (и нам, и современникам Дарвина) научную монографию: популярная по способу изложения, по построению и языку, она не только не содержала аппарата — литературных ссылок, таблиц, подсчетов и иллюстраций, — но не представляла читателю даже ни одного фактического примера того феномена, который был назван в ее заглавии, т. е. естественного отбора. В основе понимания Дарвином естественного отбора лежала аналогия, которую сам Дарвин вскоре охарактеризовал как метафору, подкрепленная немногими мысленными примерами. Первые фактические описания действия естественного отбора появились уже после Дарвина. Наконец, стоит отметить, что Дарвин, печатавшийся 22 года до «Происхождения видов» (вышедшего в 1859 г.) и столько же после этого, не опубликовал ни одной научной статьи или монографии о естественном отборе, если не считать первого, декларативного выступления и нескольких полемических заметок. Единственное изложение учения он почему-то оставил в научно-популярной форме².

¹ «Крайне подробные, можно сказать, пересыщенные деталями, описания и рассуждения Дарвина, порой написанные в мало свойственной английскому языку манере — длинными периодами» — так характеризовал переводчик Н. И. Тарасов текст знаменитых «Усоногих раков», изданных за 5 лет до «Происхождения видов» (Дарвин Ч. Соч., т. 2. М.— Л., 1936, с. 43).

² Сподвижники Дарвина (Дж. Гукер и др.), желавшие овладеть учением профессионально, считали эту книгу крайне трудной, тогда как менее требовательные читатели читали ее и комментировали с легкостью.

Перед нами как бы два Дарвина — эволюционист и традиционный натуралист. Правда, на какое-то время после появления «Происхождения видов» оба облика сблизились, если не слились, но затем снова разошлись. С 1862 г. Дарвин начал публиковать книги с фактическими обоснованиями своего учения: в ботанических монографиях обосновывал приспособительный характер различных признаков изученных им растений, а также — наличие переходных форм; в «Изменениях животных и растений в домашнем состоянии» (1868) он дал солидный фундамент для первой главы «Происхождения видов». К естественному отбору это имело только косвенное отношение, но Дарвин говорил, что работает над обоснованием всего учения. Однако далее он по этому пути не пошел, а, наоборот, издал объемистое «Происхождение человека и половой отбор» (1871). Эта книга, естественно, вызвала еще более ожесточенные споры, нежели «Происхождение видов», и после этого Дарвин-эволюционист стал все более уступать место прежнему Дарвину-натуралисту, в ботанических монографиях которого эволюционные темы звучали теперь только приглушенным фоном. Некоторые авторы придают этому «отступлению» Дарвина в последние 10 лет жизни особое значение (видя в нем свидетельство неудачи дарвиновского замысла), но никто, кажется, еще не пытался увязать отношение Дарвина к своему детищу с самим существом дарвиновского открытия, с его отношением ко всему тогдашнему естественнонаучному мировоззрению.

Постараемся обосновать точку зрения, что теоретическое творчество Дарвина представляло собой глубокий конфликт между бэконовской методологией, заимствованной Дарвином у своих учителей, и методологией, к которой его приводила логика его теоретической модели. Главное, что для этого надо осветить, — суть и момент рождения его основной идеи, определившей всю его эволюционную деятельность.

ДВАДЦАТЬ ЛЕТ МОЛЧАНИЯ

Напомним, что Чарлз Дарвин (1809—1882) родился в год выхода в свет «Философии зоологии» Ламарка — первой обстоятельной книги по эволюции организмов, которая во времена юности Дарвина была известна как неудачная полунаучная фантазия. В 1831—1836 гг. молодой Дарвин совершил кругосветное путешествие на военно-топографическом корабле «Бигль», причем взял с собой свежий первый том

«Основ геологии» Ч. Лайеля, где проводилась идея эволюции оболочек Земли. В ходе этого путешествия Дарвин сформировался как натуралист и стал известен в Англии своими коллекциями животных, растений и геологических образцов. Его первые записи, касающиеся эволюции организмов, относятся к лету 1837 г., подробный очерк учения написан в 1844 г., но первое публичное выступление на эту тему Дарвин предпринял только в 1858 г. и то — под влиянием обстоятельств. Только после этого он сел писать знаменитое «Происхождение видов». Окончательное (6-е) издание (1872) было почти на треть написано заново, но в прежнем стиле, и также не содержало литературных ссылок. Итак, надо понять, почему Дарвин 20 лет молчал, затем сразу написал книгу, которую много переделывал, но так и оставил в популярной форме.

Дарвин вел обширную переписку, но поначалу почти не писал о своих эволюционных занятиях — только изредка упоминал, что занят вопросом о видах и разновидностях и исписывает одну за другой записные книжки. Только 11 января 1844 г., когда концепция была им практически завершена, он написал другу, Дж. Гукеру, что виды, по его мнению, не являются постоянными во времени, и сопровождал это признание самоуничижительными репликами, которые с тех пор становятся в его письмах обычными³. Что же касается изложения сути дела, то первую такую попытку, очень осторожную, он предпринял в сентябре 1857 г. в письме к еще одному другу, А. Грею. Очевидно, что он был далеко не уверен в серьезности своих результатов. Причин этого можно указать несколько.

К объективным причинам относилась невозможность прямо наблюдать предмет исследования — эволюцию, а тогдашняя методология требовала именно прямой наблюдаемости; сюда примыкало и отрицательное отношение к идее эволюции наиболее уважаемых Дарвином натуралистов (выразившееся как в презрении к ламаркизму, так и в холодном приеме эволюционной книги Р. Чемберса «Следы творения», вышедшей анонимно в 1844 г.). Остался чужд идее эволюции и Гукер, когда Дарвин показал ему свой очерк 1844 г. О субъективных причинах отчасти

³ Так, он закончил письмо Гукеру словами: «Теперь Вы таяжко вздохнете и скажете про себя: «вот на кого я попусту тратил свое время и кому я писал». Пять лет назад я и сам думал бы так же ...» (Дарвин Ч. Избранные письма. М., 1950, с. 30.).

говорит упоминаемый в письмах Дарвина страх «подвести издателя». В викторианской Англии никаких серьезных неприятностей ни для автора, ни для издателя возникнуть не могло (в отличие от континента Европы), и такую боязнь следует, по-видимому, расценивать как выражение собственной неуверенности.

ПОЗДНИЕ ВОСПОМИНАНИЯ И РАННИЕ ЗАПИСИ

В своей автобиографии (1876) Дарвин вспоминал: «Моя первая записная книжка была начата в июле 1837 г. Я работал подлинно бэконовским методом и без какой бы то ни было [предварительной] теории собирал в весьма обширном масштабе факты... путем печатных запросов, бесед с искусными животноводами и садоводами и чтения обширной литературы»⁴. Хотя сбор огромного числа фактов действительно имел место, однако эту позднюю самооценку следует принимать с осторожностью, так как в ней очевидна реакция на всю предшествовавшую критику «Происхождения видов», где одним из общих мест был упрек — в отрицании Дарвином бэконовского метода. Другими словами, критики отрицали, что теория Дарвина получена путем обобщения фактов, и сам Дарвин с горечью признавал основательность подобных упреков. Поэтому вопрос о первоначальном соотношении фактов и теоретических принципов в построении дарвиновского учения следует решать на основании более ранних документов.

Практически единственным источником здесь являются записные книжки Дарвина, особенно первая (она имеется в русском переводе⁵). Согласно записи в дневнике, сделанной в августе 1838 г., книжка была начата по следующей причине: «Начиная приблизительно с прошедшего марта (т. е. с марта 1837 г. — Ю. Ч.) был сильно поражен характером южноамериканских ископаемых видов и видов Галапагосского архипелага. Эти факты (особенно последний) положили начало всем моим воззрениям»⁶. Как видим, первой книжке предшествовало 4 месяца размышлений над коллекциями (Дарвин в те дни готовил зоологическую часть отчета о путешествии) и источников названо два — палеонтология и биогеография. Судя по тому, что в эти месяцы он не вел никаких записей

на поразившую его тему, она еще не стала предметом специальных изысканий и, тем более, запросов и встреч со специалистами. Поэтому существенно, с чего он начал записи: это не упорядочение конкретных фактов и не формулировка собственных обобщений, а нечто вроде перечня впечатлений от чтения книг. Что же читал тогда Дарвин?

Тексту книжки предпослан заголовок «Зоономия», следовательно, в центре внимания стоял труд Эразма Дарвина⁷, который имелось в виду то ли конспектировать, то ли рецензировать, то ли продолжить его мысли. Однако мысль Дарвина не концентрировалась на одном авторе, и мы видим утверждения, которых Э. Дарвин высказать никак не мог (например, о мумиях животных, демонстрирующих неизменность пород со времен Древнего Египта — аргумент времен Кювье). Собственные наблюдения действительно кое-где отмечены (начиная с 7-й странички), но пафос записей не в них, а в прочитанном. Сперва это — натурфилософы-эволюционисты (Э. Дарвин, Ж.-Б. Ламарк, Э. Жоффруа Сент-Илер и, возможно, Ж.-Л. Бюффон, К.-Ф. Кильмейер и кто-то еще, не названные прямо) и геолог-эволюционист Ч. Лайель, затем — многочисленные натуралисты, описывавшие конкретные группы организмов. В тексте всей книжки мы видим пристальное внимание к эволюционным идеям прошлого, в частности тщательно рассмотрена знаменитая дискуссия Кювье с Жоффруа в 1830 г. Поэтому вряд ли можно говорить о работе «без какой бы то ни было теории»: после первого изумления фактами геологической и географической изменчивости Дарвин, как и всякий здравомыслящий ученый, занялся поисками теоретического осмысления увиденного — в трудах предшественников. Разумеется, ни к одному из них он не примкнул целиком (иначе мы вообще не говорили бы об открытии Дарвина), но нечто существенное у них воспринял. Прежде всего, это был принцип неограниченной изменчивости, далее ставший у Дарвина основным; этот принцип, который Дарвин никак не мог почерпнуть из фактических наблюдений (касавшихся групп, морфологически близких) и который остался уязвимым местом даже в «Происхождении видов», достаточ-

⁴ Дарвин Ч. Соч., т. 9. М., 1959, с. 226.

⁵ Там же, с. 90—127.

⁶ Там же, с. 131.

⁷ Эразм Дарвин (1731—1802) — врач, поэт и натурфилософ, дед Ч. Дарвина. Его «Зоономия» (1794) содержала многие эволюционные идеи, позже ставшие известными благодаря трудам Ламарка, но пока неясно, был ли Ламарк знаком с этой книгой.

но явно сформулирован на страничках 85—89 книжки.

Еще более серьезный удар по «бэконовской» реминисценции автора книжка наносит тем, что уже в ней упоминается, пусть и нечетко, идея естественного отбора. Именно, на страничке 236 Дарвин поставил вопрос: как феномен постепенной смены флоры при подъеме в горы можно объяснить «при помощи закона малых различий, производящих более плодотворное потомство»? Проскальзывают и другие идеи, позже ставшие для Дарвина существенными, например, что скорость эволюции связана со скоростью размножения, — правда, нет и намёка на возможную роль избыточности размножения (с. 41, 146 книжки). Есть и идеи, позже Дарвина не привлекавшие, — например, аналогия между образованием уродства и образованием вида (с. 161). Все это записано без взаимосвязи и как бы в одну цену — ни одна мысль не попала в центр внимания Дарвина. Одни из этих мыслей даны со ссылкой на предшественников, другие — без таковых (в том числе, и это существенно, идея отбора), но ясно одно: уже в самом начале своих фактических изысканий Дарвин обладал богатым набором умозрительных предположений, которые следовало подвергнуть отбраковке и взаимоувязке.

Итак, летом 1837 г. Дарвин еще не остановился на каком-либо варианте эволюционного учения, однако вряд ли сомневался в феномене эволюции организмов. О том, когда он окончательно отбросил сомнения, существуют различные мнения (на одном краю — мнение, что это произошло еще на «Бигле», на другом — что только в 1842 г.), но нам эта дискуссия не так важна, поскольку сама идея эволюции не была уже в то время открытием. Нам важнее выяснить, когда и как у Дарвина сложилось первое собственное представление о сущности процесса, первая модель эволюции.

В автобиографии Дарвин вспоминал: «После того как я вернулся в Англию, у меня явилась мысль, что, следуя примеру Лайеля в геологии и собирая все факты, которые имеют хотя бы малейшее отношение к изменению животных и растений в условиях одомашнения и в природе, удастся, быть может, пролить некоторый свет на всю проблему в целом»⁸. Действительно, в первой книжке мы видим следы его интереса ко всем этим вопросам; в част-

ности, одна из первых записей гласит, что органическая природа должна изменяться вслед за неорганической (известная мысль Бюффона, которую, однако, не решился высказать учитель Дарвина — Лайель). Американский психолог Г. Грубер считает, что геология в самом деле дала Дарвину первую модель эволюции: он напоминает, что Дарвин еще в 1835 г. пришел к концепции эволюции коралловых рифов, которая содержала три положения, позже вошедших в дарвинизм: 1) эволюция вследствие роста населения (коралловый риф оседает под тяжестью нарастающих слоев новых поколений); 2) географическое распределение объектов зависит от геологических условий; 3) эволюция идет путем непрерывного, незаметного глазу, медленного изменения⁹.

Это очевидное соображение, вероятно, имело значение в начале работы Дарвина, но уже в первой записной книжке, с самого ее начала, мы видим в качестве центрального вопрос о специфике биологической эволюции, каковую Дарвин видел прежде всего в феномене смены поколений, в размножении организмов, влекущем смену их свойств.

ДАРВИН И МАЛЬТУС

Теперь можно попытаться ответить на главный вопрос — о первом зачатке будущего учения. Заполняя первую записную книжку, Дарвин еще не сумел связать отдельные мысли в систему — за неимением ключевого принципа. Момент, когда этот принцип пришел ему в голову, Дарвин четко зафиксировал 28 сентября 1838 г. в третьей записной книжке, где спешно набросал, то и дело ссылаясь на Мальтуса¹⁰, основные положения своего будущего учения: численность организмов имеет тенденцию возрастать в геометрической прогрессии, но практически она ограничена возможностями «экономии природы»; происходит изъятие слабейших, и «конечный эффе́кт перенаселенности, которую показывает Мальтус, — выбор надлежащей структуры и приспособление ее

⁸ Gruber H. E., Barrett P. H. Darwin on man. N. Y., 1974, p. 102.

¹⁰ В это время Дарвин читал книгу Т. Мальтуса «Очерк о населении» (1798). Запись от 28.9.1838 была вырезана самим Дарвином в 1856 г. (когда он собрал «все полезные странички» записных книжек) и стала известной только в 1967 г. (Bull. Brit. Museum [Nat. Hist.], 1967, v. 3, № 5).

к изменению»¹¹. О появлении новых видов здесь еще речи нет, но позже, в четвертой записной книжке (оконченной в июле 1839 г.) Дарвин записал достаточно явное соображение и на этот счет: «Можно сказать, что дикие животные должны, согласно моей мальтузианской точке зрения, изменяться лишь до некоторых определенных пределов, но не далее, — [однако] против этого свидетельствует [следующее:] аналогия¹² должна определенно допускать и такие изменения, как те, которыми различаются виды, — например, голуби... (встает вопрос о родах)»¹³.

Как видим, идея избыточности размножения («мальтузианская точка зрения») сразу стала для Дарвина стержнем, скрепляющим разрозненные элементы учения, хотя он и заметил довольно скоро ее недостаточность. Тогдашние переживания настолько запомнились Дарвину, что через 35 лет он довольно точно помнил и время прочтения, и захватившие его при этом мысли: «В октябре 1838 г., т. е. спустя 15 месяцев после того, как я приступил к своему систематическому исследованию, я случайно, ради развлечения, прочитал книгу Мальтуса «О народонаселении», и, так как благодаря продолжительным наблюдениям над образом жизни животных и растений я был хорошо подготовлен к тому, чтобы оценить [значение] повсеместно происходящей борьбы за существование, меня сразу поразила мысль, что... благоприятные изменения должны иметь тенденцию сохраняться, а неблагоприятные — уничтожаться. Результатом этого и должно быть образование новых видов. Теперь, наконец, я обладал теорией, при помощи которой можно было работать...»¹⁴.

В общем, воспоминание довольно верное, если сделать две оговорки: во-первых, Дарвин и ранее знал о том, что книга Мальтуса должна быть ему важна, и вряд ли взял ее случайно, а, во-вторых, мысли о происхождении видов он тогда не зафиксировал и, более того, вскоре, как мы видели, отметил несоответствие

этой мысли с мальтузианством. (Дело в том, что конкуренция должна неминуемо ослабевать по мере увеличения различий между организмами, и Дарвин резонно отметил, что она должна потерять роль ведущего фактора, если не на уровне видов, то на уровне родообразования. По-видимому, с этой сверхкраткой заметки в четвертой книжке и пошла та линия рассуждений, которая заставила его через 20 лет назвать свою книгу именно «Происхождением видов путем естественного отбора».)

Момент дарвиновского открытия Грубер прямо называет «мальтусовым озарением» тогда как прежние авторы, начиная с сына Дарвина — Френсиса, утверждали, что Дарвин в старости ретроспективно переоценил значение своего знакомства с идеей Мальтуса и что в действительности он пришел к выводам о роли избыточности размножения самостоятельно. Теперь, после публикации записных книжек, прежняя умозрительная точка зрения вряд ли представляет серьезный интерес, но все же нельзя не отметить, что в основе ее лежало не просто отсутствие информации о ранних мыслях Дарвина, но чисто эмоциональное нежелание исследователей вывести дарвинизм из мальтузианства. Сейчас подобные эмоции теряют актуальность, поскольку все более обнаруживается ограниченность концепции потенциально бесконечного роста численности — как среди людей (идея Мальтуса), так и среди прочих организмов (идея Дарвина). И в обществе и в природе обнаружены мощные механизмы ограничения роста (а иногда даже — стабилизации) численности, в дарвиновские времена неизвестные, и проблему можно обсуждать спокойно, в чисто историческом плане.

Судя по всему, до прочтения Мальтуса Дарвин не имел стержня теории и блуждал между разноречивыми гипотезами. Уже имея в руках «закон малых различий, производящих более плодovitое потомство», Дарвин, по-видимому, не оценивал его подлинного значения в будущей схеме: даже заметив, в первой книжке, противоречие этого закона с феноменами географического распределения, он не увидел предмета для беспокойства, говоря: «Моя теория совершенно отлична от теории Ламарка»¹⁵. Он еще имел в виду (как следует из контекста) нечто вроде бюфоновского учения об изменении, вызванном воздействием среды, усложненное рассуждениями о роли полового размноже-

¹¹ Darwin's notebooks on transmutation of species. Part VI. Pages excised by Darwin. — Bull. Brit. Museum (Nat. Hist.), 1967, v. 3, № 5, p. 134—135.

¹² Имеется в виду аналогия между естественным видообразованием и искусственным образованием домашних пород, ставшая с тех пор у Дарвина основной.

¹³ Gruber H. E., Barrett P. H. Darwin on man, p. 460.

¹⁴ Дарвин Ч. Соч., т. 9, с. 227—228.

¹⁵ Там же, с. 118.

ния. Стержень теории впервые обозначен в записи Дарвина именно как переживание при чтении Мальтуса, и не видеть этого — значит искажать истину.

Однако истина не в том, что Дарвин заимствовал у Мальтуса идею механизма эволюции, а в том, что он внезапно оценил роль, которую в его логической схеме (до этого не существовавшей) предстояло играть идее отбора. До Дарвина эта идея не раз высказывалась в ее простейшей форме — как идея апробации средой готовых форм, как идея отбраковки, и именно в этой форме («не стоит удивляться изменению числа видов вслед за малыми изменениями окружающей природы»¹⁶) Дарвин впервые сопоставил ее с доводами Мальтуса. Именно в этом и состояло «озарение», а более тонкое понимание отбора (как начала, постепенно формирующего форму) было введено в данное сопоставление позднее. До «озарения» идея борьбы не осознавалась Дарвином как объясняющая эволюцию, поскольку он не обладал никакой оценкой ее интенсивности и не ощущал ее всепроникающего характера. (Борьбу за существование он понимал как вытеснение одними видами (формами) других, еще не задумываясь о возможной роли вытеснения одними индивидами других.) Эти недостающие мысленные звенья предстали перед ним при чтении Мальтуса, но родились они в мозгу самого Дарвина — у Мальтуса подобных мыслей не было. Дарвиновед П. Барретт привел место из книги Мальтуса, которые, по его мнению, наиболее соответствовали ключевым мыслям Дарвина: одно утверждает, что человеческое население при отсутствии ограничений удваивается за 25 лет; другое место касается факторов, сокращающих население и укорачивающих жизнь человека (тяжелый труд, плохие условия жизни, войны, эпидемии, «пороки» и т. д.), указывает на их крайнее разнообразие, но не содержит даже намека на возможность развития под действием этих факторов.

Если бы не более ранние записи Дарвина, то можно было бы думать, что схема эволюционного механизма прямо и родилась в его голове в момент, предшествовавший 28 сентября. Но теперь ясно, что в этот момент произошла только сборка ранее известных элементов в систему. Можно согласиться с К. Лимож, что Дарвин почерпнул у Мальтуса «не идею борьбы

за существование вообще, но, скорее, идею интенсивности этой борьбы, ее принудительной власти над живущими, идею геометрической прогрессии», идею постоянного давления, порождающего непрерывную борьбу между ними¹⁷.

ПОЛОВОЙ ПРОЦЕСС — ФАКТОР ЭВОЛЮЦИИ

Последнее, что нам следует разобрать, — дарвиновские мысли о половом размножении, являющиеся вторым и притом малозаметным ключом к пониманию процесса дарвиновского открытия. В самом начале своих записей Дарвин отметил: «Семена растений... производят много форм, между тем как новые особи, произведенные почками, константны. [т. е. повторяют своего родителя]; отсюда мы видим, что образование потомства является здесь [в случае размножения семенами], по-видимому, средством изменения или приспособления»¹⁸. Не входя в обсуждение фактической точности приведенных наблюдений, отметим, что эволюционная изменчивость признается здесь только за половым размножением, и эта позиция осталась характерной для Дарвина впоследствии, хотя он и высказывал ее с оговорками¹⁹. В «Происхождении видов» он писал, что главный фактор, обеспечивающий как поддержание однообразия, так и новые удачные вариации — половой процесс; что же касается низших организмов, не имеющих полового процесса, «то у них однообразие признаков может сохраниться при постоянстве жизненных условий только в силу наследственности и в силу естественного отбора»²⁰, а изменение их возможно только при изменении внешних условий. Есть у него и оговорка о том, что случаи партеногенеза любопытны и непонятны, добавленная во 2-м издании²¹. И хотя критики не раз указы-

¹⁷ L i m o g e s С. La selection naturelle. P., 1970, p. 79.

¹⁸ Дарвин Ч. Соч., т. 9, с. 90.

¹⁹ В частности, он обратил внимание на «почковые вариации». В «Изменениях животных и растений» есть параграф «Скрещивание как причина изменчивости», где Дарвин, между прочим, писал: «Следовательно, скрещивание, подобно всякому другому изменению условий существования, является фактором, и притом, вероятно, могущественным, вызывающим изменчивость» (Дарвин Ч., Соч., т. 4, с. 652). В ботанических монографиях он писал, что перекрестное опыление — общее правило, а самоопыление — исключение, но уже избегал прямых эволюционных высказываний на этот счет.

²⁰ Дарвин Ч. Соч., т. 3, с. 345.

²¹ Там же, с. 340.

¹⁶ Bull. Brit. Museum (Nat. Hist.), 1967, v. 3, № 5, p. 134.

вали, что механизм перекрестного размножения плохо согласуется с идеей отбора редких полезных уклонений (так называемый «кошмар Дженкина»), Дарвин ни разу не попытался обосновать принцип отбора для случая бесполого размножения. Это тем более удивительно, если учесть, что еще во второй записной книжке (1838) он обращался к делению бактерий как к лучшему примеру быстрого размножения (опять-таки, как и в первой книжке, не связав это с избыточностью размножения и с конкуренцией). Казалось бы, после «мальтусова озарения» он должен был увидеть в микробах идеальную модель эволюционирующего объекта, но он к ним не обратился ни тогда, ни позже. Даже если допустить, что он просто не обратил на них внимания, то почему этот вопрос не встал в ходе бесконечных дискуссий? Почему защитники Дарвина не ухватились за пример, в котором каждый организм имеет только одного родителя и потому в точности повторяет все его полезные уклонения? Ведь тогда «кошмара Дженкина» могло бы не быть.

Ответ видится в том, что в кругу Дарвина никто не видел эволюционной изменчивости без того перемешивания наследственного материала, которое дает половой процесс. Понимание таковой изменчивости прежде всего как мутации, характерное для дарвинизма ХХ в., идет не от Дарвина, а от Г. де Фриза. Потому что во времена Дарвина так много и спорили об эволюционной роли гибридов, что надеялись именно на них понять суть законов изменчивости.

Здесь, однако, необходимо сделать уточнение: наше понимание терминов «наследственность» и «изменчивость» не адекватно дарвиновским. Для нас наследственность — повторение потомками родительских свойств и только, а изменчивость — отсутствие такого повторения, тогда как Дарвин ясно указывал, что под наследственностью понимает наследуемость изменений и свойств дальних предков (атавизм), а также все особые случаи передачи признаков (доминирование, сцепление с полом, зависимость от возраста)²². За термином «изменчивость» оставался смысл достаточно пестрый: иногда это то, чем различаются расы, иногда различие индивидов, а чаще всего — синоним «произвольной» (т. е. ненаправленной) изменчивости, которую Дарвин называл вариацией. Тот факт, что принципом наследственности и сподвижники Дарвина имено-

вали феномен направленной изменчивости, был четко выявлен в одной из тогдашних дискуссий²³.

В свете сказанного, широко распространенная сверхкраткая формулировка сути дарвинизма: наследственность, изменчивость, отбор (восходящая, по-видимому, к Э. Геккелю) — теряет информативность, так как ее смысл радикально зависит от того, чье понимание слов подразумевается. Если понимать их по Дарвину (тогда наследственность лучше поместить после изменчивости), то выпадает половой процесс, если же — в нынешнем смысле, то под изменчивостью приходится понимать слишком многое (мутации и рекомбинации, корреляции и гомологические ряды и др.), что, как известно, порождает бесконечные и бесплодные дискуссии. Значительно точнее суть дарвиновского описания можно представить так: вариация, скрещивание, наследственность, отбор (под вариацией Дарвин подразумевал и то, что потом назвали мутацией, и модификацию).

Последовательность — вариация, скрещивание, наследственность, отбор — выражает суть развитой концепции Дарвина, тогда как у нас идет речь о рождении первой модели. В это время Дарвин еще не имел развернутого представления об изменчивости и наследственности, и мы можем только сказать, что он уже размышлял о половом процессе как источнике наследственной изменчивости и о наследственности как о некотором факторе, направляющем эволюционный процесс. Последнее видно, например, из таких записей: в первой книжке на с. 61 и 63 он высказал убеждение, что виды должны изменяться, чтобы не вымереть, так что порождение видов подобно порождению особей, причем изменение среды — не причина вымирания, а, наоборот, условие продолжения существования изменяющегося вида; во второй книжке, на с. 174, он отметил, что некоторые «изысканные адаптации трудно объяснить с помощью моего метода скрещиваний [, и] должна существовать какая-то корреляция»²⁴. Подобные соображения позволяют сказать, что дарвиновское открытие, сделанное 28 сентября 1838 г., заключалось в осознании, пусть и нечетком, следующей триады: половой процесс, наследственность, отбор.

Открытие как таковое состояло в нахождении замыкающего механизма, свя-

²² Там же, т. 4, гл. XII—XIV.

²³ Nature, 1870, v. 3, November, p. 49—50.

²⁴ Gruber H. E., Barrett P. H. Darwin on man..., p. 452.

зывающего все три элемента в триаду, замыкание же состояло в популяционной, статистической, трактовке отбора: если ранее Дарвин относил «закон малых различий, производящих более плодovitое потомство» к классификационным единицам — видам, то теперь он понял, что его следует относить к материальным (так сказать, экологическим) единицам — популяциями. Ведь именно популяции подвергаются через мальтусовский механизм апробации средой («экономией природы»). Теперь выявилась и стала на место также и перемешивающая функция полового процесса: без перемешивания трудно говорить об усреднении — основе статистического взгляда на эволюцию. (Вообще, для эпохи Дарвина статистический взгляд на мир был достаточно характерен.)

МОДЕЛЬ, ФАКТЫ И НОВАЯ МЕТОДОЛОГИЯ

Открытие было чисто умозрительным, и отсутствие достаточного обоснования никак не могло устраивать Дарвина, воспитанного в индуктивистских традициях, но скачок был совершен, и автору осталось только заняться кропотливыми поисками фактов; он-то и запомнил ему как «чисто бэконовский метод». В результате, как мы знаем, ему удалось фундаментально обосновать такие феномены, как приспо-

собленность и селекция домашних пород, но — не естественный отбор. Учение оказалось основанным на «ключевой метафоре» — аналогии между естественным отбором и искусственной селекцией. Она давала примеры замены одних вариантов другими, но в этих примерах не действовал мальтусовский механизм. Увязка актов адаптивной эволюции с актами конкуренции так и осталась в «Происхождении видов» мысленной, что и вызвало двойное отношение ко всему учению.

Этим, по-видимому, и объясняется отмеченный в начале статьи факт 20-летнего молчания Дарвина: будучи убежден в справедливости своей схемы, он искал ей подтверждения в рамках индуктивной методологии. Однако его схема была гипотетико-дедуктивной, так что поиски были, в некотором смысле, обречены на неудачу. Поэтому, в частности, он и не написал ни одной статьи об отборе: то, что годилось для связующих теоретический текст фраз, рассыпанных по книге, не могло бы составить индуктивно обоснованную статью. Индуктивный натуралист не смог, при всех стараниях, стать достаточной опорой дедуктивному эволюционисту — в этом, как нам представляется, и был источник душевного разлада Дарвина. Его сомнения и опасения смогла отбросить только биология начала XX в., и одна из непреходящих заслуг Дарвина — в поисках новых путей биологического познания.

ПРИРОДА

О получении аммиака из азота и водорода. Аммиак представляет собою бесцветное газообразное вещество с острым своеобразным запахом; водный раствор этого вещества известен в общежитии под названием нашатырного спирта. ...Если смешать водород с азотом и пропускать через эту смесь индукционные искры, то будет получаться аммиак; из одной частицы азота (N_2) и трех частиц водорода ($3H_2$) получается две частицы аммиака ($2NH_3$), или вкратце, на языке формул: $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$. При пропускании искр через смесь азота с водородом мы не можем получить более 6% аммиака ввиду того, что аммиак разлагается при тех же условиях, при которых он здесь образуется.

Ф. Габер нашел, что в присутствии некоторых веществ, например металла родия, происходит образование сравнительно значительных количеств NH_3 при сравнительно низкой температуре, при какой в отсутствие родия соединение азота с водородом происходит так медленно, что мы этого не замечаем.

Присутствие родия ускоряет здесь процесс, происходящий сам по себе очень медленно. Родий здесь служит катализатором.

Затем Ф. Габер на основании теоретических соображений прибегнул с успехом к помощи давления для получения аммиака из азота и водорода.

И действительно, Ф. Габер, нагревая до 300° сжатую в трубке до 200 атмосфер давления смесь азота и водорода, получил от 30% до 40% аммиака.

Мы не будем входить в подробности этого метода и останавливаться на описании прибора Ф. Габера, отметим лишь, что важность этого способа получения аммиака для промышленности не подлежит сомнению.¹

¹ Метод, предложенный Габером (в 1911 г. он был удостоен Нобелевской премии), лежит в основе современного промышленного способа получения аммиака. — Прим. ред.

Страница истории русско-немецких научных связей конца XVIII в.

Г. К. Цверав



Грант Константинович Цверав, историк естествознания и техники. Автор научных биографий: Прокоп Дивиш. М.— Л., 1965; Аньош Йедлик. Л., 1972; Никола Тесла. Л., 1974; Георг Вильгельм Рихман. Л., 1977, — а также статей в «Природе» (1974, № 3; 1975, № 4 и № 9; 1978, № 6 и др.)

В истории русской культуры XVIII в. Дмитрий Алексеевич Голицын занимает особое место, которому трудно дать однозначное и удовлетворительное определение. Профессиональный дипломат и испытатель природы по призванию, член многих академий и научных обществ, историк и тонкий знаток искусства, Голицын первым из образованных русских людей сказал свое веское и отнюдь не отвлеченное слово за отмену крепостничества в России.

Д. А. Голицын родился 15(26) мая 1734 г. предположительно в родовом имении отца, сельце «Спаское-Губино — Гореево тож» Московского уезда¹, которое находилось в районе нынешней Новоигреевской улицы столицы, примерно там, где и сейчас можно увидеть сохранившуюся кирпичной кладки церковь, построенную в начале XVIII в. князем И. А. Голицыным, дедом Дмитрия Алексеевича.

Алексей Иванович Голицын, отец будущего ученого и еще четырех сыновей и дочери, служил поручиком в расквартированном в Москве Бутырскому полку,

одном из регулярных солдатских полков, учрежденных в 1642 г. Он был женат на славящейся своей красотой княжне Дарье Васильевне Гагариной. В 1739 г. А. И. Голицын был убит на русско-турецкой войне. В начале 40-х годов после восшествия на престол Елизаветы Петровны вдова Голицына вместе с детьми переехала в Петербург. Учился ли Дмитрий в каком-нибудь учебном заведении или получил домашнее образование, мы не смогли установить. Однако есть все основания предполагать, что он и его братья окончили Сухопутный шляхетский корпус и были выпущены в гвардию.

Достоверно лишь то, что с двадцатилетнего возраста Д. А. Голицын числился по Коллегии иностранных дел. В документе, озаглавленном «Имянной список обретающимся при иностранных дворах здешним министрам, и при них канцелярским служителям с их годовым окладом», записано: «А по рескрипту от 14 апреля 1758 г. велено определить при тех министрах (посланниках.— Г. Ц.) по три человека из дворянства людей достойных молодых и способных титулярными советниками с жалованьем по 600 рублей в год дабы могли министерским делам обучаться и из тех кои наибольше себя усердными и способными окажут производить по одному... при мини-

¹ В двух источниках, один из них немецкий, указывается, что Д. А. Голицын родился в Петербурге, но это по ряду причин маловероятно. Мы придерживаемся реконструированной нами московской версии.

стре в советники... с жалованьем 1200 рублей в год»².

В числе таких молодых людей был и Д. А. Голицын, который в 1760 г. в чине капитана приехал в Париж приобщаться к искусству дипломатии под началом своего троюродного дяди Д. М. Голицына, того самого, который потом учредит известную больницу в Москве. Последний вскоре отбыл послом в Вену, и Дмитрий Алексеевич в течение двух лет при номинальных и весьма незадачливых, если не сказать резче, посланниках П. Г. Чернышеве и С. В. Салтыкове выполнял всю черновую посольскую работу. В августе 1762 г. Д. А. Голицын назначен поверенным в делах, а через два года он уже полномочный министр при французском дворе³. В 1768 г. Д. А. Голицын по не зависящим от него причинам был отозван и направлен посланником в Голландию. На этой должности он находился 13 лет, а прожил в Голландии до конца века, точнее до вступления французских войск в Нидерланды в 1795 г. Годы, проведенные во Франции, были определяющими в формировании его склада мышления и мировоззрения. Он снискал доверие и уважение таких прославленных умов, как создатели «Энциклопедии, или толкового словаря наук, искусств и ремесел» Д. Дидро и Ж. Д'Аламбер, экономисты Ф. Кенэ и В. Мирабо, философы П. Гольбах, К. Гельвеций, Г. Мабли, скульптор Э. Фальконе... Каждый из них оставил след в духовном облике Д. А. Голицына и каждый из них был обязан ему частицей своего «я». Близкая дружба связывала Д. А. Голицына с Д. Дидро, который был старше на двадцать лет.

Еще живя в Париже, Д. А. Голицын проявлял интерес к науке и технике. Так, в письме вице-канцлеру А. М. Голицыну он подробно информировал его о предстоящем 1 апреля 1764 г. солнечном затмении. Имея в виду намечавшееся сооружение мостов через Неву, в письме от 18 апреля 1764 г. тому же адресату, он, ссылаясь на опыт французских и английских мостостроителей, делится своими соображениями на этот счет⁴. Однако лишь с переездом в Голландию он смог углубленно и целенаправленно посвятить себя естественнонаучным исследованиям. В этой стране Д. А. Голицын проводил как самостоятельные экспериментальные наблюдения, так и

в сотрудничестве с такими видными нидерландскими учеными, как физик М. ван Марум (1750—1837) и астроном Я. Г. ван Свинден (1746—1823)⁵. Его, Д. А. Голицына, научные интересы простирались от изучения атмосферного электричества и построения гальванического элемента до вулканологии и систематики минералов. Следует подчеркнуть, что Д. А. Голицын был первым русским ученым, построившим по горячим следам вольтов столб, об изобретении которого А. Вольта письмом от 20 марта 1800 г. известил Королевское общество в Лондоне.

Ровно через семь месяцев, 20 октября Д. А. Голицын сообщает президенту Петербургской Академии наук А. Л. Николаи: «Гальванисты открыли чрезвычайно любопытное электрическое явление. Цинковые пластины, расположенные попеременно с серебряными пластинами и разделенные влажной фланелью, вызывают удар и даже электрическую искру. Я пробовал произвести опыт с 8 цинковыми и столькими же серебряными пластинами, но он мне не удался; однако меня заверили, что нужно по меньшей мере по 40 пластин каждого вида. Впрочем, по-моему, все это не является новостью; в третьем письме Вольты Грену читают, что, применяя одну оловянную пластину и одну серебряную, можно в одно мгновение на первом из этих металлов получить положительное электричество, на втором — отрицательное. Правда, здесь нет ни удара, ни искры; но, ваше превосходительство согласится, что эти обстоятельства зависят исключительно от значительного увеличения числа пластин» (оглашено 31 декабря 1800 г.)⁶.

Оговоримся сразу, что Д. А. Голицын не принадлежал к первопроходцам в науке. Он был в числе тех одаренных и органических необходимых в научном прогрессе естествоиспытателей, которые, во-первых, взрыхляли почву для новых научных посевов, во-вторых, интерпретировали и распространяли достижения более крупных ученых.

Вклад Д. А. Голицына в науку был достаточно высоко оценен. В 1778 г. его избирают почетным членом Петербургской

⁵ Snelders H. A. M. — Janus, 1978, t. LXV, № 1, p. 6.

⁶ Ленинградское отделение Архива АН (ЛО ААН), ф. 1, оп. 3, № 73, л. 55 (Голицын писал и печатался на французском языке. Здесь и далее переводы его текстов выполнены нами. — Г. Ц.); публикуется впервые, пер. с франц.

² ЦГАДА, ф. 1263, оп. 1, № 193, тетр. 2, л. 23.

³ Адрес-календарь. СПб., 1765, с. 9.

⁴ ЦГАДА, ф. 1263, оп. 1, № 1112, л. 15, 17; л. 57.

Академии наук, в 1798 г. — членом Вольного экономического общества. Он иностранный член Лондонского Королевского общества (1798), Брюссельской (1778), Берлинской (1793) академий наук и ряда других ученых корпораций. 17 апреля 1803 г. конференц-секретарь Петербургской Академии наук Н. И. Фусс, сообщая своим коллегам о смерти Д. А. Голицына, сказал: «Академия в его лице потеряла деятельного и весьма ревностного члена, который был ей полезен неустанной корреспонденцией, и имела честь поддерживать с ним тесную связь до последних дней его». Назвав некоторые труды покойного, Н. И. Фусс добавил: «Из его последних работ наиболее важным является «Минералогический словарь», который выдержал два издания в течение года»⁷.

В самом деле, общаясь с виднейшими европейскими естествоиспытателями, Д. А. Голицын извещал петербургских академиков о важнейших событиях в научной жизни — от астрономии до медицины. Он рекомендовал ученых в иностранные члены нашей Академии наук, посылал в ее адрес новинки научной литературы, в том числе собственные труды. И конечно же, пропагандировал за границей достижения русских ученых, в частности труды минералог Ф. П. Моисеенко (1754—1781), натуралиста К. И. Габлица (1752—1821), о которых он узнавал из поступающих к нему из России научных журналов и книг.

Эта научно-информаторская деятельность Д. А. Голицына (ее следы частично сохранились в Ленинградском отделении Архива Академии наук СССР) имела особо важное значение при Павле I, когда был запрещен ввоз в Россию зарубежных печатных изданий. Д. А. Голицын близко к сердцу принимал события, происходящие в Петербургской Академии наук. Узнав из письма конференц-секретаря И. А. Эйлера (1734—1800) о серьезных неурядицах в Академии наук, вызванных неумелым и грубым правлением директора С. Г. Домашнева, Голицын горько сетовал в ответном письме от 20 января 1783 г.: «Я получил письмо от 18 декабря (нового стиля) прошлого года, которое вы оказали честь мне написать. То, что вы мне сообщили о раздорах в нашей Академии, меня очень удручает... Я всегда питал отвращение к распрям, беспорядку, в особенности, когда они проникают в корпорацию, нарочно призванную

просвещать род людской. Мне казалось, что если согласие и добрая воля к разумению были бы изгнаны с лица земли, то именно в лоне академий они могли бы обрести себе убежище. Получилось, однако, по-другому, и я сожалею об этом от всего сердца»⁸.

В последние годы своей жизни вышедший в отставку Д. А. Голицын жил как частное лицо в Брауншвейге, где продолжал свои научные изыскания, главным образом, в области минералогии. В этом небольшом городе, столице Брауншвейгского герцогства, в конце XVIII — начале XIX вв. существовало небольшое сообщество ученых — врачей, натуралистов, математиков. Средоточием их деятельности был основанный в 1745 г. Collegium Carolinum — учебное заведение, сопоставимое с гимназией повышенного типа. Душой этого неформального кружка ученых был профессор Каролинума естествоиспытатель и путешественник Э. фон Циммерман (1743—1815), почетный член Петербургской Академии наук с 1794 г. Д. А. Голицын подружился с Э. Циммерманом и нашел общий язык с его коллегами.

В эти же переломные в истории Европы годы в другом карликовом немецком государстве Саксен-Веймар-Эйзенахе в университетском городе Йене возникло первое в мире Минералогическое общество. Инициатором его организации был Й. Г. Ленц (1745—1832). Выпускник Йенского университета, Й. Г. Ленц с первых же лет своей научно-педагогической деятельности посвятил себя изучению «трех царств Природы», как тогда выражались. В 1779 г. он стал смотрителем «Кабинета натуралий» в герцогском замке. Через три года Й. Г. Ленц первым начал читать университетской курс минералогии, который с тех пор прочно вошел в университетские программы в качестве самостоятельной дисциплины. В 1784 г. его назначили профессором философского факультета.

Й. Г. Ленц придавал большое значение минералогии как основе горного дела. Он был верным последователем главы немецких минералогов, основателя геологической школы нептунистов А. Г. Вернера (1750—1817). Чтобы привлечь внимание общественности к проблеме минералогии, Й. Г. Ленцу при поддержке властей удалось учредить в 1796 г. в Йене «Герцог-

⁷ Протоколы заседаний конференции Императорской Академии наук с 1725 по 1803 год. Т. IV. СПб., 1911, с. 1073.

⁸ Научная библиотека Тартуского государственного университета, ф. Sch., 1095, л. 1. (Публикуется впервые.)

ское общество по всеобщей минералогии», официальное открытие которого состоялось 7 января 1798 г. В ведение общества перешел упомянутый «Кабинет натуралий», вскоре превращенный в первоклассный минералогический музей, о чем будет сказано ниже. Особенностью этого основанного в немецких землях общества было то, что его члены подразделялись на два равноправных представительства, или землячества, — «немецкой нации» и «венгерской нации»⁹. В последнем видное место занимали словацкие горные специалисты, многие из которых завершили образование в Йене. Напомним, что до 1918 г. Словакия с ее богатой горнорудной областью входила в состав Венгрии.

Бессменным директором Минералогического общества, т. е. фактическим руководителем, был И. Г. Ленц. Первым президентом общества был избран молодой венгерский магнат Д. Телеки, но он умер через несколько месяцев, не оставив следов своей деятельности. Небезынтересно, что устав Йенского общества был взят за основу при учреждении в 1817 г. в Петербурге Минералогического общества, существующего до сих пор (ныне Всесоюзное минералогическое общество), первым директором которого был профессор петербургского Педагогического института, а до того доцент Йенского университета Л. И. Пансер (1777—1851).

Почетными членами Минералогического общества в Йене избирались известные естествоиспытатели — немецкие и иностранные, и одними из первых И. В. Гёте и Д. А. Голицын, труды которого по минералогии, выдержанные в духе самых передовых направлений в этой области, снискали ему широкое признание. Не вдаваясь здесь в оценку его трудов (они — предмет специального исследования), достаточно указать, что его «Трактат, или Сокращенное и методическое описание минералов», изданный в 1792 г. в Маастрихте, выдержал еще четыре издания в различных городах, причем два последних после смерти автора.

Не следует думать, что Д. А. Голицын был кабинетным ученым. Он много ездил как по Голландии, так и по Германии, наблюдал природу во всех ее внешних проявлениях, разыскивал и собирал минералы. В 1799 г., путешествуя по Баварии, он среди пород горного массива Шпессарт вбли-

зи города Ашаффенбурга открыл новый минерал, как оказалось впоследствии, разновидность титанового железняка или меканита.

13 мая 1799 г. Д. А. Голицын писал И. Г. Ленцу: «Милостивый государь! С глубокой благодарностью я получил Диплом почетного члена Минералогического общества в Йене и письмо, которое вы были так добры написать мне по этому случаю... Заверяю вас, что приложу все свои старания, чтобы и впредь быть достойным этого знака внимания. Г-н профессор Циммерман любезно взял на себя труд переслать вам... шесть экземпляров только что опубликованной моей работы, касающейся исключительно минералогии. Это — мои размышления о современном состоянии этой науки в Европе. Если мои предыдущие схожие сочинения смогут вас заинтересовать, то я позабочусь их вам послать»¹⁰. В этом послании речь шла об изданной в 1799 г. в Брауншвейге брошюре, озаглавленной «Второе Письмо г. Креллю, или Размышления о современной минералогии», в которой Д. А. Голицын, развивая мысли, высказанные в предыдущем, вышедшем в свет в 1797 г. «Письме Креллю», аргументированно показал неудовлетворительность подходов некоторых естествоиспытателей в их попытках доискаться «природы субстанций», из которых образуются минералы. Л. Крелль (1744—1816) преподавал химию в Каролинуме, впоследствии профессор Геттингенского университета, почетный член Петербургской Академии наук, издатель химических журналов, известен также исследованиями фосфора. Он один из брауншвейгских знаменитостей Д. А. Голицына.

Так начался научный обмен между Д. А. Голицыным и И. Г. Ленцем. Из Брауншвейга в Йену шли не только письма и книги. Русский ученый щедро одаривал Минералогическое общество экспонатами из своей коллекции, в том числе привезенными из России, что еще раз подтверждает наличие крепких связей с родиной. Д. А. Голицын послал И. Г. Ленцу и образец найденной им титановой руды. Немецкий ученый не остался в долгу. В то время у Общества не было президента, и русский аристократ, правда, совсем небогатый, с блестящим реноме ученого-минералога являл-

⁹ См.: Franke H.— Wiss. Z. d. Friedrich Schiller Univ. Math.— Nat. Reihe, 1976, № 2, S. 159.

¹⁰ Архив Йенского университета, акты Минералогического общества (UAI, MS), 1799, № 336, л. 1, 2. (Здесь и далее перевод с копий голицынских писем, любезно присланных нам Х. Франке из Йены.— Г. Ц.)

ся вполне подходящей кандидатурой, чтобы занять почетный и ко многому обязывающий пост. Брауншвейгские друзья Д. А. Голицына, и прежде всего его домашний врач У. Брюкман, к которым обратился Й. Г. Ленц за содействием, уговорили Дмитрия Алексеевича не отказываться от этой чести. На собрании членов Минералогического общества, состоявшемся 21 июня 1799 г., Д. А. Голицын был избран президентом этой ученой ассоциации. Более того, Й. Г. Ленц испросил разрешения у своего шефа назвать открытый им в Баварии минерал «галлицинитом» (согласно французской транскрипции фамилии), причем сперва предлагалось «димитрит». В письме от 1 июля 1800 г. Д. А. Голицын, принимая с признательностью это предложение, указал, что от менаканита новый минерал отличается величиной «глыб».

В своей последней работе «Сборник минералогических наименований в алфавитном порядке», которую Н. И. Фусс назвал «Минералогическим словарем» (см. выше), Д. А. Голицын в описания титаносодержащих минералов включил такую справку: «Галлицинит (по Ленцу)... найденный в Шлессарте в четверти лье от Ашафенбурга... с полиэдрическими кристаллами, форму которых невозможно точно определить, так как не встречается хорошо сохранившимся»¹¹. Наименование «галлицинит» удержалось в терминологии по крайней мере до середины XIX в. Так, в энциклопедии Ларусса того времени можно прочитать: «Галлицинит — минерал, содержащий окись титана с железом, называемый также рутилом»¹².

В Брауншвейге Д. А. Голицын жил без семьи. Он уже много лет как отошел от жены Амалии, урожденной фон Шметтау; ее крайний католицизм с уклоном в мистику претил Дмитрию Алексеевичу, человеку полностью равнодушному к религии. Сын его, тоже Дмитрий, принял католичество и в 1792 г. уехал в Америку миссионером, где и умер. Дочь Марианна жила своей семьей. Между тем здоровье Д. А. Голицына все ухудшалось, но, несмотря на это, он не выпускал пера из своей руки, можно сказать, до последнего вдоха. Чувствуя приближающийся конец, он был серьезно озабочен судьбой своей минералогической

коллекции и библиотеки. Отправлять все это в Россию при существующей в Европе сложной военно-политической обстановке было бы делом весьма ненадежным и дорогостоящим. А Д. А. Голицын находился в крайне стесненных материальных условиях, даже вынужден был съехать с нанятого им дома в менее благоустроенное, но более дешевое жилище. Остался один достойный и приемлемый выход — подарить свои музейные ценности Минералогическому обществу, которое он возглавлял. Нужно ли подчеркивать, с какой радостью Й. Г. Ленц и его со товарищи восприняли эту новость из Брауншвейга. Началась новая волна переписки.

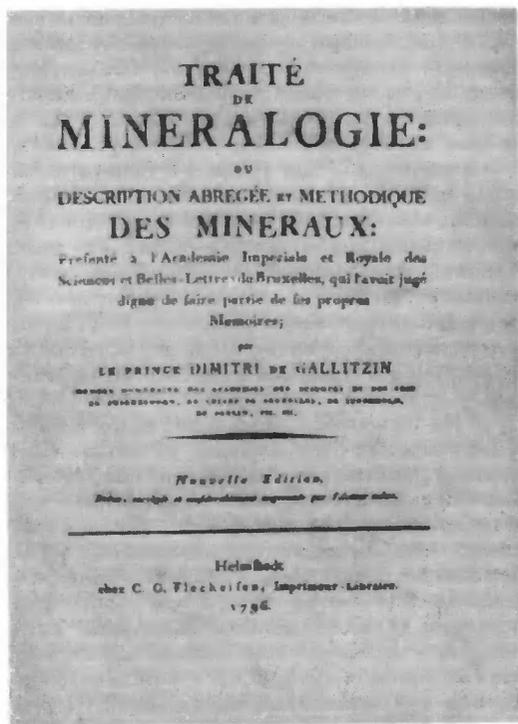
На письмо Й. Г. Ленца от 3 июля 1802 г. Д. А. Голицын ответил лишь 29 июля: «Задержка моего ответа... была невольной. Ваше письмо застало меня на смертном ложе. Сейчас я выздоравливаю... Меня известили, чтобы я дождался любопытного набора теллуровых руд, который аббат Арнольд выслал мне из Вены, с тем чтобы преподнести в более полном виде мою коллекцию нашему уважаемому обществу. Моя коллекция интересна, в основном, количеством минералов из дальних стран весьма крупных размеров. Например, мой мягкий камень из Бразилии (или эластичный кварц) имеет около двух футов длины. Бугристый малахит, очень красивый, весит, может быть, больше одного квартала (100 кг.— Г. Ц.). Жилы берилла (с Урала и Даурии), смешанные немного с желтым и бесцветным топазом... воистину массивны. Зеолиты всех видов; группа турмалинов с хорошо сохранившимися пирамидами; русские камни (или из Лабрадора) огромной величины и др. Это хорошо, что перевозку вы берете на себя, ибо признаюсь вам откровенно, мои возможности не позволяют взять на себя издержки»¹³.

Не все ладилось с передачей имущества, и Д. А. Голицын торопит Й. Г. Ленца. Вот отрывок его письма от 8 августа 1802 г.: «Особые обстоятельства принуждают меня настаивать на скором ответе. Я должен покинуть дом, который занимаю здесь в настоящее время. Если вы принимаете мою коллекцию, то я ее оставлю в доме, который я покидаю, до тех пор пока вы ее не заберете. Я повторяю, милостивый государь, моя коллекция неудобна для частного лица, живущего не в большом до-

¹¹ Gallitzin D. Recueil de noms par ordre alphabétique appropriés en Mineralogie aux terres et pierres, aux métaux et demi métaux et aux bitumes... Brunsvik, 1802, p. 202.

¹² Larousse P. Grand Dictionnaire universel de XIX-e siècle. T. 8. P., 1865, p. 967.

¹³ UAI, MS, 1802, № 858, л. 1, 2. (Письмо написано под диктовку или же переписано аккуратным почерком; подпись Голицына.— Г. Ц.)



Титульный лист книги Д. А. Голицына «Краткое и методическое описание минералов».

ме; более всего она подойдет для музея¹⁴. Через месяц, 9 сентября, Д. А. Голицын напишет И. Г. Ленцу: «Г-н Циммерман принял все меры, чтобы без задержки упаковать минералы и отправить вам... Я присоединю к этой партии особый ящик с книгами. Я очень рад, что вы прислали мне каталог того, чем вы обладаете; я увидел, что вам недостает много существенного, и я постарался частично заполнить этот пробел тем, что я вам пошлю. Вы будете иметь среди прочего полный комплект «Анналов химии» Крелля и Veitträge Клапрота»¹⁵.

Но И. Г. Ленцу и этого было «мало». Он просил Д. А. Голицына прислать его портрет, который украсил бы минералогический музей в Йене, где центральное место должна будет занимать голицынская коллекция. 29 октября 1802 г. президент Общества ответил И. Г. Ленцу, директору: «Г-н фон Циммерман только что сказал мне, что все минералы упакованы и что они

сегодня же будут у экспедитора, который, я надеюсь, не замедлит их отправить в Йену. Что же касается моего портрета, сударь, то я уверяю вас, что мне было бы очень лестно знать, что он помещен в музей; но, право, у меня его вовсе нет, и я не знаю здесь ни одного сносного художника»¹⁶. Обстоятельство весьма прискорбное и подтверждающее тщетность наших попыток найти какой-нибудь портрет Д. А. Голицына.

Не вдаваясь в дальнейшие подробности затронутой нами приемо-сдаточной операции, укажем лишь, что в декабре 1802 г. голицынский груз общим весом 37 центнеров был доставлен в Йену, где его коллекция растворилась в общей массе минералов, представленных в этом музее. Важно другое. Дождавшись выхода в свет в 1801 г. классического труда французского ученого Р. Аюи (1743—1822), его «Курса минералогии», Д. А. Голицын, хотя и с некоторыми оговорками, стал его последователем, т. е. утвердился во мнении, что основой минералогической классификации является как химический состав, так и структура минералов. В этом можно убедиться, прочитав «Введение» к упомянутому «Сборнику минералогических наименований», а также его письмо И. Г. Ленцу от 8 марта 1803 г., вероятно, одно из последних, если не самое последнее, написанное за неделю до смерти. Приведем его полностью: «Я полагаю, милостивый государь, что в настоящее время все минералы моей коллекции распакованы и находятся у вас. Умоляю вас побеспокоиться разложить их теперь согласно системе Аюи и не мучиться, стараясь сохранить порядок, в котором они были раньше. Я уже имел честь вам говорить, что у меня не было досуга этот порядок изменить, но тем не менее я в последнее время ощущал крайнюю необходимость в этом. И поскольку моя коллекция содержит почти все, что известно о минералах, предлагаемая мною система существенно обогатит ее, придаст больше ясности. Я прошу вас также не забыть о моей просьбе относительно маленького кусочка самородного железа Палласа¹⁷, который находится в коллекции. Он не принадлежит мне, и я его упаковал по рассеянности с другими минералами. Это, конечно, мелочь, но

¹⁶ Ibidem, № 887, л. 1.

¹⁷ Палласово железо — железокремнистый метеорит, первый образец которого был найден в 1772 г. в Сибири и по распоряжению академика П. С. Палласа доставлен в Петербург.

¹⁴ Ibidem, № 864, л. 1.

¹⁵ Ibidem, № 873, л. 3.

мне надоедают с его возвращением. Мой последний «Сборник минералогических наименований» был признан в Петербурге столь полезным для науки, что Вольное экономическое общество этого города послало мне Золотую медаль и другую Серебряную в знак своего одобрения»¹⁸. Мы не знаем, успел ли получить Д. А. Голицын эту награду. Он умер 4(16) марта 1803 г. от рака гортани в Брауншвейге, похоронен там же 9(21) марта на кладбище при церкви св. Николая. Могила не сохранилась, так как кладбище было разрушено во время последней войны¹⁹.

Среди брауншвейгских бумаг Д. А. Голицына, хранящихся в Ленинградском отделе Архива Академии наук СССР, мы недавно обнаружили его рукопись, которая имеет прямое отношение к теме настоящей статьи. Речь идет о письме Д. А. Голицына от 9 августа 1801 г. на имя президента Петербургской Академии наук А. Л. Николаи, оглашенное на академическом собрании 19 августа. Ученый писал: «Во время моего пребывания на водах в Бад-Дрибурге редактор моего так называемого Словаря²⁰ г-н фон Циммерман послал вашему превосходительству 13 экземпляров этой работы через Любек...» Примечателен, однако, постскрипtum этого письма: «Среди экземпляров моего Словаря вы найдете латинскую работу по математике одного молодого человека. Я просил г-на Циммермана переслать ее вам, чтобы вы имели представление об изумительном таланте этого молодого человека. Если наша Академия нуждается в великом математике, то я беру на себя смелость посоветовать вам, ваше превосходительство, не упустить его. Он, кажется, из того же теста, из которого Природа сотворила Ньютона и Эйлера»²¹.

В приведенном отрывке Голицын имел в виду К. Ф. Гаусса (1777—1855), уроженца Брауншвейга и воспитанника упоминавшейся Коллегии Каролиnum, затем Геттингенского университета. Возвратившись в

1798 г. в родной город, работая там приват-доцентом, К. Ф. Гаусс обогатил науку «Арифметическими исследованиями» (*Disquisitiones Arithmeticae*), напечатанными в 1801 г. Именно об этой фундаментальной работе «молодого человека» и сообщал Д. А. Голицын, который был знаком с К. Ф. Гауссом и мог непосредственно оценить его могучий ум. Правда, еще до того, в 1799 и 1800 гг. Циммерман по инициативе русского ученого посылал в Петербург ранние труды К. Ф. Гаусса, но, видимо, они не дошли до Академии наук. Павел I был еще жив.

Рекомендация Голицына, подкрепленная последующими ходатайствами друзей К. Ф. Гаусса, возымела действие. Русские ученые воздали должное «Арифметическим исследованиям» и другим трудам брауншвейгского математика, особенно законченной в ноябре 1801 г. работе по вычислению «потерянной» малой планеты Цереры. В конце 1802 г. он был избран членом-корреспондентом нашей Академии наук. В тот период она нуждалась в астрономе, который возглавил бы обсерваторию в Кунсткамере (Пулковской еще не было). Начались деловые переговоры руководства Академии наук с К. Ф. Гауссом о его переезде в Россию на очень выгодных условиях. Подробнее об этом сказано в недавно вышедшей монографии Е. П. Ожиговой²².

Стоит здесь добавить, что бременский астроном Г. Ольберс (1758—1840), открывший Цереру по данным К. Ф. Гаусса и затем другую малую планету Палладу, узнав из письма К. Ф. Гаусса от 12 октября 1802 г. о соблазнительных предложениях, сделанных Петербургской Академией наук, приложил все усилия, чтобы оставить К. Ф. Гаусса в Германии, что Г. Ольберсу и его единомышленникам удалось. Как бы то ни было, Д. А. Голицыну первому пришла идея приобщить К. Ф. Гаусса к русской науке.

²² Ожигова Е. П. Математика в Петербургской Академии наук в конце XVIII — первой половине XIX в. Л., 1980, с. 130—134.

¹⁸ УА1, MS, 1803, № 923, л. 1, 2 (Д. А. Голицын ошибся. Он был награжден лишь серебряной медалью. См.: Новое продолжение Трудов Вольного экономического общества, ч. 55, 1803, с. 364).

¹⁹ Справка от 20 июня 1980 г. городского архива г. Брауншвейга.

²⁰ Подразумевается первое, вышедшее в 1801 г. издание «Сборника минералогических наименований».

²¹ ЛО ААН, ф. 1, оп. 3, № 73, л. 128. (Публикуется впервые.)

Организация науки

Золотые медали им. М. В. Ломоносова за 1981 г.

Высшая награда Академии наук СССР — золотые медали им. М. В. Ломоносова присуждены в 1981 г. советскому академику В. А. Котельникову за выдающиеся достижения в области радиофизики, радиотехники и электроники и академику Сербской академии наук и искусств П. Савичу (Социалистическая Федеративная Республика Югославия) за выдающиеся достижения в области физики и химии.

Академик Владимир Александрович Котельников более 50 лет ведет плодотворную инженерную и научно-исследовательскую работу в области радиотехники и радиосвязи. В 1933 г. он опубликовал статью «О пропускной способности «афиры» и проволоки в электро-связи», в которой сформулировал теорему о выборках, широкое техническое применение которой не потеряло своего значения до настоящего времени.

В годы Великой Отечественной войны В. А. Котельников отдавал всю свою энергию и талант созданию специальной аппаратуры связи — его успехи в этой области дважды (в 1943 и 1946 гг.) были отмечены Государственными премиями СССР.

В последующие годы В. А. Котельников занимался теоретическим исследованием процессов, характерных для радиоприема при наличии шумов. Результаты этих исследований были обобщены и опубликованы в 1956 г. во всемирно известной монографии «Теория потенциальной помехоустойчивости»; впервые были найдены условия создания оптимальных приемников для ряда важных практических случаев и оценены возможности получения в них максимальной чувствительности.



В. А. Котельников.



П. Савич.

Возглавляя с 1954 г. Институт радиотехники и электроники (ИРЭ) АН СССР, В. А. Котельников создал в нем ряд научных направлений, которые имеют в настоящее время огромное практическое значение. Так, пионерские работы в области радиоприема были развиты применительно к задачам космических исследований, и особенно к их важному разделу — планетной радиолокации. Результатом этих исследований явилось значительное уточнение величины астрономической единицы: в настоящее время при скорости света $299\,792\,458$ км/с ее значение составляет $149\,597\,868 \pm 0,3$ км. Такая точность позволила уверенно рассчитывать траектории полета космических кораблей к Венере и Марсу, обеспечить их посадку в заданные районы поверхности этих планет. Данные радиолокационных исследований Венеры, Марса и Меркурия послужили основой для создания новой релятивистской теории движения планет, которая раз-

работана при активном участии В. А. Котельникова в Институте радиотехники и электроники АН СССР, Институте прикладной математики АН СССР, Институте теоретической астрономии АН СССР и в других институтах.

Большое научное значение имеют и полученные при радиолокационных исследованиях планет данные о физических условиях на их поверхности. Ранее из-за наличия мощного облачного слоя в атмосфере Венеры не было данных о периоде и направлении ее вращения. Теперь, благодаря радиолокационным исследованиям, стало известно, что период вращения Венеры близок к $243,04 \pm 0,03$ земных суток, а также что планета в каждом «нижнем соединении» обращена к Земле одной и той же стороной и направление ее вращения вокруг собственной оси обратно земному.

В последние годы В. А. Котельников много сил отдает развитию нового научного и тех-

нического направления в области связи — созданию волоконно-оптических систем. Эти работы обещают революционное преобразование в технике связи, и В. А. Котельников не только является их организатором, но принимает непосредственное участие — им выполнен ряд сложных расчетов и получено несколько авторских свидетельств на изобретения в этой новой области.

В ИРЭ АН СССР созданы первые образцы волоконных световодов с малыми потерями и ряд телеграфных, телефонных, видеотелефонных и телевизионных линий связи по стекловолокну, а также волоконно-оптические линии для передачи цифровой информации со скоростью более $100 \text{ Мбит} \cdot \text{с}^{-1}$. Малые потери в стекловолоконных кабелях и их большая широкополосность уже в настоящее время позволяют передавать без ретрансляции на десятки километров сотни телевизионных программ или сотни тысяч телефонных каналов.

Занимая посты вице-президента АН СССР, председателя совета «Интеркосмос» АН СССР и директора Института радиотехники и электроники АН СССР, В. А. Котельников инициирует и активно способствует развитию многих новых научных направлений в области радиотехники и электроники, таких, например, как работы по исследованию и освоению новых диапазонов электромагнитных волн, исследовательские работы в области микроэлектроники, применения радиофизических методов в сельском хозяйстве и мелиорации и т. п.

Научные достижения В. А. Котельникова получили широкое признание как в СССР, так и за рубежом: он дважды Герой Социалистического Труда, Лауреат Ленинской премии и золотой медали им. А. С. Попова АН СССР, награжден многими орденами и медалями СССР и братских социалистических стран. В. А. Котельников член академий наук ГДР, ПНР и ЧССР, почетный член Американского института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике.

Награждение В. А. Котельникова золотой медалью им. М. В. Ломоносова является еще одним свидетельством при-

знания его выдающихся заслуг в развитии советской науки и техники.

Академик Н. Д. Девятков

Академик Сербской академии наук и искусств (СФРЮ) Павле Савич — один из выдающихся ученых Югославии, пользующийся мировой известностью.

Начало его научной деятельности связано с именем Ирен Жолио-Кюри, с которой он работал в Институте радия в Париже с 1935 по 1939 г. В своих совместных исследованиях по нейтронному облучению ядер урана и тория они установили, что одним из продуктов нейтронного облучения является редкоземельный элемент, а не трансурановый. Этот результат привел к одному из фундаментальнейших достижений физики XX в. — открытию деления ядер.

Далее П. Савич открывает первый газообразный радиоактивный элемент и тем самым доказывает справедливость выдвинутой им гипотезы об инертных газах как первичных продуктах деления, определяет эффективное сечение для тепловых и резонансных нейтронов урана, разрабатывает метод флюорометрического определения урана и т. д.

Круг научных интересов П. Савича необычайно широк и многогранен: от ядерной физики до поведения материалов под высоким давлением. Находясь в СССР в 1944—1946 гг., он начал активно заниматься физикой низких температур совместно с А. И. Шальниковым в Институте физических проблем АН СССР.

С 1960 г. по настоящее время П. Савич занимается исследованием причин вращательного движения небесных тел, которое пока не может объяснить ни одна из космических теорий. В соответствии с гипотезой, предложенной Савичем, под влиянием гравитационного тяготения и охлаждения атомы, составляющие вещество небесных тел, стремятся к центру тяжести образуемого ими облака, в результате чего бесформенное облако превращается в шар. Растущее давление вызывает

уплотнение материала, и при сверхвысоких давлениях происходит выброс электронов с оболочек атомов. В результате атомы, потерявшие некоторое количество электронов, должны обладать свободным магнитным полем и, следовательно, парой сил, которая и вызывает вращение (как всеобщий вид существования больших масс в природе).

Впоследствии эта гипотеза, сформулированная еще в первом сообщении П. Савича «О происхождении вращения систем частиц и отдельных небесных тел», приобрела характер стройной теории, подтвержденной опытом. Многие положения этой теории оказались весьма ценными при исследовании явлений, происходящих в материалах под действием высоких давлений.

П. Савич — крупный организатор науки в Югославии. В 1947 г. он организовал и многие годы возглавлял Институт по изучению строения материи (ныне Институт ядерных исследований им. Б. Кидрича), с 1971 по 1981 г. П. Савич — президент Сербской академии наук и искусств; долгое время он был заместителем председателя Комиссии по ядерной энергии Югославии.

Вклад П. Савича в современную науку, его глубокий интерес к проблеме взаимосвязи науки и общества, его постоянная забота о воспитании научных кадров наиболее ярко характеризует его как человека и ученого.

С ранней юности П. Савич связал свою жизнь с революционным и национально-освободительным движением, отдавая все силы борьбе за интересы рабочего класса, свободу и процветание народа Югославии. П. Савич — активный борец за мир во всем мире, выступающий против неконтролируемых ядерных экспериментов.

Многогранная и плодотворная научная, научно-организационная и общественная деятельность академика П. Савича получила признание мировой общественности: он — Герой Социалистического Труда Югославии, награжден многими орденами СФРЮ и других стран. П. Савич — иностранный член

Академии наук СССР, почетный член Венгерской академии наук, член Афинской и Нью-Йоркской академий, а также других иностранных обществ.

Академик **Н. М. Жворонков**

И. А. Захрова,

кандидат химических наук

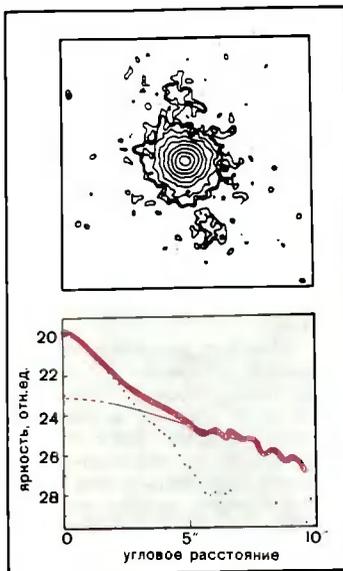
Астрофизика

Квazarы — аномально активные ядра галактик

Появляются все новые наблюдательные доказательства того, что квазары окружены слабо светящейся протяженной оболочкой и, по-видимому, представляют собой аномально активные ядра галактик¹. Так, в Чили на телескопе с диаметром зеркала 3,6 м, принадлежащем Европейской южной обсерватории, удалось достигнуть высокого уровня чувствительности, при котором за 60 мин экспозиции на фотопластинах можно выделять объекты с поверхностной яркостью порядка 1% от яркости ночного неба. Были получены фотопластины с изображением 15 квазаров, которые выбирались случайным образом среди объектов с красным смещением $0,1 < Z < 0,6$, расположенных достаточно высоко над плоскостью Галактики.

В результате анализа фотопластин для каждого квазара были построены карты изофот и профили яркости (усредненные по направлениям зависимости яркости объекта от углового расстояния, которое отсчитывается от точки положения максимума яркости). Чтобы доказать неточечную природу наблюдаемых объектов, производилось сравнение полученного профиля с аналогичным профилем для звезды, которая моделировала точечный источник так, чтобы ее яркость была близка к яркости исследуемого квазара.

Из 15 выбранных квазаров для 13 (т. е. 81%) удалось обнаружить неточечную оболочку



Изофоты (вверху) и профили интенсивности (внизу) квазара PHL 1093. Отличие профиля интенсивности точечного источника (черные точки) от профиля интенсивности для квазара (цветная линия) доказывает наличие у квазара протяженной оболочки. Сплошной черной линией показана аппроксимация распределения яркости галактики (без ядра).

вокруг яркого центрального объекта. Причем если из полной светимости квазара вычесть светимость центрального источника, то оставшаяся часть по порядку величины совпадала со светимостью нормальной галактики, которая примерно в 10^{10} — 10^{11} раз больше светимости Солнца. Видимый размер туманности равен 90 ± 30 кпс (1 кпс $\approx 3 \cdot 10^{22}$ см).

Таким образом, гипотеза, согласно которой квазар — это ядро галактики, находящееся в аномально активном состоянии, подтверждается обнаружением протяженных оболочек вокруг квазаров, которые до настоящего времени воспринимались нами в оптическом диапазоне как точечные источники. Оказалось, что оболочки, окружающие квазары, по своим параметрам близки к обычным, даже не самым ярким, галактикам, но отношение светимости ядра к светимости самой галактики (без ядра) намного больше, чем у всех других галактик.

Доказательство структурной близости квазаров и обычных галактик, безусловно, является большим достижением, но не решает окончательно проблему квазаров. По-прежнему не до конца понятно, какие процессы приводят к столь мощному излучению и как формируется наблюдаемый спектр квазара.

Astrophysical Journal, 1981, v. 247, p. 750—761. (США).

Астрофизика

Лазерный гетеродин смотрит на звезды

Уже давно в астрономии используется гетеродинный прием в радиодиапазоне; он позволяет наблюдать переходы между вращательными подуровнями в молекулах, находящихся в межзвездной среде. С введением лазера удалось перевести прием в инфракрасный диапазон, в котором расположены частоты переходов между колебательными подуровнями космических молекул, и получать информацию о плотности вещества в окрестности звезд, что, в свою очередь, позволяет исследовать их эволюцию.

При гетеродинном приеме измеряется частота биений между излучениями принимаемых спектральных линий и местного источника — гетеродина, это дает возможность фиксировать «космические» спектральные линии с довольно высокой точностью.

А. Бетц (Центр космических исследований Калифорнийского университета, Беркли, США) и Р. Макларен (Торонтский университет, Канада) в эксперименте, выполненном на обсерватории Киттс Пик (Туссон, штат Аризона, США), записали спектр излучения молекул аммиака из окрестности супергиганта, находящегося на последней стадии эволюции. По мнению Бетца, лазерная техника — простейшая и, возможно, единственная, позволяющая регистрировать наличие аммиака в окрестности звезд. Так, по характеру спектра аммиака можно судить о тем-

¹ Подробнее см., напр.: Комберг Б. В. Туманности вокруг квазаров и квазароподобных ядер. — Природа, 1982, № 5, с. 37.

пературе и плотности молекул водорода в окрестности звезды. В свою очередь, по температуре можно определить расстояние до звезды, а по плотности молекулярного водорода — скорость выброса вещества из звезды; все это указывает на характер эволюции звезды — быть ей сверхновой или нет.

В приемнике использовался CO₂-лазер, перестраиваемый с помощью дифракционной решетки, детектор на пути с теллуридом кадмия и радиочастотный спектроанализатор. Мощность лазера составляла 0,5 мВт, частота биений 0,1—2 ГГц; чтобы избежать поглощения в земной атмосфере, в лазере использовался CO₂ нестандартного изотопного состава.

Аналогичная система применялась и для регистрации излучения звездного этилена, также имеющего полосы в 10-микронной области спектра. Спектр этилена не зависит от концентрации молекулярного водорода, однако является лучшим «термометром», нежели аммиак.

В дальнейшем предполагается использовать и другие линии в гетеродинной лазерной системе, в частности линии в 5-микронной области CO₂-лазера.

Laser focus, 1981, v. 17, № 9, p. 34—36 (США).

Физика

Возбужденные состояния л-мезона

А. А. Тяпкин, Д. П. Беллини, О. А. Займидорога и др. (Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, и Институт физики, Милан, Италия) получили данные, указывающие на существование новых частиц, являющихся возбужденными состояниями л-мезона.

Эксперименты проводились на ускорителе Института физики высоких энергий (Протвино). Пучок л-мезонов, ускоренных до энергии 40 ГэВ, направлялся на мишени из алюминия, меди, золота, свинца

и других металлов. Изучался неупругий процесс взаимодействия л-мезонов с ядрами мишени, когда ядро А остается в невозбужденном состоянии: $l^- + A \rightarrow l^- + l^- + l^+ + A$. В этом случае квантовые числа системы из трех родившихся л-мезонов совпадают с квантовыми числами налетающего л-мезона. Наблюдения проводились с помощью магнитного искрового спектрометра; было зарегистрировано около 110 тыс. событий с рождением трех л-мезонов.

Обычно при поисках новых частиц изучают поведение полного сечения процесса в зависимости от массы продуктов реакции. Резкое возрастание сечения (резонанс) указывает на рождение частицы с массой, соответствующей положению этого резонанса, а его ширина Γ связана с временем жизни частицы ($\tau = 1/\Gamma$).

Однако в данном случае в изучаемой области расположен ряд уже известных резонансных состояний, что затрудняет поиск новых частиц. Поэтому применялся анализ угловых распределений, позволяющий отбирать из всех событий те, которые удовлетворяют определенным свойствам. В частности, были отобраны события, в которых конечная тройка пионов имела нулевой полный спин и отрицательную четность, причем орбитальный момент одного из л-мезонов относительно пары л⁺л⁻ был также равен нулю. Кривая зависимости числа таких событий от полной массы трех пионов имела два максимума, интерпретируемых как новые частицы л' и л'' с квантовыми числами л-мезона; $m_{\pi^+\pi^-\pi^0} = 1205 \pm 7$ МэВ, $\Gamma_{\pi^+\pi^-\pi^0} = 320 \pm 35$ МэВ; $m_{\pi^+\pi^-\pi^0} = 1770 \pm 40$ МэВ, $\Gamma_{\pi^+\pi^-\pi^0} = 210 \pm 30$ МэВ. Большая ширина резонансов указывает на недолговечность частиц: их время жизни составляет $(2-3) \cdot 10^{-19}$ с.

В атомной физике хорошо известно, что нерелятивистские системы могут иметь возбужденные состояния с теми же моментом и четностью, что и основное состояние, но с другой энергией (например, 1s- и 2s-уровни атома водорода). Такие состояния называются радиальными возбуждениями.

В физике элементарных частиц надежно установлено существование радиальных возбуждений в системах тяжелых кварков $\bar{c}c$ и $\bar{b}b$; они тоже могут быть описаны в рамках нерелятивистской квантовой механики. Должны существовать радиальные возбуждения и в системах типа $q\bar{q}$, где q — легкие кварки u, d, s . Такие системы менее изучены; пока получены лишь свидетельства существования радиальных возбуждений для ρ -мезона: ρ' и ρ'' с массами 1250 и 1600 МэВ.

Состояния л' и л'', о которых говорилось выше, могут быть радиальными возбуждениями л-мезона. Расчеты таких возбужденных состояний делались во многих теоретических работах, но они несут существенно более модельный характер. Согласно модели дубненских теоретиков С. Б. Герасимова и А. Б. Говоркова¹, массы л' и л'' должны заключаться в интервалах 1100—1200 и 1200—1500 МэВ.

Недавно стало известно об экспериментах группы физиков ЦЕРНа, изучивших более 38 тыс. событий реакции $l^- + p \rightarrow l^- + l^- + l^+ + p$ при энергии 12 ГэВ. В системе трех пионов они также обнаружили резонанс с массой (1342 ± 20) МэВ и шириной (220 ± 70) МэВ. Дальнейшие опыты покажут, совпадает ли это состояние с одной из частиц, открытых в совместных экспериментах Дубна—ЦЕРН.

Письма в ЖЭТФ, 1981, т. 34, с. 511; Preprint CERN—EP, 1981, 81—97, 81—98 (Швейцария).

Физика

Металлизация полупроводника светом

Если поверхность полупроводниковых кристаллов, подвергнутых ионной имплантации, «отжечь» мощным лазерным излучением, их отражательная

¹ Герасимов С. Б., Говорков А. Б. Препринт ОИЯИ, 1981, P2—81—538, Дубна.

способность, проводимость и коэффициент поглощения света увеличивается. Кроме того, под действием излучения большой интенсивности в полупроводниках возникают нелинейные оптические эффекты, характерные для электронно-дырочной плазмы. Другими словами, лазерное излучение большой мощности «металлизирует» полупроводник.

Вначале предполагалось, что металлизация является результатом плавления поверхностного слоя полупроводника. Однако измерения температуры кристаллической решетки показали, что за время лазерного импульса температура решетки практически не меняется. Это позволило предположить, что интенсивное лазерное излучение создает в поверхностном слое полупроводника достаточно плотную электронно-дырочную плазму с температурой, значительно отличающейся от температуры решетки.

Убедительные доказательства в пользу второго механизма «металлизации» получили недавно исследователи из Канзасского университета (США). Они измеряли коэффициенты отражения, пропускания и поглощения света очень тонким (от 0,6 до 2 мкм) слоем полупроводника кремния, нанесенным на сапфировую подложку. Образец облучался короткими, длительностью 8 нс импульсами света с длиной волны 485 нм. Плотность энергии падающего на полупроводник излучения равнялась примерно 1 Дж/см². Коэффициенты отражения и пропускания находились для зондирующего луча He-Ne-лазера непрерывного действия, работающего на длинах волн 1152 и 633 нм. Наибольшая металлизация была получена для излучения с длиной волны 633 нм. В период действия возбуждающего лазерного импульса коэффициент отражения зондирующего луча возрастал на 50%, а коэффициент пропускания обращался в ноль. Коэффициент поглощения света в 100—1000 раз превышал свое значение для массивного кристалла и с уменьшением длины волны очень быстро рос, достигая при $\lambda \sim 785$ нм

постоянного значения равного 10⁶ см⁻¹.

Результаты эксперимента позволили сделать вывод о возникновении в тонком, толщиной 0,07 мкм освещаемом поверхностном слое полупроводника плотной (концентрация носителей 10²¹—10²² см⁻³) электронно-дырочной плазмы. Ее характерное время существования, определяемое временем рекомбинации электронов и дырок, составляло 10⁻⁷—10⁻⁸ с.

Для создания полной теории наблюдаемых явлений требуются дополнительные эксперименты.

Physical Review Letters, 1981, v. 46, № 25, p. 1640—1643 (США).

Физика

Обнаружение отдельных молекул нафталина

В. С. Антонову, В. С. Летохову и А. Н. Шибанову (Институт спектроскопии АН СССР) впервые удалось зарегистрировать отдельные молекулы нафталина. Предварительно пары нафталина подвергались однократной ионизации ультрафиолетовым ($\lambda = 249$ нм) лазерным излучением с энергией квантов, в два раза меньшей энергии ионизации молекулы нафталина ($E_i = 8,12$ эВ). Состав полученных ионов анализировался в масс-спектрометре, после чего ионы регистрировались фотоумножителем.

Чтобы ионы нафталина не исчезали в результате фотодиссоциации, последняя исключалась с помощью двухступенчатой фотоионизации. Длина волны ионизирующего излучения подбиралась так, что вначале молекула нафталина поглощала лишь один квант, переходя в промежуточное долгоживущее возбужденное электронное состояние, устойчивое по отношению к диссоциации (время жизни больше длительности лазерного импульса, равного 15 нс). Поглощение второго фотона приводило к ионизации молекулы, сопровождающейся выбросом одного электрона. При плотности энергии лазерного излу-

чения, равной 0,15 Дж/см², эффективность ионизации доходила до 100%.

Парциальное давление паров нафталина в объеме, где проходила ионизация (1,2 · 10⁻² см³), было порядка 10⁻¹⁴ Тор; это соответствовало нахождению в нем одновременно приблизительно четырех молекул (концентрации порядка 10⁻⁷%). Остаточное давление воздуха равнялось 10⁻⁵ Тор.

При анализе спектрограмм, помимо продуктов фотодиссоциации молекул нафталина и его органических примесей, были обнаружены резкие линии, соответствовавшие одиночным молекулам самого нафталина.

Результаты эксперимента открывают возможность проведения чрезвычайно тонкого (с точностью до отдельных атомов и молекул) химического анализа вещества.

Optics Communication, 1981, v. 38, № 3, p. 182—184 (Нидерланды).

Физика

Лазеры на парах кумаринов

В последнее время заметный прогресс достигнут в развитии лазеров на парах красителей, интерес к которым связан с возможностью использовать большие активные объемы, увеличить скорость прокачки рабочей среды и улучшить направленность излучения.

Недавно группой сотрудников Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР было установлено, что соединения класса кумаринов (C₉H₆OC=O), хорошо зарекомендовавшие себя в лазерах на растворах, могут успешно работать и в газовой фазе. При воздействии на пары кумаринов излучением 3-й гармоники неодимового лазера на длине волны 355 нм была получена генерация в диапазоне 470—540 нм с КПД до 12%. Чтобы уменьшить температуру подогрева лазерной смеси (для получения газовой фазы), использовался тот факт, что летучесть молекул кумаринов значи-

тельно, в десятки раз увеличивается в среде специально подобранных буферных газов.

Результаты проведенных исследований указывают на возможность получения генерации на парах кумаринов не только при лазерной, но и при менее мощной (ламповой) накачке, что и было подтверждено экспериментально. Так, на парах кумарина-6 в смеси с эфиром впервые для лазеров на красителях была получена лазерная генерация при ламповой накачке.

Использование паров кумаринов открывает пути создания эффективных импульсных и непрерывных газовых лазеров с перестройкой в мало освоенном сине-зеленом диапазоне спектра (около 500 нм), в частности, для целей лазерной связи.

Квантовая электроника, 1981, т. 8, № 6, с. 1306—1310.

Физика

Флуоресценция и пространственная ориентация молекул

Группа исследователей Массачусетского и Стэнфордского университетов (США) впервые экспериментально определила пространственную ориентацию осей возбужденных молекулярных ионов азота, возникающих при облучении газообразного азота плоскополяризованным ультрафиолетовым излучением (энергия ионизации N_2 равна 19 эВ). Выяснилось, что вероятность ориентации оси иона N_2^+ вдоль вектора E_0 ионизирующего излучения в два раза превышает вероятность его ориентации вдоль направления распространения этого излучения (см. рис.). Такой вывод основывается на анализе поляризации флуоресцентного излучения, возникшего при переходе возбужденных ионов азота в основное состояние. Максимальная степень поляризации флуоресценции (около 5%) достигалась при энергии фотонов, на 0,7 эВ превышавшей энергию ионизации молекулы азота.

При ионизации вылет электрона из молекулы происходит анизотропно: легче всего он

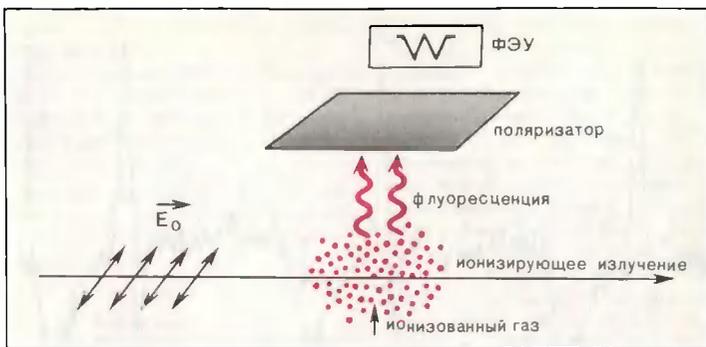


Схема эксперимента по определению поляризации флуоресцентного излучения ионов N_2^+ .

Физика

Сверхпроводящий магнитокардиограф

Все большее внимание специалистов в последние годы привлекает новый метод измерения слабых магнитных полей, связанных с биологической активностью человеческого организма¹.

Первый в Советском Союзе магнитокардиограф на основе сверхпроводящего квантового интерференционного датчика (сквида) разработан в Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований (Дубна)². Эта лаборатория до сих пор является единственной в СССР, где имеется кардиометр такого типа. С его помощью удается получать вполне удовлетворительные магнитные кардиограммы без использования экранированной камеры.

В отличие от описанных в литературе методик, в этом

вылетает в направлении молекулярной оси. Поскольку электрон уносит с собой момент количества движения, вероятности различных вращательных состояний образующегося возбужденного иона становятся различными, а пространственная ориентация молекулярных осей анизотропной — ион ориентируется вдоль E_0 . Ориентированный таким образом возбужденный ион переходит в основное состояние с электрическим дипольным моментом перехода, направленным вдоль оси, излучая фотон флуоресценции. Так как электрический вектор электромагнитной волны, излучаемой переменным диполем, параллелен этому диполю, излучение флуоресценции оказывается поляризованным параллельно E_0 .

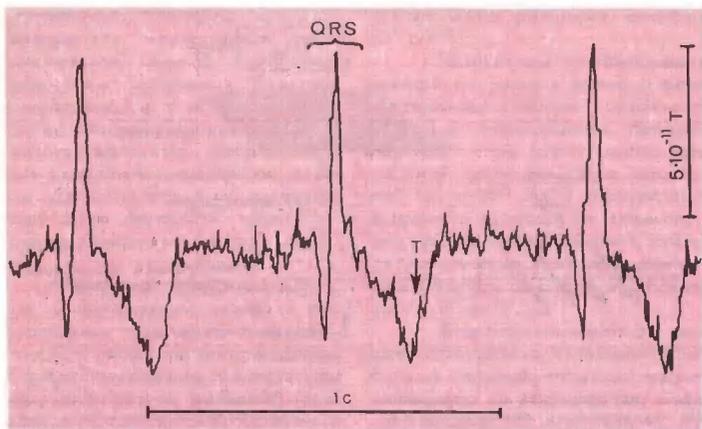
Флуоресценция регистрировалась с помощью ФЭУ в направлении, перпендикулярном ионизирующему излучению и вектору E_0 . Между ФЭУ и флуоресцирующим газом помещался поляризатор, позволяющий измерять интенсивность компоненты излучения, поляризованной параллельно E_0 , и компоненты, поляризованной вдоль луча.

Результаты эксперимента имеют большое значение для исследования электронной структуры молекул и динамики ионизации.

Physical Review Letters, 1981, v. 46, № 14, p. 907—910 (США).

¹ Подробнее об этом см.: Введенский В. Л., Ожогин В. И. Сверхчувствительная магнитометрия и биомагнетизм. — Природа, 1981, № 7, с. 23.

² Васильев Б. В., Колычева Е. В. — Медицинская техника, 1980, № 2, с. 37; Васильева Э. В., Васильев Б. В., Судник Хрынкевич М., Фодель В. — Тезисы XX Международной конференции стран-членов СЭВ по физике и технике низких температур. Вроцлав, 1981.



Магнитокардиограмма здорового 35-летнего мужчины. Отчетливо видны комплекс QRS, связанный с деполяризацией и сокращением желудочка, а также волна T, вызванная ослаблением мускулов желудочка и его реполяризацией.

приборе оси контуров квантования сквида площадью 0,03 см² располагаются горизонтально. Это позволяет сравнительно просто проводить предварительную балансировку системы относительно наводок поворотом датчика вокруг вертикальной оси. Сквид помещают вертикально в металлический криостат с жидким гелием (T=4,2 K), емкость которого позволяет проводить измерения в течение нескольких часов.

На рисунке показана магнитокардиограмма (МКГ) здорового 35-летнего мужчины; запись проводилась в частотном диапазоне от 0,1 до 150 Гц для компоненты поля, перпендикулярной груди, и без использования каких-либо магнитных экранов. На полученной МКГ хорошо виден комплекс QRS (с отношением сигнал/шум приблизительно 9/1), который связан с деполяризацией желудочка и его сокращением. Так же хорошо видна волна T, вызванная ослаблением мускулов желудочка и его реполяризацией.

Во время измерений на расстоянии примерно 10 м от криостата работала ЭВМ со вспомогательным оборудованием, создававшая значительный уровень магнитных наводок.

Все электронные приборы, необходимые для работы магнитокардиографа, имели сетевое питание и располагались на расстоянии 2—3 м от криостата. Тем не менее удалось получить весьма удовлетворительные МКГ.

С практической точки зрения получение магнитокардиограмм в «открытой» лаборатории — без использования магнитных экранов — представляет наибольший интерес.

В. Фодель,
кандидат
физико-математических наук
Дубна

Техника

Лазерная идентификация драгоценных камней

Американская фирма «Джемпринт» (Чикаго) разработала метод идентификации драгоценных камней по их лазерным «джемпринтам» — отпечаткам, столь же однозначно определяющим конкретные камни, как отпечатки пальцев определяют конкретных людей. «Джемпринты» представляют собой снятую на пленку фирмой «ПолярOID» дифракционную картину, возникающую при облучении с помощью гелий-неонового лазера мощностью 0,5 мВт ограниченной поверхности драгоценного камня. Поскольку практически не существует двух камней с полностью идентичной огранкой, полировкой и набором дефектов, то получение «джемпринта» законода-

тельно принято в качестве метода идентификации драгоценных камней.

В картотеке фирмы уже имеется свыше 150 тыс. отпечатков различных драгоценных камней. Каждый отпечаток представляет собой картинку, напоминающую фотографию звездного неба — множество светлых точек на темном фоне. Такая картина делается для каждого нового камня, а затем специальный компьютер измеряет углы и расстояния между светлыми точками и сравнивает их с изображениями, хранящимися в картотеке. Иногда для определения камня достаточно бывает десяти точек.

Система «Джемпринт» позволяет также убедиться, что ювелир возвращает тот же камень, что был передан ему для чистки или изготовления оправы, а также распознавать фальшивые камни.

Лазерная система идентификации драгоценных камней оказалась настолько эффективной, что Американская ассоциация страховых агентов одобрила снижение на 10% страховых сумм на все камни, отпечатки которых имеются в картотеке фирмы «Джемпринт».

Laser focus, 1981, v. 17, № 9,
p. 28 (США).

Физическая химия

Новый бессеребряный фотографический процесс

Создание бессеребряного фотографического процесса в настоящее время является актуальной задачей, так как запасы серебра на Земле практически исчерпаны, а фотография — один из главных его потребителей.

Возможный путь решения проблемы — использование фотоиницированных фазовых превращений вещества, в которых под действием света резко увеличивается скорость зарождения новой фазы. Свет как бы играет роль «спускового крючка», а вещество непосредственно перед экспонированием должно находиться в

сильно неравновесном состоянии (как, например, в пузырьковой камере Вильсона). Однако такая методика порождает определенные неудобства.

М. В. Алфимов и В. Ф. Разумов (Отделение Института химической физики АН СССР, Черноголовка) предложили использовать новый процесс, свободный от этого недостатка.

На первом этапе — экспонировании — свет падает на фотослой, содержащий эмульсионные микрочастицы вещества А, молекулы которого в результате фотохимической реакции в незначительном количестве превращаются в молекулы В: $A + h\nu \rightarrow B$. В качестве вещества А могут использоваться цис-стильбен и цис-1,2-ди-(1-нафтил)-этилен, которые под действием света переходят в транс-изомеры с квантовым выходом реакции порядка 10^{-2} — 10^{-1} .

Второй этап — процесс усиления полученного таким образом скрытого изображения. Он основывается на том, что превращение вещества А зависит от концентрации в нем примесных молекул В, присутствие которых понижает свободную энергию образования критического зародыша новой фазы и изменяет температуру фазового перехода. Можно подобрать такой температурный режим проявления, при котором новая фаза будет образовываться только в тех микрочастицах вещества А, которые содержат молекулы В, возникшие под действием света, т. е. в тех частицах, которые подверглись экспонированию. Если при фазовом переходе изменяются такие характеристики вещества, как, например, показатель преломления и квантовый выход фотолюминесценции, то проявленное изображение можно наблюдать.

Следует заметить, что наличие исходного метастабильного состояния не является принципиальным для предлагаемого способа усиления скрытого изображения, так как независимо от фазового состояния светочувствительного вещества при экспонировании происходит сдвиг точки фазового перехода и в определенном температурном интервале

будет идти процесс усиления (проявления).

Экспериментальные данные и теоретические оценки светочувствительности фотослоев свидетельствуют о перспективности метода.

Доклады АН СССР, 1981, т. 260, № 6, с. 1383—1389.

Биохимия

Получение лимфокинов

Как известно, иммунная реакция организма осуществляется путем контакта клеток друг с другом, а также с помощью определенных веществ (лимфокинов), которые вырабатываются лимфоцитами и макрофагами. Однако до сих пор мало известно о регуляторном действии лимфокинов на клетки иммунной системы и об условиях их продуцирования; еще меньше исследована их природа. Между тем более полные сведения о веществах, способных тормозить или усиливать иммунные реакции, позволили бы лучше понять механизм регулирования иммунных процессов, а препараты, приготовленные из таких веществ, дали бы в руки врачей мощное средство лечения многих заболеваний. Однако чтобы решить эти задачи, необходимо получать лимфокины в достаточно больших количествах.

Недавно две группы исследователей, работающих в парижском госпитале Сан-Луи (Франция) предложили оригинальный способ получения одного из лимфокинов. Они использовали так называемые гибридомы — клеточные культуры, происходящие от слившихся друг с другом разнородных клеток. (Этот метод позволяет, например, при определенных условиях значительно усилить синтез антител высокой специфичности или других веществ, которые вырабатываются одной из слившихся клеток.)

Были получены гибридомы из лейкоцитов человека, большого лейкоемией, и клеток тимуса (вилочковой железы). Клетки тимуса были взяты у человека, у которого из-за нарушения в геноме этих клеток вырабатывался лимфокин, тормозивший синтез антител. Полученный гибрид двух клеток стал усиленно вырабатывать этот лимфокин, в количествах, достаточно больших для очистки, а также изучения его природы и механизма действия.

Эта работа открывает путь получения в достаточных количествах и других лимфокинов, регулирующих различные формы иммунного ответа организма.

Nature, 1981, v. 292, p. 844 (Великобритания).

Биохимия

Необычная аминокислота гипузин в белке лимфоцитов человека

В 1971 г. группа японских исследователей выделила из головного мозга быка и установила структуру необычной аминокислоты — $(H_2NCH_2CH(OH)CH_2NH(CH_2)_4CH(NH_2)COOH)$, названной ими гипузином¹. Позднее эта аминокислота была обнаружена и у других млекопитающих в составе полипептидной цепи белков некоторых органов.

Недавно американские исследователи М. Парк, Г. Купер и Д. Фолк (Национальный институт стоматологических исследований, Национальный институт рака и Национальный институт здоровья, Бетesda) выделили из белковой фракции человеческих лимфоцитов, обработанных в присутствии стимулятора митотического деления клеток и меченного тритием спермидаина, белок с кислотными свойствами, содержащий в составе полипептидной цепи необычную аминокислоту гипузин.

¹ Природа, 1980, № 11, с. 111.

¹ Biochim. Biophys. Acta, 1971, v. 244, p. 523.

В ходе исследований авторы установили важную биохимическую роль спермидина: он является предшественником в биосинтезе гипузина.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1981, v. 78, № 5, p. 2869—2873 (США).

Физиология

Как усваиваются углеводы в зависимости от возраста человека

Л. Н. Валенкевич и А. М. Уголев (Ленинградский педиатрический медицинский институт) изучали изменения ферментативных и транспортных функций тонкой кишки человека в разные возрастные периоды: молодой (18—29 лет), зрелый и средний (30—59), пожилой (60—74), старческий (75—89). Все данные были получены на основании щадящих исследований с помощью углеводных нагрузок.

Оказалось, что до пожилого возраста усвоение почти всех углеводов мало меняется (кроме крахмала, всасывание которого возрастает); в старческом же возрасте процессы усвоения углеводов нарушаются. Исключение составляет галактоза, всасывание которой с возрастом увеличивается.

Этот результат был в высшей степени неожиданным, поскольку галактоза, по общепринятым взглядам, поступает в организм по той же транспортной системе, что и глюкоза, которая с возрастом усваивается хуже. По-видимому, галактозные и глюкозные транспортные пути в действительности не вполне идентичны.

Установлено также, что ферментативные системы, осуществляющие пищеварение на уровне клетки, меняются при старении раньше, чем транспортные системы.

Полученные данные могут быть полезны при подборе соответствующих диет. Так, учитывая, что всасывание лактозы во второй половине жизни резко ослабляется, пожилым и ста-

рым людям лучше заменять свежее молоко кисломолочными продуктами, в которых лактоза расщепляется на глюкозу и галактозу.

Доклады АН СССР, 1981, т. 260, № 6, с. 1493—1496.

Медицина

Пересадка нервной ткани

А. Бьёрклунд с сотрудниками (Лундский университет, Швеция) в согласии с данными других лабораторий сформулировали условия, необходимые для успешной пересадки нервной ткани.

Как известно, эта ткань представляет собой сеть нервных клеток — нейронов, контактирующих друг с другом с помощью отростков — аксонов, по которым и передаются нервные импульсы. Трансплантированная нервная ткань должна не только прижиться, но и восстановить утраченные связи с нейронами, которые управлялись разрушенными нервными клетками. Успех пересадки нервной ткани зависит от генетической близости тканей донора (трансплантата) и реципиента. Другое обязательное условие — трансплантат должен браться из эмбриональной ткани; ткань взрослого организма не приживается. Кроме того, необходимо, чтобы ткань, взятая из определенного участка мозга донора, была пересажена в тот же участок мозга реципиента.

Бьёрклунд сообщает, что пересадка может быть успешной, если замещаются не только сами нервные клетки, но и их аксоны. Были проведены успешные опыты по пересадке крысам так называемой черной субстанции, связанной с помощью аксонов с другим отделом мозга, так называемым хвостатым ядром. Черная субстанция бралась у крысиного эмбриона. Прежняя черная субстанция и ее аксоны были разрушены направленным фармакологическим воздействием. Спустя 2—3 мес после пересадки функции пересажен-

ных нервных клеток восстановились у 60% подопытных животных. Восстановление происходило еще быстрее, если пересаживали не целые кусочки нервной ткани, а инъекцировали взвесь их клеток, также полученных из эмбриональных тканей. При этом оказалось, что пересадка целых кусочков мозга приводит к восстановлению функций лишь ограниченных его участков, в то время как пересадка той же ткани в виде взвеси клеток позволяет добиться значительно более полного восстановления утраченных функций.

Однако для того чтобы пересадка нервной ткани стала возможной и у людей, необходимо решить еще много проблем, например проблему создания банка эмбриональных нервных клеток человека; для этого потребуются научиться поддерживать в течение долгого времени жизнеспособность этих клеток в культуре.

Nature, 1981, v. 289, p. 497; Brain Research, 1981, v. 210, p. 153 (Великобритания).

Психология

Воспроизведение и восприятие эмоций

Психолог А. И. Тоом (Тартуский университет) представлял испытуемым фотографии незнакомых им актрис, изображавших различные эмоции. В целом опознание эмоций по лицевой экспрессии осуществлялось с высокой степенью надежности, а ошибки в узнавании носили закономерный характер, находясь в соответствии с теорией круговой шкалы¹.

¹ В 50-е годы американские психологи Р. Вудвортс и Г. Шлоссберг предложили круговую шкалу основных эмоций, которые располагаются на ней следующим образом: радость, удивление, страх, страдание, гнев, отвращение, презрение (по шкале круговой, началом может быть любая ее точка).

Как правило, в случае ошибки испытуемые называли эмоцию, которая на круговой шкале соседствует с изображаемой; исключение составляет эмоция презрения, которую иногда ошибочно принимали за гнев, хотя на шкале их разделяет эмоция отвращения. Круговая шкала, таким образом, правильно отражает близость одних эмоций и относительную отдаленность других.

Чаще всего ошибки встречались при узнавании эмоций страха и презрения. Причиной могло быть либо плохое их распознавание, либо неадекватное воспроизведение актрисами. Поэтому на следующем этапе испытуемым давали карточки с названиями эмоций, полагая, что они должны облегчить формулировку ответа, если эмоция изображена верно. Так и произошло с эмоцией презрения. Исследователь полагает, что трудность узнавания этой эмоции обусловлена тем, что она несет информацию, неприемлемую для воспринимающего, несовместимую с его представлением о себе. Это вызывает чувство дискомфорта, которое по механизму так называемой психологической защиты ведет к искажению восприятия: выражение презрения принимается за что-либо иное. Такое объяснение подтверждается, по мнению Тоома, тем, что презрение нередко вызывало у испытуемых реакции дискретизирующего характера: они обвиняли изображенных на фотографиях лиц в ненормальности, неполноценности, нетрезвости и т. п., что также можно объяснять бессознательным стремлением отвергнуть неприемлемую информацию.

Иной результат получен автором в отношении эмоции страха: здесь введение карточек не уменьшило числа ошибочных ответов. Вероятно, причиной ошибок является не вполне верное воссоздание этой эмоции актрисами. Если презрение наиболее тяжело переносится объектом этой эмоции, то страх — наиболее тяжело переносимая эмоция для самого переживающего (субъекта эмоции). Автор предполагает, что представление страха вызывает дискомфорт уже у актрисы; это ведет к включению у нее

механизма психологической защиты и мешает адекватному воспроизведению эмоций².

Психологический журнал, 1981, т. 2, № 4, с. 150.

² Интерпретация автором ошибок при узнавании эмоций презрения и страха достаточно дискуссионна. Если плохое опознание эмоции презрения за счет дискомфорта вполне правомерно объяснять в рамках психопатологии, то перенос этого механизма на здоровых испытуемых представляется искусственным. Трудно согласиться и с предложенным объяснением относительно эмоции страха: актер всегда критически относится к воспроизводимым переживаниям и потому нельзя ставить знак равенства между реально переживаемой и изображаемой эмоцией страха.— Прим. ред.

Физиология

Сон у дельфинов

В Институте эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР с 1973 г. ведутся исследования механизмов сна морских млекопитающих. Несколько лет назад Л. М. Мухаметов, А. Я. Супин и И. Г. Строкова обнаружили необычное явление однополушарного медленноволнового сна у черноморской афалины (*Tursiops truncatus*)¹. На электроэнцефалограмме (ЭЭГ) этого вида дельфинов медленные волны возникают то в одном, то в другом полушарии мозга при одновременном развитии в противоположном полушарии электрической активности, характерной для бодрствования. Перед исследователями возник вопрос, являются ли особенности сна афалин харак-

терными исключительно для этого вида или же они присущи всем дельфинам или даже всем морским млекопитающим, спящим в воде.

Для решения этого вопроса Л. М. Мухаметов и И. Г. Полякова изучили сон представителей другого вида и рода дельфинов — азовок, или черноморских свиней (*Phocoena phocoena*)², которые существенно отличаются от афалин по размерам тела и мозга. Животным под местной анестезией вживляли электроды в различные отделы коры головного мозга, а также в шейные мышцы. Дельфины плавали в небольшом бассейне, будучи соединены с регистрирующими приборами длинным гибким кабелем. У трех дельфинов три недели регистрировали физиологические показатели цикла сон — бодрствование в длительных сеансах в ночное и дневное время. Основные рисунки биопотенциалов мозга у азовок, афалин и других млекопитающих оказались сходными. В соответствии с этими рисунками были выделены три стадии цикла сон — бодрствование: бодрствование; поверхностный медленноволновый сон; глубокий медленноволновый сон, или дельта-сон. Однако, в отличие от других млекопитающих, и у азовок, и у афалин характер электрической активности двух полушарий мозга оказался асимметричным.

У азовок обнаружены состояния с двухполушарной электрической активностью, характерной для бодрствования, двухполушарным или однополушарным поверхностным медленноволновым сном и только однополушарным (!) дельта-сном. Состояние активного бодрствования (ориентировочное, игровое, пищевое и т. д.) всегда сопровождалось соответствующим двухсторонним рисунком на ЭЭГ. Однако, за исключением состояния активного бодрствования, по поведению азовки нельзя было определить, в какой стадии сна или бодрствования находится

¹ Мухаметов Л. М., Супин А. Я., Строкова И. Г. — Доклады АН СССР, 1976, т. 229, № 3, с. 767.

² Мухаметов Л. М., Полякова И. Г. — Ж. высшей нервной деят., 1981, т. 31, № 2, с. 333.

ся животное: азówki круглосочно находились в движении, быстро плавая по кругу под водой и всплывая для каждого выдоха — вдоха. И при таком однообразном поведении на ЭЭГ можно было наблюдать и двухполушарное бодрствование, и типичный двухполушарный поверхностный медленноволновый сон, и однополушарный медленноволновый сон. Сложный комплекс движений, сопутствующих дыхательному акту дельфина, мог и не сопровождаться пробуждением. Однако сильный внешний стимул всегда приводил к типичной двухсторонней реакции пробуждения на ЭЭГ. Все виды однополушарного и двухполушарного сна азówki занимали около половины времени суток как днем, так и ночью. При этом электрическая активность полушарий была преимущественно асимметричной: в течение нескольких часов периоды бодрствования чередовались с периодами сна преимущественно в одном полушарии, т. е. «отсыпалось» по очереди сначала одно полушарие, затем другое. Так называемый быстрый, или парадоксальный, сон ни у азówek, ни у афалин идентифицировать не удалось.

Таким образом, во время естественного сна у азówek и афалин никогда на ЭЭГ не отмечаются двухсторонние дельта-волны. В опытах с введением фармакологических препаратов (нембутала, седуксена) установлено, что появление двухсторонних дельта-волн сочетается с прекращением дыхательного акта.

Итак, основной формой сна у двух изученных видов дельфинов является однополушарный медленноволновый сон. Вероятно, сложная рефлекторная и двигательная организация дыхательных актов дельфинов несовместима со снижением рефлекторной активности и мышечного тонуса, сопровождающим обычный двухсторонний дельта-сон млекопитающих. Можно предположить, что функциональное назначение однополушарного сна дельфинов состоит в снятии несовместимости между дыханием и сном у этих млекопитающих, живущих в воде, но дышащих воздухом, путем поочередного вхождения

в дельта-сон только одного из полушарий мозга.

Эта особенность сна дельфинов не укладывается в рамки представлений о сне как о состоянии покоя. Сон дельфинов показывает, что основной функцией сна у млекопитающих должно быть обслуживание каких-то еще неизвестных потребностей самого мозга.

В. М. Ковальзон,
кандидат биологических наук
Москва

Биология

Открыт новый механизм конкурентного взаимодействия в зоопланктоне

До недавнего времени считалось, что конкуренция между планктонными ракообразными фильтраторами, относящимися как к одному, так и к разным видам, протекает только по типу эксплуатации (т. е. простого использования общего ресурса), а конкурентное преимущество имеет, как правило, тот вид, который более эффективно отфильтровывает пищу. В настоящее время появилось убедительное свидетельство, что конкуренция между фильтраторами может происходить и по типу интерференции, при которой особи одного вида создают помехи, снижающие интенсивность питания другого вида.

Как установили К. Фолт и Ч. Голдман (Калифорнийский университет, США), скорость фильтрации веслоногого рачка *Diaptomus tyrralli* из оз. Тахо снижается на 60% в присутствии другого веслоногого рачка — *Epicshura nevadensis*. Скорость фильтрации оценивалась по накоплению в телах рачков радиоактивного изотопа фосфора, которым метили предлагаемую кормовую взвесь. Значимое снижение скорости фильтрации диатомов отмечено как при содержании обоих видов в одном сосуде, так и при содержании диатомов в той воде, где ранее находились эпишур. Тормозящее влияние оказыва-

ло, по-видимому, некое вещество, выделяемое эпишурой в окружающую среду. Очевидно, это вещество представляет собой высокомолекулярное соединение, так как если воду, в которой содержались эпишур, пропустить через мелкопористый фильтр (0,001 мм), тормозящее действие воды прекращается. Обратного влияния — диатомов на эпишур, а также эпишур на скорость собственной фильтрации — не обнаружено.

Исследуемые виды различаются по характеру питания: диатомус — типичный фильтратор, питающийся главным образом водорослями, а эпишур сочетает фильтрацию (интенсивность которой значительно ниже, чем у диатомуса) с захватом отдельных крупных частиц и настоящим хищничеством. Взрослые эпишур могут нападать на молодь диатомов. Вполне возможно, что обнаруженное взаимодействие выгодно не столько эпишуре, тормозящей питание конкурирующего с ней диатомуса, сколько диатомусу, который способен воспринять химические сигналы от скопления эпишур и в ответ на них прекратить питание (или по крайней мере сильно снизить его интенсивность) и начать миграцию в другое место, где меньше хищников, угрожающих его молоди.

Science, 1981, v. 213, № 4512, p. 1133—1135 (США).

Зоология

Защитная функция хвостовых желез у гекконов

Выбрызгивание различных отпугивающих веществ с целью защиты наиболее широко распространено у членистоногих. Среди позвоночных защитная секреция чаще всего встречается у земноводных. Известна она и у рептилий: во всех современных группах этого класса позвоночных обнаружены железы покровов, однако состав и функция продуцируемых ими секретов нередко остается неясной. Признанную защитную роль играют ротовые ядовитые

железы многих змей и ящериц-ядозубов, а также клоакальные железы некоторых змей. Кроме ядовыводящей системы ядозубов и причудливого механизма выбрызгивания крови из глаз у американских ящериц рода *Phrynosoma*¹, зоологам известно еще одно уникальное химическое защитное приспособление: способность выбрызгивать защитный секрет из хвоста. Этим свойством обладают 7 из 22 видов австралийских ящериц гекконов рода *Diplodactylus*.

С тех пор как стало известно о столь любопытном методе защиты, предлагались самые различные гипотезы о локализации и путях выведения секрета: выбрызгивание из гребня на спинной поверхности хвоста, из пор или кончиков хвостовых спикул, выбрызгивание лимфы из субэпидермальных полостей. Однако недавно Г. Розенберг и Э. Рассел², изучив микроанатомию хвоста австралийских гекконов, обнаружили на коже ясно различимые отверстия-щели в эпидермисе. Поперечные разрезы через хвост открыли существование камер, заполненных секретом (одна пара камер на каждый позвоночный сегмент). Секрет хвостовых желез липкий, вязкий, быстро застывает в виде паутинообразных нитей, которые очень трудно удалить, имеет желтоватую окраску и неприятный запах.

Подобными железами внутри хвоста, кроме австралийских гекконов, не обладает больше никто из позвоночных животных. Многочисленные хвостовые железы, найденные у целого ряда млекопитающих, расположены поверхностно и не имеют связи с позвоночным столбом. Копчиковая железа птиц, находящаяся над позвоночником, отличается от хвостовых желез рептилий отсутствием продольной серии камер; кроме того, эти железы птиц, как и сальные железы млекопитающих, гистохимически и физиологически отличаются от эпидермальных желез пресмыкающихся.

Происхождение хвостовых желез ящериц пока неизвестно, но их защитная функция недавно была экспериментально подтверждена Х. Бастардом³. В одних и тех же условиях эксперимента ящерицы пигопидиды и карликовые вараны, обычно питающиеся гекконами, немедленно выпускали тех из них (например, *Diplodactylus williamsi* и *D. elderi*), которые могут выбрасывать из хвоста секрет, и охотно поедали представителей других видов.

Н. Б. Аианьеза,
кандидат биологических наук
Ленинград



Огарь, или красная утка (*Tadorna ferruginea*).



Зоология

Огарь — новый зимующий вид в Европейской части СССР

Огарь — крупная по размерам утка с ржаво-рыжей окраской. Гнездится обычно в норах. Строит их сама или же занимает старые норы хищников, а также различные полости и ниши в оврагах, карьерах и прочих подобных местах.

Гнездовой ареал этого вида охватывает степную и пустынную зоны Советского Союза от северо-западного Причерноморья до среднего течения Амура. Известно, что эта утка в прошлом веке была довольно многочисленным видом в Предкавказье. В текущем столетии численность ее стала уменьшаться, что связано, очевидно, с освоением человеком степных пространств и резким сокращением численности сурков, в норах которого она гнездится. На территории Украины, например, огарь сейчас — очень редкая, исчезающая птица; она внесена в «Красную книгу УССР».

По данным А. А. Кищинского 1979 г., гнездовой ареал огаря на Северном Кавказе охватывает в основном восточную часть и частично Центральное Предкавказье. По нашим наблюдениям, этот вид в гнездо-

вое время отмечается на территории всего Центрального Предкавказья, а также в восточных районах Краснодарского края, являясь довольно обычным в районах с пересеченным рельефом (в пределах Ставропольской возвышенности).

Зимовка огаря в пределах территории СССР до сих пор была известна лишь на юго-востоке Азербайджана, в низовьях р. Атрек в Туркмении, а также по долинам среднеазиатских рек Амударьи, Сырдарьи и Зеравшана. Нами зимовка огарей зарегистрирована и в Ставропольском крае. Впервые зимующие огары были замечены в декабре 1977 г. на северо-западе края, в районе станицы Староизобильной. Как правило, птиц можно было наблюдать поднимавшимися утром близ животноводческих объектов совхоза как отдельными парами, так и небольшими стайками до 5 особей. Кормились они в навозных лужах овцеводческих комплексов, чаще — в силосных траншеях. Затем они улетали на Новотроицкое водохранилище за 15 км.

В теплую зиму 1980/81 гг. огары на Новотроицком водохранилище провели всю зимовку. В первой декаде января при дневной температуре от 3 до 10° тепла здесь находилось около 100 огарей. Отметим, что на акватории этого водоема огары держались обособленно от дру-

¹ Abh. Senckenberg. Naturf. Gesell., 1946, B. 471, S. 1.

² Can. J. Zool., 1980, v. 58, No 5, p. 865.

³ Brit. J. Herp., 1979, v. 6, No 1, p. 9.

гих водоплавающих, численность которых доходит до 40 тыс. (преимущественно кряквы). В период зимовки 1981/82 гг. на Новотроицком водохранилище зимовало не менее 250 огарей.

На зимовке в пределах Европейской территории Союза огарь отмечается впервые; в основном этот теплолюбивый вид улетает в Африку и Южную Азию. Успешной зимовке огаря в Центральном Предкавказье благоприятствовали теплые зимы и незамерзающая акватория Новотроицкого водохранилища, вода которого используется для охлаждения турбин Ставропольской ГРЭС. Немаловажным фактором адаптации этого вида к местным зимним условиям является и наличие различных кормов, которыми птицы могут питаться в критический период зимовки.

А. Н. Хохлов

Ставрополь

Климатология

Оледенение отступает

Дж. Кукла и Дж. Гевин (Геологическая обсерватория им. Ламонта и Доэрти при Колумбийском университете, США), проанализировав данные со спутников, относящиеся к оледенению Северного полушария, сделали вывод о некотором отступании оледенения.

В период между 1973 и 1980 гг. площадь паковых льдов в Северном Ледовитом океане сократилась за летние периоды на 2,5 млн км², т. е. примерно на 35% своей средней величины. Условия навигации в этом регионе, согласно американским и советским морским источникам, были значительно более тяжелыми, чем ныне. С этим совпадает и метеорологическая характеристика, показывающая, что между 1974 и 1978 гг. средние температуры в приземном слое атмосферы в полосе от 55 до 80° с. ш. вдоль пояса таяния снегов были на 0,9°С выше, чем в середине 1930-х годов.

Исследователи высказывают осторожное предположение, что отступление ледника

есть часть глобального потепления, вызванного увеличением содержания двуокиси углерода в атмосфере Земли.

Работы, выполненные В. Раманатаном (Национальный центр атмосферных исследований, США) и М. С. Лайаном и Р. Д. Сессом (Университет штата Нью-Йорк), показывают, что наибольшее влияние на температуру воздуха двуокись углерода оказывает в конце весны и летом, в основном вдоль полосы сезонно тающих снегов и льда. Эта модель подтверждается данными Куклы и Гевин. Кроме того, имеется трехмерная математическая модель, разработанная в 1980 г. С. Манабе и Р. Стоуффером (Лаборатория геофизической динамики жидкостей при Принстонском университете, США), согласно которой в бассейне Северного Ледовитого океана потепление должно ощущаться сильнее летом, нежели зимой.

Окончательные выводы о крупномасштабных (как во времени, так и в пространстве) процессах могут быть сделаны лишь после накопления более длинного ряда метеорологических и климатологических наблюдений.

Science, 1981, v. 213, № 4520, p. 497—503 (США).

Геотектоника

О происхождении разлома Оуэн

Известно, что разломы дна океана дают уникальную возможность изучать вещественный состав океанической коры на такую глубину, которая пока недоступна никаким способом, включая глубоководное бурение. Кроме того, разломы указывают на существование той или иной геодинамической обстановки, что чрезвычайно важно при анализе тектонических движений дна океана и сопредельных материков. Уникальное сочетание особенностей строения разлома Оуэн, который является крупнейшим нарушением дна Индийского океана и к тому же выходит на материк,

продолжаясь в Пакистане вдоль складчатого сооружения Сулейман-Киртарских гор, привлекает внимание многих исследователей, в том числе специалистов Геологического института и Института океанологии АН СССР. В разломе Оуэн — узкой асимметричной впадине субмеридиональной ориентировки — вскрыты не только базальты, но и ультраосновные породы, слагающие верхнюю мантию. Этот разлом позволяет изучать разрез океанической коры мощностью более 3 км.

Строение земной коры к западу и востоку от разлома различно: если к востоку ложе океана сложено типичными толеитовыми базальтами, однородными для всего возрастного интервала существования океана, то к западу в разрезе коры присутствуют щелочные базальтоиды. Последнее свидетельствует о субматериковой структуре коры или же о значительном утолщении океанической коры на ранних этапах развития этой зоны. Толеитовые базальты в западной зоне стали появляться лишь в неогене, когда начал формироваться срединно-океанический хребет Шеба.

50 млн лет назад в северо-западной части Индийского океана началась крупная геодинамическая перестройка, отразившаяся и на его континентальном обрамлении. Эта перестройка, приведшая к образованию хребта Шеба, Аденского залива, Красного моря и оформлению системы рифтов Восточной Африки, завершилась лишь в миоцене (12—13 млн лет назад). На всех этапах развития региона — до перестройки, в ходе нее и ее окончанием — вдоль разлома Оуэн тектонические движения не затихали. Активен разлом и в настоящее время (наблюдаемая сейсмичность указывает на левосторонние смещения)¹. В связи с этим разлом выделяется из класса наиболее типичных для срединно-океанических хребтов так называемых трансформных разломов, которые лишь смещают рифтовые долины, но при удалении от

¹ См.: Сороцкий И. М. — Океанология, 1981, т. XXI, вып. 2, с. 293.

хребтов становятся неактивными.

Что же тогда представляет собой это гигантское — более 2 тыс. км — долгоживущее нарушение дна, влияние которого сказывается даже на материке? По мнению одних исследователей, это структура растяжения, связанная с общим расширением Земли. Однако наличие горизонтальных смещений указывает, что разлом Оуэн — это граница между плитами: Индийской на востоке и Аравийской и Африканской на западе. На континенте он также продолжается в виде границы плит: на востоке — Индийской, а на западе — как серия мелких сложно взаимодействующих блоков (микроплит) восточной ветви Альпийского складчатого пояса.

Геотектоника, 1981, № 6, с. 3—14; 15—31; 92—108.

Геоморфология

Рельеф Байкальской впадины

Впадина оз. Байкал — современная активная внутриконтинентальная рифтовая зона — исследовалась в совместной экспедиции Института океанологии и Лимнологического института АН СССР в 1977 г. Для изучения рельефа ее дна впервые была применена техника прецизионного эхолотирования и подводное фотографиярование; много нового дали визуальные наблюдения с двух подводных аппаратов «Пайсис». Комплекс этих материалов позволил значительно уточнить представления о рельефе впадины озера, в особенности выявить мелко-масштабные вертикальные смещения, связанные с общим растяжением земной коры.

Н. А. Марова, работавшая в этой экспедиции, составила

первую физиографическую карту дна Байкала. На карте хорошо видно, что оба подводных склона озера интенсивно расчленены, но различным образом, отражая разный характер тектонических движений по обе стороны рифта. Западный склон, имеющий ширину всего 3—5 км, состоит из серии ступеней: крутые, зачастую отвесные уступы чередуются с наклонными площадками шириной 20—40 м. Восточный склон значительно шире западного и местами достигает 25—30 км. Он имеет очень сложное строение: это сильно раздробленный вдоль и поперек пологий уступ, плавно опускающийся ко дну озера. Для него характерны так называемые провальные структуры — небольших размеров опущенные блоки, возникшие в результате землетрясений, в том числе в историческое время. Это свидетельствует, что наклон и дробление склона продолжается и в настоящее время.

Дно Байкала — плоская аккумулятивная равнина шириной 15—20 км, сменяющаяся волнистыми равнинами у подножия склонов. У западного склона даже на поверхности осадочного чехла, который имеет здесь мощность более 2 км, отчетливо видны следы молодых сбросов.

Байкальская рифтовая зона представляет собой границу между Евразийской и Амурской литосферными плитами. Ее рельеф отражает существующие в районе рифта тектонические условия: вдоль западного склона озера проходит главный сброс, а вдоль восточного идет погружение крупного блока коры на опущенном крыле, т. е. на краю Амурской плиты.

Геоморфология, 1981, № 2, с. 75—83.

Вулканология

Необычные вулканы

В 10-м рейсе научно-исследовательского судна «Вулканолог» Института вулканологии ДВНЦ АН СССР детально исследовались подводные вулканы на

шельфе Южно-Китайского моря вблизи берегов Вьетнама. Интерес к этому району вызван современным проявлением подводного вулканизма у о-вов Катуик. Здесь достоверно зафиксированы извержения в 1923 г.; другие предположительно имели место в 1880 и 1978 гг.

Расположение вулканов крайне необычно: вдали от цепи вулканических островов, на глубине 100—150 м. Необычен их небольшой размер (высота менее 100 м) и состав пород: в базальтах и их шлаках встречаются как осадочные, так и ультраосновные породы. Таким образом, открыт неизвестный ранее тип подводных вулканов.

При детальных работах на полигоне обнаружен не один, как предполагалось, а четыре относительно крупных подводных вулкана (от 0,5 до 1,5 км в диаметре, высотой от 50 до 90 м) и еще ряд мелких конусов (всего 10—30 м над уровнем дна). Все вулканические образования расположены на небольших, ограниченных сбросами поднятиях (горстах) складчатого фундамента. Наиболее крупные вулканы приурочены к зоне сочленения складчатых структур меридионального и северо-восточного простираения. Как правило, вулканы образованы шлаками и небольшими потоками афировых базальтов, но один из них сложен преимущественно ультраосновными породами. Драгами подняты также обломки габбро и одиночные обломки гранитов. Ультраосновные породы (главным образом лерцолиты) явно подвергались воздействию базальтового расплава.

С участием вьетнамских геологов были обследованы о-ва Катуик. Это тоже горстовые поднятия, сложенные преимущественно осадочными породами не древнее миоцена с включением вулканического материала. Имеются здесь и мелкие конусы вулканов.

Все вулканы этого района — и наземные, и подводные — примерно одинаковы по происхождению, размерам, форме. По-видимому, это не долгоживущие вулканические центры, а моногенные, одноактивные вулканы, возникающие на заключительных этапах тектоно-

¹ Подробнее об этих работах см.: Монин А. С., Мирлин Е. Г. Изучение дна Байкала с помощью подводных аппаратов. — Природа, 1978, № 10, с. 58.

магматической деятельности. Они образуют здесь своеобразную ареальную зону вулканизма. Во всех изученных вулканах этого района обнаружены включения ультраосновных пород. По мнению А. П. Горшкова, это свидетельствует о том, что на значительной площади неглубоко залегают уникальные по разнообразию состава гипербазиты, обломки которых выносятся на поверхность.

К востоку от исследованной зоны ареального вулканизма проведены детальные геотермические измерения. Обнаружена крупная аномалия теплового потока (до 3—4 мккал/см² с), приуроченная к уступу материкового склона. Эта аномалия протягивается параллельно вулканической зоне, что, возможно, указывает на существование между этими явлениями генетической связи.

Вулканология и сейсмология, 1981, № 6, с. 39—45.

Геология

Состав базальтов зависит от скорости расширения дна океана

М. Ф. Дж. Флоуэр (Иллинойский университет, США) пришел к заключению о существовании простой зависимости свойств базальтов, формирующихся в срединно-океанических хребтах, от скорости спрединга (расширения дна океана), происходящего по оси этих хребтов. Сравнивая породы Восточно-Тихоокеанского поднятия (быстрый спрединг — более 5 см/год) и Срединно-Атлантического хребта (медленный — менее 5 см/год), он установил, что состав изливающихся на поверхность базальтов зависит от природы магмоподводящих систем.

Химический и минеральный состав лав Срединно-Атлантического хребта отражает процессы фракционирования магмы под различными давлениями в сложной системе короткоживущих резервуаров, расположенных на различных глубинах. Главная черта этой диф-

ференциации — накопление кальциевого полевого шпата.

Базальты Восточно-Тихоокеанского поднятия показали иное направление эволюции магмы — к богатым железом составам, причем накопления полевого шпата практически не наблюдается. Петрологические данные свидетельствуют, что дифференциация этого типа происходит в стабильных мало-глубинных камерах.

Скорости спрединга в 5—6 см/год обуславливают промежуточный режим эволюции магмы: некоторую кристаллизацию расплавов на глубине и последующую дифференциацию в мало-глубинных камерах. Такая картина наблюдается в базальтах Калифорнийского залива, куда подходит ось Восточно-Тихоокеанского поднятия.

Наблюдаемые взаимоотношения хорошо сопоставляются с данными экспериментов. Физико-химическая и кинематическая модели предсказывают устойчивость резервуаров с магмой при наиболее быстром спрединге и нестабильность системы камер при меньшей скорости расширения океанического дна.

Таким образом, эффект различия химического и минерального состава базальтов срединно-океанических хребтов, по мнению автора, является скорее следствием различия эволюции расплавов, нежели их первичных составов.

The Journal of Geological Society, 1981, v. 138, № 6, p. 695—712 (Великобритания).

Минералогия

Находка целестина в Молдавии

Во время экспедиционных работ Института геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР в Молдавии летом 1981 г. нами на одном из гипсовых карьеров была обнаружена целестиновая минерализация. Целестин — сульфат стронция —



Кристаллические агрегаты целестина.

относительно редкий минерал, поэтому каждая находка его фиксируется и описывается.

Район целестиновой минерализации расположен на юго-восточном окончании гипсовой полосы тортонского возраста (примерно 12 млн лет назад), протягивающейся на территорию Молдавии из Украины. Скопления целестина обнаружены в органогенно-обломочных известняках, залегающих на хемогенных известняках, а в местах их отсутствия — непосредственно на гипсах. Целестиновое оруденение, прослеженное нами на протяжении около 6 м, тяготеет к нижней части органогенно-обломочных известняков, к их контакту с подстилающими гипсами.

Форма выделения целестина — это кристаллически-зернистые агрегаты или отдельные кристаллы и их сростки. Кристаллически-зернистые агрегаты сложены беспорядочно сросшимися и несовершенными кристаллами целестина; они нарастают в виде корок толщиной 0,5 см на обе стороны поверхности плиток органогенно-обломочного известняка. Столбчатые кристаллики целестина, нарастающие на поверхность плиток перпендикулярно, образуют щетки. Отдельные кристаллы величиной от долей миллиметра до 0,6 см отмечены в различных углублениях и пустотах не только на поверхности, но и в середине плиток.

Выделяются две генера-

ции кристаллов целестина. Более ранние кристаллы — столбчатые и пластинчатые, сростшиеся между собой и потому часто не имеющие характерных для этого минерала вершин. Они слегка замутненные, серые, с голубоватым оттенком. Более поздние кристаллы возникли в процессе свободного роста. Они хорошо огранены, бесцветные до водянисто-прозрачных. По сравнению с целестинами Украины, генетически связанными с одной и той же гипсовой полосой, целестины Молдавии огранены всего пятью простыми формами: {011}, {110}, {102}, {001}, {111}.

Образование целестина в тортонских карбонатных породах Молдавии могло происходить следующим образом. В процессе миграции стронций, циркулирующий в бессульфатных водах среди карбонатных пород, мог оказаться в контакте с гипсами и вследствие резкого снижения своей миграционной способности (которая в сульфатных отложениях, как установлено М. Ф. Стащукон, в 70 раз ниже, чем в карбонатных породах) выпасть в виде целестина.

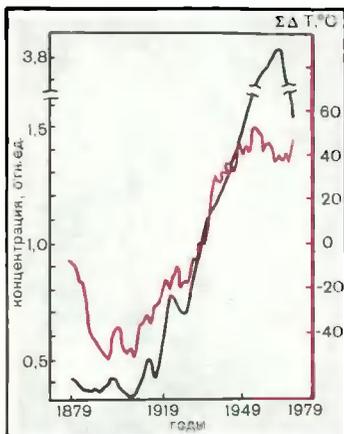
Б. И. Сребродольский,
кандидат геолого-минералогических наук
Львов



Биогеохимия

Химический состав годичных колец деревьев как индикатор природных условий

Работы, выполненные рядом авторов в области биогеохимии, показали, что деревья как часть геохимического ландшафта чутко реагируют на изменения физико-географических условий природной среды и могут эту информацию сохранять в химическом составе годичных колец. В связи с этим в Институте озероведения АН СССР с 1979 г. изучается возможность характеризовать метеорологические условия ми-



Отношение концентраций калия и кальция в годовых кольцах даурской лиственницы и интегральная кривая отклонений температуры воздуха [$\Sigma \Delta T$] от многолетней средней за май — август.

нувших лет на основе химического состава годичных колец деревьев.

Исходным материалом для данного сообщения послужил образец 130-летней даурской лиственницы, произрастающей в урочище Ары-Мас на о-ве Таймыр. Здесь проходит северная граница распространения леса и прирост дерева в значительно большей степени зависит от термического режима. К тому же и амплитуда колебаний температуры здесь в несколько раз выше, чем в более умеренных широтах.

У даурской лиственницы в этом районе годичные кольца имеют ширину в среднем менее 1 мм, что затрудняло отбор вещества для химического анализа. В связи с этим изучался химический состав не каждого кольца в отдельности, а 21 пачки колец. В каждую такую пачку на основе дендрограммы дерева включались кольца однородного прироста (по 2—10 годичных колец в пачке). Химический состав вещества годичных колец определялся путем его озольнения при температуре 450°C в течение 5—6 ч с последующим рентгенофлюоресцентным анализом зольного остатка.

Протекающие в растительной клетке физико-хими-

ческие процессы так или иначе связаны с устойчивостью коллоидных систем. Эта устойчивость определяется электролитами, т. е. анионами и катионами солей металлов. Увеличение концентрации калия, например, способствует большей гидратации коллоидов плазмы клетки, ускоренному протеканию биохимических процессов, повышению теплоустойчивости растения. Напротив, кальций уплотняет плазму, уменьшает ее гидратацию. Таким образом, в случае отсутствия или незначительности миграции этих элементов между годичными кольцами соотношение концентраций K/Ca может характеризовать внешние условия роста дерева. Поскольку известно, что калий и кальций образуют в древесине труднорастворимые комплексные соединения, почти не мигрирующие горизонтально (от одного годичного кольца к другому), можно считать, что соотношение этих элементов, возникшее в год формирования кольца, сохраняется и в дальнейшем.

Чтобы проанализировать зависимость химического состава вещества годичного прироста дерева от теплового режима, нами по применяемой в климатологии методике интегральных кривых была построена кривая суммы отклонений температуры воздуха за май — август (вегетационный период) от многолетней (см. график). Сопоставив ход соотношений K/Ca с колебаниями теплового режима, мы установили их достаточно четкую согласованность. Видно, что так называемое потепление Арктики 30-х годов отчетливо проявляется на приводимом графике. Намечается спад потепления в данном районе и даже некоторая тенденция к похолоданию в последнее десятилетие.

Используя в качестве критерия отношение концентраций K/Ca $\approx 0,8$, можно судить о благоприятных (отношение $> 0,8$) и неблагоприятных (отношение $< 0,8$) условиях для даурской лиственницы в изучаемом районе.

А. Ф. Четвериков

Ленинград

Похолодание климата в кайнозой

Глубоководное бурение в Мировом океане и палеонтологические исследования на континентах позволили накопить массу фактов относительно климатических условий прошлого Земли. Комплексность исследований (в том числе определение температуры воды и флористический анализ по органическим остаткам) обеспечивает надежность палеогеографических реконструкций. Систематизировав имеющиеся данные, И. И. Борзенкова (Государственный гидрологический институт) привела новые доказательства того, что на протяжении кайнозоя, т. е. в последние 60—65 млн лет, происходило понижение температуры на всех широтах обоих полушарий. На фоне этого общего похолодания имело место два потепления — в эоцене и миоцене.

Наиболее резкое падение температуры приходится на ранний эоцен (55 млн лет назад), когда вода в морях высоких широт охлаждалась на 1° всего за миллион лет. Ледниковый покров в Южном полушарии сформировался около 15—11 млн лет назад, а в Северном — на 10 млн лет позднее. Таким образом, на Земле долгое время существовала уникальная асимметрия климата. Сезонные льды в Арктике начали образовываться 4,5—5 млн лет назад; 0,8—0,9 млн лет назад здесь прекратилось летнее таяние и в Северном Ледовитом океане возникла современная ледовая обстановка.

Метеорология и гидрология, 1981, № 12, с. 25—35.

Археология

Древние индейцы на севере

До сих пор считалось, что север Американского континента в его восточной, примыкаю-



Покрытый охрой наконечник из кремня и подвеска из самородной меди, найденные в древнеиндейском захоронении Нуллиак на Лабрадоре. Справа, внизу для масштаба — мелкая канадская монета.

щей к Атлантике части был в глубокой древности населен одними лишь инуитами (так сами себя называют эскимосы), индейцы же пришли сюда много позже. Это общепринятое среди специалистов мнение опровергается ныне результатами археологических раскопок, которые вела на п-ове Лабрадор группа канадских и американских ученых, возглавляемая У. У. Фитцхью.

За 12 полевых сезонов экспедицией обследовано побережье Лабрадора на протяжении свыше 1200 км. Установлено существование более тысячи стоянок человека, относящихся к длительному периоду времени — от рубежа VI—V тысячелетий до н. э. и до начала XX в. Взятые тысячи образцов ископаемой растительности, раковин, угля, костей, орудий труда и других свидетельств человеческой деятельности. Их анализ позволяет исследователям утверждать, что индейские племена впервые появились на Лабрадоре около 8000 лет назад, более чем за 3 тыс. лет до прихода сюда с севера первых эскимосов.

Особый интерес представляет открытие, сделанное в местности Нуллиак, расположен-

ной на несколько сот километров севернее любого ныне существующего населенного пункта. Покрытый характерной тундровой растительностью, этот район считался абсолютно неподходящим для традиционной жизни индейских племен, обычно избравших густые леса южных областей, и, наоборот, полностью отвечавшим требованиям эскимосов — морских охотников и собирателей.

Нуллиак оказался крупнейшим поселением человека из когда-либо найденных к северу от зал. Св. Лаврентия. Здесь на расстоянии примерно в 800 м разбросаны остатки 16 «длинных домов», служивших кровом для нескольких сот человек. Поблизости расположен ряд могильных курганов, в которых найдены предметы материальной культуры, характерной для индейцев. Обнаружена западня для ловли полярного оленя карибу, множество наконечников стрел, дротиков, копий, изготовленных из кремня. Многие предметы выкрашены охрой. На значительной части таких предметов сохранились следы ритуального разламывания перед тем, как положить их в место захоронения. Радиоуглеродное датирование показало, что находкам из Нуллиака 3800—3600 лет.

Несмотря на несомненную принадлежность стоянки предкам индейцев, многие черты жизни обитателей Нуллиака близки обычаям эскимосов. Так, они промышляли не только карибу, но и морского зверя — тюленя, моржа. Интересно отметить, что к югу от Нуллиака и одновременно с ним существовало поселение древних эскимосов. Очевидно, обе культуры развивались независимо, хотя не исключено, что эскимосы могли заимствовать гарпунную технику от своих индейских соседей.

Smithsonian Institution Research Reports, 1981, № 33, p. 4—5, 8 (США).

Природные факторы исторического процесса

В. П. Алексеев,
член-корреспондент АН СССР
Москва



ОБЩЕСТВО И ПРИРОДА. ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ И ФОРМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. Отв. ред. М. П. Ким. М.: Наука, 1981, 342 с.

При разработке теоретического наследия классиков марксизма в той его части, которая содержит развернутое изложение исторического материализма, основное внимание советских историков на протяжении десятилетий привлекали внутренние факторы исторического процесса — классовая структура общества на разных этапах его развития, формы эксплуатации, аппарат государственного принуждения, социально-экономические причины перехода от одной общественно-экономической фор-

мации к другой, уровень развития производительных сил общества. Даже при анализе производительных сил общества природная среда чаще всего рассматривалась просто как источник тех или иных материалов, не больше. Довольно много было написано об опасности географического детерминизма и написано справедливо, но в конечном счете это привело к тому, что конкретные формы взаимодействия общества и природы и исторические этапы этого взаимодействия не подвергались рассмотрению.

Рецензируемый сборник, изданный под руководством авторитетной редакционной коллегии во главе с академиком М. П. Кимом, заполняет значительный пробел в советской историко-географической литературе. Он состоит из докладов на исторической секции I Всесоюзной научной конференции по проблемам взаимодействия общества и природы, состоявшейся в январе 1978 г. В целом это как бы фрагменты динамической или исторической экологии человека, экологических аспектов жизнедеятельности человеческого общества на разных этапах его исторического развития и в различных локальных условиях, складывающиеся в достаточно цельную картину. Подходы к созданию этой общей картины облегчаются содержательными вводными статьями «Природное и социальное в историческом процессе» (М. П. Ким, Л. В. Данилова), «К. Маркс и Ф. Энгельс о взаимодействии общества и природы» (Н. Е. Дудина), «Природа, общество, наука» (М. П. Ким, В. Д. Есаков), «Основные исторические этапы взаимодействия общества и природы» (Э. В. Гарусов). Эти статьи выявляют общие линии изучения очень сложной в философском и методо-

логическом отношении проблемы, вынесенной в заглавие, и намечают возможные пути ее дальнейшей разработки и решения. Всего в сборнике 32 статьи, и в краткой рецензии нет никакой возможности даже их перечислить. Остановилось лишь на некоторых, выделяя их (в значительной степени субъективно) по остроте постановки вопросов, броскости сообщаемых фактов, убедительности примеров взаимодействия и взаимообусловленности природно-географического и общественно-исторического процессов.

Уже на первой странице предисловия к сборнику справедливо подчеркнута отраженная в постановлениях Советского правительства отличительная черта социалистической системы по сравнению с капиталистической и предшествующими ей системами — сознательное сохранение природных ресурсов и сознательный выбор таких путей развития экономики, при которых достигается максимальное сбалансирование потребностей общественного производства и продуктивности естественной среды (исторический обзор соответствующих мероприятий представлен в статье М. А. Вылцана). М. П. Ким и Л. В. Данилова подводят под это глубокую теоретическую базу, вполне своевременно воскрешая и развивая мысль К. Маркса о «воспроизводстве непосредственной жизни»¹, включающем, очевидно, производство средств существования и самого человека. В целях сбережения среды необходим (как закономерное продолжение проекта ее экономного использования) подход к третьей форме воспроизвод-

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 3, с. 19, 26 и др.

ства. Это производство необходимой обществу среды, которое вполне допускается находящимся сейчас в распоряжении человечества техническими средствами. В этой связи вполне оправданно обращено внимание на необходимость разработки проблемы мегаформаций (доклассовые, классовые и бесклассовые общества), в смысле их различия по характеру отношения к среде и основным направлениям ее использования. В пределах этих крупных мегаформаций не только принципиально различаются экономический базис и социально-идеологическая надстройка, но и психологические стереотипы. Проблема изучения динамики психофизиологических характеристик при переходе от одной общественно-исторической формации к другой, т. е. в рамках микроэволюции человека современного вида, проблема, насколько мне известно, впервые поставленная авторами в исторической литературе,— бесспорно, исключительно актуальна, так как без ее решения непонятны многие фундаментальные сдвиги в характере производства, а значит, и в характере взаимодействия общества со средой.

В мировой исторической науке, да и в отечественной историографии постоянно вспыхивали дискуссии о той или иной роли изменений природной среды в историческом процессе. На рубеже XIX—XX вв. имела место длительная дискуссия о природных факторах развития цивилизации в Средней и Центральной Азии, и вопрос о том, высыхала ли Средняя Азия в древности, волновал таких выдающихся деятелей исторической науки, как В. В. Бартольд и Г. Е. Грумм-Гржимайло, таких замечательных естествоиспытателей, как В. В. Докучаев, А. И. Воейков и Л. С. Берг. Дискутировавшие стороны не пришли, да и не могли прийти к однозначному ответу — находившиеся в их распоряжении данные были скудны и противоречивы. Только раскопки последующих десятилетий вместе с аэрофотосъемкой и палеоботаническими и почвенно-географическими исследованиями, скажем, в долине Теджена, на территории нынешней Туркме-

нии, определенно выявили многовековые изменения климата, которые вызвали высыхание и перестройку старого русла Теджена и привели в упадок искусственное орошение, а с ним и древние земледельческие оазисы энеолита и ранней бронзы, крупнейшим из которых был Геокюр. Но и эти исторически документированные локальные события все же не дают нам базы, для того чтобы экстраполировать бесспорную роль медленных климатических сдвигов в разрушении местных культурных центров на исторический процесс в целом в пределах обширных географических районов. Да и рост производительных сил при переходе от первобытного общества к Древнему миру и от Древнего мира к Средневековью постепенно освобождал общество от давления природы по мере приближения к современной эпохе.

Книга, лежащая перед нами, значительно умножает число примеров зависимости динамики исторических процессов в конкретных обществах от природных факторов, примеры эти рассматриваются не формально и односторонне, а во всей диалектической совокупности взаимосвязей между способами ведения хозяйства, формами эксплуатации, социальной стратификацией и мобильностью, с одной стороны, земельными и прочими хозяйственными ресурсами — с другой. В новом свете предстают выделение человека из животного мира и ранние этапы антропогенеза — Г. Н. Матюшин приводит дополнительную аргументацию в пользу своей гипотезы о тектонических поднятиях в Восточной Африке в раннем плейстоцене, вызвавших усиленную радиацию, в свою очередь индуцировавшую спонтанный мутагенез. Продемонстрирована исключительная сложность взаимоотношений между коллективами первобытного человечества и окружающей их природной средой, что приводит пока к существованию на равных основаниях противоположных взглядов на зависимость человека от среды в первобытном обществе: он почти независим, что обуславливается пластичностью и подвижностью соци-

альной организации первобытной общины (такова точка зрения В. Р. Кабо), жизнедеятельность человеческих коллективов почти полностью предопределена их жесточайшей и практически автоматической зависимостью от природных процессов (такова точка зрения Г. Н. Алимурзаева). Чрезвычайно интересно проанализированы — и в связи с социальными процессами, проходившими на границах Римской империи, и в связи с природными изменениями — причины знаменитого анахоресиса — бегства крестьян в Эль-Файюме в начале новой эры (А. Б. Ковельман). Не менее интересны данные о масштабе изменений объема сельскохозяйственного производства во Франции в зависимости от климатической динамики на протяжении тысячелетия — с 800 по 1800 г. (Ю. Л. Бессмертный). Важная новая информация подобного рода содержится и во многих других статьях, публикуемых в сборнике.

Помимо интересных разработок фактических данных, авторы статей выдвигают ряд заслуживающих внимания идей, которые, несомненно, окажут влияние на построение общей теории экологии человека. К их числу относятся рассмотрение динамики психологии человеческих коллективов в ходе истории в увязке с экологическими проблемами (С. О. Шмидт), включение природных явлений в знаковую систему культуры (В. В. Иванов), идея отражения в хозяйственном ареале взаимодействия исторического и природного процессов (Г. Г. Громов), указание на существование этнических аспектов экологии человека (Ю. В. Бромлей и Э. С. Маркрян). Все эти перспективные мысли и гипотезы (а число их можно было бы значительно увеличить) заслуживают обсуждения и дальнейшей разработки на конкретном локально организованном историко-географическом материале.

Все сказанное имело целью показать, что рецензент очень высоко оценивает книгу за широту охвата относящихся к центральной проблеме вопросов и их во многом новаторскую интерпретацию. Правда,

вызывает сомнения, например, разнесение статей по разделам сборника: отдельные статьи первого и второго разделов очень тесно связаны между собой (статьи Л. В. Даниловой, В. Р. Кабо и Г. Н. Алимурзаева), они, даже если судить по их заглавиям, посвящены одной теме; многим статьям раздела третьего, в котором сгруппированы по заявлению «Предисловия» методические работы, подошло бы место в первом разделе наиболее общих по содержанию статей. В статье Э. В. Гирусова «Основные исторические этапы взаимодействия общества и природы» идея о вымирании крупных животных в результате охоты в палеолите приписана М. И. Будыко со ссылкой на его книгу «Глобальная экология», вышедшую в 1977 г., где эта проблема, действительно, трактуется очень содержательно. Но трактовка ее имеет в то же время длительную традицию в историко-археологической литературе. Пожалуй, жаль, что историки редко заканчивают свои статьи краткими выводами, как это часто делают естественники: при разном образе содержания сборника такие выводы значительно облегчили бы знакомство с ним. Однако, все это мелочи. Рецензируемый сборник — крупное явление в литературе, посвященной комплексу проблем, возникающих на стыке взаимодействия природных процессов и деятельности человечества в его историческом развитии, проблем, разрабатывающихся многими научными дисциплинами, в число которых включилась теперь очень активно и успешно историческая наука.

Фармакология здорового человека

Г. И. Оксенгендлер,
кандидат медицинских наук
Ленинград

Читатель этой книги познакомится с обширным материалом о биологически активных веществах естественного происхождения. В их числе — средства усиления работоспособно-



И. И. Брехман. ЧЕЛОВЕК И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА. М.: Наука, 1980, изд. 2-е, перераб., 119 с.

сти и повышения профессиональных возможностей человека, предупреждения заболеваний и сохранения здоровья. Отсюда следует, что проблема, рассматриваемая в книге известного специалиста в этой области И. И. Брехмана, практически затрагивает каждого человека.

Поток биологически активных веществ, повседневно поступающих в организм человека, включает в настоящее время несколько тысяч названий, и число их неуклонно растет. Прежде всего это компоненты основных продуктов питания, входящие в чай, кофе, вино, пиво. Это специи и приправы. Это химические пищевые добавки: консерванты, красители, антиоксиданты, стабилизаторы и др. Автор справедливо отмечает, что в то время как фармакология и токсикология основное внимание уделяют лекарствам и ядам, эти вещества еще не стали объектом серьезного научного исследования. Действительно, систематизированных сведений о них и в отечественной и в зарубежной литературе немного.

Автор предпринимает попытку раскрыть сущность поня-

тия «здоровье» и приходит к выводу, что громадное число людей пребывает в так называемом третьем состоянии, промежуточном между здоровьем и болезнью. Особое место среди причин, вызывающих это состояние, автор отводит нерациональному питанию.

В книге справедливо подчеркивается, что в настоящее время трудно провести четкую грань между пищей и лекарством хотя бы потому, что ряд болезней можно вылечить только диетой, а некоторые вещества, входящие в пищевые продукты (например, глюкоза, двууглекислая сода, хлорид натрия) могут стать лекарственными препаратами. Но если говорить о лекарствах в установленном значении слова, то именно эти биологически активные вещества поступают в организм современного человека во все возрастающем количестве.

Весьма интересен, на наш взгляд, подход И. И. Брехмана к обобщающим показателям потребления человеком пищевых и лекарственных веществ. С этой целью вводится понятие о структурной информации как о важнейшем критерии необходимого разнообразия веществ, поступающих в организм. Количественная его оценка связывается с отрицательной энтропией, и это позволяет рассматривать структурную информацию как связующее звено между биологически активными веществами различного происхождения. Автор обращает внимание на то, что потребление рафинированного сахара и растительных масел, изделий из муки тонкого помола, полированного риса, спирта-ректификата в крепких напитках приводит к освобождению цельных природных продуктов от большого числа биологически активных веществ, важных для жизнедеятельности. В свою очередь, упрощение химического состава уменьшает количество структурной информации пищи, т. е. в конечном счете суживает рамки полезных контактов человека с природой. Это же относится и к синтетическим лекарственным средствам при их сопоставлении с лекарствами природного происхождения.

Обеднение «информационной пищи» современной пищи и лекарств, по-видимому, стало одной из основных причин нежелательных последствий их применения (гипо- и авитаминозы, аллергия, привыкание к наркотикам, увеличение веса тела и др.).

Соглашаясь в целом с такой постановкой проблемы, нельзя не отметить следующее. Прежде всего, едва ли целесообразно резко противопоставлять биологически активные вещества синтетического и природного происхождения, как это делает автор. В самом деле, многие синтетические вещества «сконструированы» как точная копия природных (например, кофенин, кофеин, адреналин, ряд гормональных препаратов и др.). И тот факт, что те и другие идентично действуют на биоструктуры, говорит сам за себя. Во-вторых, следует оговориться, что биологическая активность многокомпонентных продуктов (смесей) природного происхождения практически не подвергалась экспериментальной проверке и не исключено, что удаление из них какого-то количества составных частей не повлияет на конечный эффект их действия.

Автор предлагает ввести новый раздел фармакологии — фармакосанацію. В ее задачу входит рассмотрение роли биологически активных веществ, поступающих в организм с пищевыми продуктами (фармакосанація алиментарная), исследование действия различных биологически активных веществ, в том числе лекарственных, на физиологические функции, профессиональную деятельность, процесс обучения, формирование устойчивости к различным заболеваниям (фармакосанація медицинская), а также изучение влияния этих веществ на людей, находящихся в трудных и экстремальных условиях деятельности — под водой, в воздухе и космосе, при воздействии низких и высоких температур (фармакосанація специальная).

В этой связи интересно сопоставление концепции автора рецензируемой книги с учением об ортомолекулярной медицине Л. Полинга, назначение которой — сохранение хорошего здоровья и лечение болезней

посредством варьирования концентраций веществ, содержащихся в нормальном организме человека и необходимых для обеспечения оптимального его функционирования¹. Например, особое значение придается таким веществам, как витамины (в первую очередь — аскорбиновой кислоте), макро- и микроэлементам, изменению соотношения поступающих в организм белков, жиров и углеводов. Надо отметить, что установлено И. И. Брехманом и его сотрудниками адаптогенное действие препаратов женьшеня и элеутерококка дает основание рассматривать их также как средства ортомолекулярной медицины.

Однако нам представляется, что изложение в книге особенностей действия адаптогенов значительно выиграло бы, если бы включало хотя бы в общих чертах современные представления о механизмах их влияния на различные биоструктуры, органы, системы.

Автор подробно останавливается на профилактике атеросклероза — одной из главных причин уменьшения активного периода жизни. Как известно, важным биохимическим признаком этого патологического процесса считается повышение уровня холестерина в крови. Отсюда — интерес к средствам природного происхождения, оказывающим противохолестеринное действие: сухому экстракту диоспореи, корню женьшеня, морской капусте, пивным дрожжам. Здесь, однако, следует заметить, что не всегда оправданно стремление во что бы то ни стало снизить повышенное содержание холестерина в крови у лиц пожилого и старческого возраста (впечатление, что это необходимо, создается при чтении второй главы рецензируемой книги). И хотя этот показатель принято считать одним из основных факторов риска при диагностике ишемической болезни сердца, однозначно его оценивать нельзя. Во-первых, известно, что усиленное выведение холестерина индуцирует ускоренный эн-

догенный его синтез. Во-вторых, в настоящее время холестерин в крови оценивается не сам по себе, а как составной элемент липопротеидов разного типа. Фактором риска, с одной стороны, является увеличение холестерина β -липопротеидов, а с другой — снижение уровня холестерина α -липопротеидов, так как теперь установлено, что последние препятствуют формированию атеросклероза.

В заключительной главе автор возвращается к рассмотрению ряда теоретических и практических проблем современной фармакологии. И хотя не все положения этой главы, с нашей точки зрения, бесспорны, нельзя не присоединиться к основному ее выводу. Рассматривая научные прогнозы до 2000 г. применительно к фармакотерапии и фармакопрофилактике, автор приходит к заключению, что широкое развитие должны получить профилактические средства преимущественно природного происхождения, особенно неспецифического общего действия. В этом залог прогресса фармакологии здорового человека.

¹ Полинг Л. Витамин С и здоровье. М.: Наука, 1974.

Физика

А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ. Предисл. Л. И. Мандельштама. М.: Наука, Главн. ред. физико-математической литературы, 1981, 568 с., ц. 2 р. 60 к.

Эта книга, впервые вышедшая в 1937 г., приобрела значение классического труда. Подобно тому как «Теория звука» Дж. У. Рэлея в определенной мере завершила линейную теорию колебаний, данная книга положила начало развитию общей нелинейной теории. Характеризуя книгу, Л. И. Мандельштам отмечал в предисловии к первому изданию: «Центр тяжести изложения лежит не в решении возможно большего количества отдельных задач, а в выяснении основных положений и основных методов, адекватных для области нелинейных колебаний в целом».

За прошедшие с тех пор сорок пять лет теория нелинейных колебаний сильно разрослась как по проблематике, так и по уровню своих методов, тем не менее монография А. А. Андропова, А. А. Витта и С. Э. Хайкина и сегодня может послужить введением к изучению классической теории автономных нелинейных колебательных систем. Данное издание повторяет первое без изменений.

Математика

А. Е. Карпов, Е. Я. Гик. ШАХМАТНЫЙ КАЛЕЙДОСКОП. М.: Наука, Главн. ред. физико-математической литературы (Библиотечка «Квант», вып. 13), 1982, 208 с., ц. 35 к.

Книга чемпиона мира по шахматам А. Е. Карпова и шахматного мастера, кандидата технических наук Е. Я. Гика знакомит читателя с различными

сторонами шахматной игры и шахматного искусства. Она состоит из трех самостоятельных частей. Первая из них называется «Десять шахматных страничек» и рассказывает о матчах на первенство мира, об интересных партиях, шахматных комбинациях, задачах и этюдах, о шахматных головоломках и задачах-шутках, о геометрических свойствах шахматной доски и фигур. Вторая часть — «ЭВМ за шахматной доской» — целиком посвящена шахматной игре компьютеров. Она написана совместно Е. Гиком и А. Битманом (математиком и шахматным мастером, одним из создателей программы «Каисса»). Третья часть книги составляют пятнадцать лучших партий чемпиона мира, прокомментированные им самим.

Биология

А. Н. Формозов. ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ГЕОГРАФИИ ЖИВОТНЫХ. (Сборник статей.) Отв. ред. В. Е. Соколов. Сост. Л. Г. Динесман. М.: Наука, 1981, 347 с., ц. 2 р. 30 к.

В истории отечественной зоологии А. Н. Формозов (1899—1973) занимает особое место. Талантливый ученый и педагог, художник-анималист и писатель, он оказал большое влияние на развитие экологии и биогеографии. В сборник его работ вошли статьи, показывающие влияние хозяйственной деятельности людей на животных, роль физико-географических факторов в формировании животного мира, а также значение средообразующей деятельности животных. Автор считает, что «деятельность человека, изменяющая природные условия, ... не всегда и не для всех видов оказывается неблагоприятной, наоборот, очень часто для ряда полезных видов она бывает выгодной и ведет

к увеличению их численности, росту ареалов и т. п.»

В книге проанализированы изменения степного юга Европейской части СССР за последние 100 лет и особенности современной фауны степей, движение и колебание границ распространения млекопитающих и птиц, показаны возможности количественного метода в зоогеографии. В конце сборника приведен обширный библиографический указатель и список упомянутых в тексте растений и животных.

Биология

И. С. Мелехов. ЛЕСОВЕДЕНИЕ. М.: Лесная промышленность, 1980, 408 с., ц. 1 р. 30 к.

Книга представляет собой учебник для студентов лесохозяйственных факультетов. В начале книги изложена история учения о лесе. Основной раздел посвящен его экологии. В книге отмечается и рекреационное значение леса, и целесообразность комплексного использования его ресурсов. Две главы автор посвящает вопросам возобновления и формирования леса. Интересен раздел о лесной типологии, в разработку которой автор внес большой вклад. Впервые дана характеристика современного состояния типологии в зарубежных странах. Учебник написан хорошим языком, но, к сожалению, издан без единой иллюстрации и напечатан на бумаге невысокого качества.

Этнография

С. И. Брук. НАСЕЛЕНИЕ МИРА. Этнодемографический справочник. Отв. ред. П. И. Пучков. М.: Наука, 1981, 880 с., ц. 3 р. 10 к.

С тех пор как в 1961 г. была издана книга-справочник

«Население земного шара», этнодемографическая ситуация в мире сильно изменилась. Только общая численность людей на земле выросла более чем на один миллиард. Естественно, потребовались новые исследования, сбор новых данных. В результате появился справочник «Население мира», составленный, как и «Население земного шара», доктором географических наук С. И. Бруком. В книге даются не только «голые» демографические показатели, но обрисована и исторически объяснена пестрая картина рас, национальностей, религий, языков в современном мире.

Справочник состоит из двух разделов. В первом содержится анализ этнодемографических процессов на всем земном шаре. Раздел завершают сводные таблицы. Данные по зарубежным странам, вошедшие в эти таблицы, относятся к середине 1978 г., а по СССР — к 1979 г.

Второй раздел, занимающий $\frac{3}{4}$ всей книги, посвящен этнодемографическому обзору регионов и стран мира. Отдельная глава этого раздела посвящена Советскому Союзу. В остальных главах сгруппированы страны зарубежной Европы, зарубежной Азии, Африки, Америки, Австралии и Океании.

Особый интерес представляет анализ так называемого демографического взрыва. Его пик, как показывает автор, в целом для мира пришелся на середину 60-х годов. «Взрыв» произошел главным образом за счет роста населения в развивающихся странах. Максимальных значений пик достиг в Латинской Америке, там же интенсивность прироста раньше, чем в других регионах, начала затухать. Затем прирост замедлился в Азии, но в Африке в нынешнем десятилетии он может оказаться снова высоким.

Книгу пронизывает историзм. Благодаря этому становятся понятны и глобальные тенденции, и тенденции развития отдельных регионов.

М. С. Гусейнов
Москва

География

ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ, вып. 118. Малые реки. М.: Мысль, 1981, 221 с., ц. 1 р. 40 к.

Вполне закономерно, что один из выпусков сборника «Вопросы географии», издаваемого Московским филиалом Географического общества СССР, посвящен охране и рациональному использованию малых рек. Ибо малые реки составляют 99% общего числа рек в нашей стране.

Количество и качество воды в малых реках почти полностью зависят от состояния поверхности той небольшой территории, с которой они собирают воду. Вот почему в условиях растущего воздействия хозяйственной деятельности на среду — сплошной распашки, уменьшения площади лесов, использования минеральных удобрений и т. п. — малые реки во многих местах мелеют и загрязняются. А поскольку малые реки дают начало более крупным, изменения в их режиме отражаются на всей гидрографической сети. Об этом говорится во многих статьях сборника. Среди других важных тем — водные ресурсы малых рек, проблема создания так называемого паспорта каждой из малых рек (т. е. описание всех ее особенностей), их рекреационное значение, антропогенные изменения, использование географических карт XVII—XIX вв. для изучения изменений речной сети, влияние леса на качество воды, гидрологические процессы. В сборнике отмечается необходимость комплексного изучения малых рек и координации работ, проводимых различными научно-исследовательскими учреждениями.

Антропология. Археология.
Палеогеография

ПРИРОДА И ДРЕВНИЙ ЧЕЛОВЕК. (Основные этапы развития природы палеолитического человека и его культуры на территории СССР в плейстоцене.) Сост. Г. И. Лазуков. М.: Мысль, 1981, 223 с., ц. 1 р. 90 к.

Становление современной природы человека и его

материальной культуры — сложный процесс, превышающий длительность плейстоцена (четвертичного периода). За этот период неоднократно менялись климат, растительность, животный мир умеренных широт нашей планеты, чему в немалой степени способствовало движение ледника. Происходили и значительные эволюционные изменения антропоморфных признаков, приведшие к появлению людей. В палеолите, охватившем весь плейстоцен, не раз происходила смена физического типа людей (архантропов, палеоантропов, неантропов), их социальных отношений.

Авторы книги — палеогеографы, археологи и антропологи (Г. И. Лазуков, М. Д. Гвоздовер, Я. Я. Рогинский и др.) достаточно полно воссоздали среду обитания древнего человека по многочисленным стоянкам (обнаруженным теперь даже в Заполярье), расположенным в пещерах, на морских террасах, в долинах рек. При этом авторы исследовали влияние природных условий на материальную и духовную культуру и образ жизни людей четвертичного периода.

Книга богато иллюстрирована рисунками, схемами геологических разрезов, географиями скульптур, представляющих реконструкции антропологических типов.

Этология. Охрана природы

И. и О. Дуглас-Гамильтон. ЖИЗНЬ СРЕДИ СЛОНОВ. Пер. с англ. А. М. Григорьева. Послесл. Н. Н. Дроздова. М.: Наука, сер. «Рассказы о странах Востока», 288 с., ц. 1 р. 90 к.

Супруги Дуглас-Гамильтоны в течение пяти лет изучали поведение слонов в танзанийском национальном парке Маньяра. И. Дуглас-Гамильтон, ученик выдающегося этолога Н. Тинбергена, разработал собственную методику «контактного», непосредственного наблюдения за слонами в естественной среде их обитания. Методика включала наблюдение с фотоаппаратом и кинокамерой, радиослежение, которое в данном случае впервые было ис-

пользовано применительно к слонам, а также аэронаблюдения. Жизнь слоновьего племени изучалась детально и всесторонне. Анализировались общие ее аспекты — динамика численности популяции слонов, уровень рождаемости, смертности, пути миграций, взаимодействие со средой обитания. Но естественно, что пятилетнее тесное общение со слонами повлекло за собой множество конкретных, частных открытий. И. и О. Дуглас-Гамильтон «лично познакомились» почти со всеми слонами Маньяры, установили их положение на иерархической лестнице, выявили их индивидуальные черты, каждого нарекли именем. Ученым открылись до того неизвестные детали поведения слонов. Результаты их исследований заставили во многом пересмотреть этологию слонов. Были установлены родство членов слоновьего семейства, состоящего из самок и детенышей, стабильность семейной ячейки, «матриархальность» отношений в стаде, независимость отдельных самцов. Прослежено поведение слонов в моменты опасности, в ситуации смерти одного из сородичей, проверена реакция на присутствие члена.

География

И. А. Гвоздецкий. КАРСТ. М.: Мысль, 1981, 211 с., ц. 1 р. 70 к.

В новой книге ведущего отечественного карстоведа и спелеолога Н. А. Гвоздецкого впервые систематизированы данные о глобальном распространении поверхностных и подземных следов деятельности природных вод в растворимых породах. Автор широко использует результаты собственных наблюдений в различных регионах Европы, Азии, Африки и Америки. Основную часть книги занимает описание пещер, воронок, карров и других форм карста во всех частях света. Приведены данные о крупнейших полостях и глубочайших пропасть мира, в число которых входит снежная на Кавказе. По районному обзору предпослана вводная общая глава, где расска-

зывается об основных типах карста. Читатель получает представление и о народнохозяйственном значении явления, которое часто наносит значительный ущерб экономике, но может приносить и пользу. Книга прекрасно издана, иллюстрирована цветными фотографиями и многочисленными схемами.

История науки

СТРАНИЦЫ АВТОБИОГРАФИИ В. И. ВЕРНАДСКОГО. Сост. Н. В. Филиппова, М.: Наука, 1981, 350 с., ц. 1 р. 60 к.

Книга знакомит с идеями и личностью одного из величайших мыслителей нашего века академика Владимира Ивановича Вернадского (1863—1945). Она составлена по материалам, которые он совместно с женой Натальей Егоровной (в предисловии неточна ссылка на А. Д. Шаховскую), собирал для задуманного труда «Пережитое и передуманное». Кроме того, широко использованы отрывки из писем и дневниковых записей Владимира Ивановича. Материалы охватывают период жизни Вернадского до 1917 г. включительно.

В книге сравнительно мало места занимают обычные биографические сведения о событиях жизни, характере деятельности. Это прежде всего заметки именно о пережитом и передуманном, насыщенные глубокими размышлениями о жизни и смерти, любви, морали, литературе и искусстве, науке, философии, познании, истории России конца XIX — начала XX вв. «Страницы автобиографии» воссоздают образ прекрасного человека, яркого представителя русской интеллигенции тех лет, искреннего, увлеченного, предельно откровенного и честного искателя истины. По его признанию, «...трепетно бьется сердце от чувства единства умственной жизни человечества». Подобное ощущение передается читателю: каждому поколению наряду с текущими сиюминутными вопросами приходится решать и «вечные» проблемы бытия, о которых много и плодотворно размышлял

В. И. Вернадский. Его записки пронизаны оптимизмом, верой в силу познания, острой заинтересованностью в судьбах Родины и своего народа. По собственному признанию, он никогда не жил только для науки. Но именно познанию природы посвятил он свое творчество. «Существование человека для науки (...а я не отделяю от науки стремящееся к истине искусство), — писал он, — вносит в жизнь светлые лучи идеала».

Р. К. Баландин
Москва

История науки

В. Л. Рабинович. ОБРАЗ МИРА В ЗЕРКАЛЕ АЛХИМИИ. М.: Энергоиздат, 1981, 152 с., ц. 30 к.

Эту книгу можно рассматривать как дополнение к предыдущему труду автора «Алхимия как феномен средневековой культуры» (М.: Наука, 1979). Она рассказывает о развитии алхимических представлений от древности до начала Нового времени, когда произошло органическое соединение античного «стихийно-атомистического» образа мира с научными воззрениями Р. Бойля.

В трех главах книги («Над манускриптом в час ночной...», «Трансмутация алхимических начал», «Тринадцать заповедей «Изумрудной скрижали», или алхимический миф в истории культуры»), посвященных детальному изучению открытий свойств металлов, новых элементов, «трансмутаций» веществ, автор опровергает сложившийся за многие годы устойчивый стереотип мышления, игнорирующий многовековые знания алхимиков, накопленные в Средневековье.

Книга иллюстрирована репродукциями из средневековых алхимических трактатов и предназначена всем интересующимся историей науки и культуры.

О старинных грамзаписях пения птиц

И. Д. Никольский,

кандидат биологических наук

Хранитель зоологической фонотеки биологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

Со времени создания зоологической фонотеки МГУ, т. е. с лета 1966 г., пополнение коллекции новыми записями голосов животных на магнитофонных лентах и на грампластинках стало одной из основных наших забот. К настоящему времени фонотека располагает собранием более чем 3000 записей. Это песни и позывки птиц, сигналы, сопровождающие различные акты поведения млекопитающих, насекомых, амфибий, рыб — все то, что по нынешним представлениям составляет звуковую язык животных.

С какой целью собирается эта коллекция? Записи используются при изучении акустического поведения животных, физиологии органов слуха и звукоизлучения, а также многих других проблем зоологии, включая таксономию. На летней практике на биостанциях записи помогают студентам в определении птиц по голосам.

В этом собрании новейших записей голосов птиц совсем небольшой уголок отведен старинным грампластинкам с соловьиными трелями. Известно, что первая в нашей стране грампластинка с записью голоса птицы была выпущена в 1910 г. Разумеется, это было пение пернатого мастера — соловья. Акустический способ записи не позволял в то время выйти с аппаратурой на «лоно природы», поэтому солист был комнатного содержания, но с хорошей лесной разнообразных колен. Как утверждается в старинном анонсе, опубликованном в журнале «Граммфонный мир», № 8, от 25 сентября 1910 г., самая первая грампластинка была односторонней. За-



Этикетки редких грампластинки из коллекции зоологической фонотеки МГУ: первый советский диск «Пение соловья» (из собрания коллекционера птиц А. Колотова) — одна из двух пластинок, изданных «Грампласттрестом» в 1935 г.; грампластинка «Трели соловья» акционерного общества «Граммфон», фирмы «Пищущий Амур», выпущенная предположительно в 1911 г.; грампластинка «Трели соловья», изготовленная, по-видимому, одной из революционных копировальных «фирм»; грампластинка «Трель соловья», изданная «Музтрестом» в первые годы Советской власти с использованием старой матрицы.

пись пользовалась большим спросом у покупателя и воспроизводилась неоднократно; все последующие пластинки с неизменным пищущим амуром на черной этикетке (фабричная

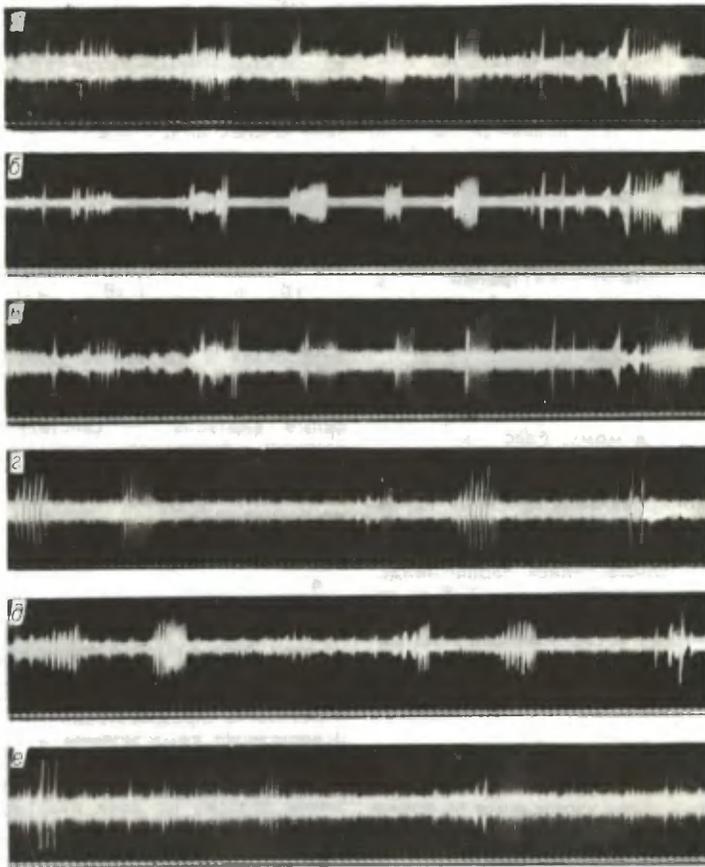
марка фирмы «Граммфон») были с записью на обеих сторонах.

Если доверять старым каталогам грампластиночных фирм, то в дореволюционной России было выпущено семь грампластинок (не считая повторных, а также изделий копировальщиков) с записями трелей соловья, дрозда и канарейки. Но так ли обстояло дело в действительности?

За годы поисков в зоологическую фонотеку МГУ поступила всего одна пластинка «Трели соловья» № 29302/29303 (дар коллекционера В. А. Маркова). Для ее изготовления были использованы матрицы самой первой записи, но сама пластинка была не первым выпуском. Дело в том, что на этикетке имеется надпись: «Изготовлена обществом «Граммфон» с огр[аниченной] отв[етственно-

Осциллограммы начала пения соловья на пластинках: а — «Пишущий Амур». Трели соловья, № 29302/3 [1911 г.]; б — «Музтрест». Трель соловья, № 2/№ 3 [1920-е годы]; в — «Tonophone Record». Трели соловья, А98/В98. Графическое сходство осциллограмм а, б, в показывает, что на лицевой стороне дисков записана одна и та же песня. Осциллографический анализ оборотных сторон пластинок позволяет с уверенностью сказать, что на первых двух дисках (г, д) идет продолжение той же записи, а на диске "Tonophone Record" (осциллограмма е) запись произведена с пока неизвестной нам пластинки.

Осциллограмма получена при скорости развертки 5 мм/с. Некоторое различие в амплитудах звуковых фраз и в уровнях зашумленности объясняется неодинаковой сохранностью пластинок.



стью] в Риге». До мая 1911 г. этой надписи на пластинках данной фирмы не было (она была введена в связи с тем, что планировалась организация соперничающей фирмы со сходным названием). Таким образом, имеющийся в нашем собрании диск был выпущен не ранее мая 1911 г. Мне показывали и другую пластинку «Пение соловья», выпуска 1913 г. (ее номер 49569/49570). Что касается дисков оставшихся пяти наименований, то они нам не попадались. С целью поисков мы посетили Центральный государственный архив звукозаписей СССР и, благодаря любезности его сотрудников, воочию убедились в существовании некоторых металлических матриц (грам-оригиналов). С трепетом, известным лишь собирателю, я рассматривал сияющие металли-

Таблица

Название и номера грампластинок по каталогам	Вид подтверждения	
	грам-пластинка	грам-оригинал
Трели соловья, 29302	есть	есть
Трели соловья, 29304	нет	есть
Трели соловья, 29314	нет	нет
Трели соловья, 29318	нет	есть
Пение соловья, 49569	есть	есть
Пение дрозда, пение соловья, 49572	нет	есть
Единственная запись настоящей канарейки, 529417	нет	нет

ческие диски. К сожалению, самих пластинок не оказалось. Тем не менее наличие цинковых «прародителей» вселяет надежды на существование шеллаковых «чад».

И все же расхождения между тем, что было заявлено в каталогах того времени, и на-

личностью сохраняются. Собранные мною сведения о грам-пластинках с записями голосов птиц, изданных в 1910—1914 гг., приведены в таблице.

Пение соловья из пернатой коллекции Карла Рейха, запечатленное на пластинке № 29302-3 выпуска 1910 г.,

неоднократно воспроизводилось на последующих дисках. В этой связи возможны неожиданные находки. В коллекции фонотеки МГУ имеется пластинка «Трели соловья» (А 98/В 98) загадочной фирмы «Топорhone Record», выпущенная для русского покупателя, но в каталогах не заявленная. Проведенный нами осциллографический анализ показал, что структурная композиция трелей с пластинки «Пишущий Амур» (сторона № 29302) и упомянутой «Топорhone Record» (сторона А 98) идентичны, тогда как на оборотных сторонах этих дисков записаны песни разных соловьев. По-видимому, пластинка «Топорhone Record» представляет собой продукцию скороспелой копировальной «фирмы», пытавшейся закрепиться на рынке сбыта, используя для этого популярные записи зарекомендовавших себя компаний. В те годы это случалось нередко. Качество воспроизведения на дисках копировальщиков было низким, так как для изготовления они использовали не натурную запись, а все те же грампластинки.

В 1920-е годы молодое советское учреждение по производству грампластинок «Музтрест» выпустило диск «Трель соловья № 2 и № 3», используя старую матрицу. Это был все тот же соловей Карла Рейха. Но у издателей, по-видимому, было сомнение, точно ли это натуральный соловей.

На красной этикетке пластинки написано: «Исп[олняется] пенне соловья (цимбалы)». Разумеется, никаких цимбал в записи нет. Пластинка эта подарена фонотеке коллекционером С. Р. Закржевским. Этот маленький этикеточный эпизод, однако, показывает, что пенне натурального соловья на граммофонной пластинке было неординарным делом. Листая старые каталоги и журналы 1910—1920-х годов, убеждаешься, что интерес публики к голосам животных удовлетворялся в то время большей частью за счет подражаний и имитаций. Находились веселые виртуозы — свистели, хрюкали, кукарекали, рычали, студии их охотно записывали, а выпущенные пластинки охотно раскупались.

В 1930-е годы в нашей стране были выпущены два комплекта пластинок необычного содержания. Первый комплект продавался в 1935 г. и состоял из двух дисков «Пение соловьев (с натуры)». Запись была произведена специалистами Грампласттреста (предшественником Всесоюзного дома звукозаписи) на квартире коллекционера птиц А. Колотова. Другой комплект также состоял из двух пластинок под названием «День в зоопарке» и был выпущен в 1936 г. Но из этих четырех дисков в нашей фонотеке есть только один.

Владелец «тиражированного» в ряде стран, включая Россию, соловья немец К. Рейх

писал в журнале «Официальные известия акционерного общества Граммофон» № 21 за 1910 г.: «Едва ли будет возможно тебе представить, с какими громадными затруднениями была связана запись трели соловья для граммофона, хотя к этому приготавливались годами и затрагивали массу терпения...»

В наши дни записать соловьиною мелодию может школьник за считанные минуты, причем в природных условиях, — так упростилась техника фиксации звука. Старые, т. е. довоенного выпуска, пластинки на 78 оборотов, не идут ни в какое сравнение по качеству с современными долгоиграющими дисками с их великолепным, подчас стереофоническим звучанием. Однако старые диски представляют известный историко-архивный и научный интерес; они помогают воссоздать прошедший, но интересный этап в развитии отечественной звукозаписи. Опасаясь утраты этих, теперь уже достаточно редких пластинок (они ведь бьющиеся!), мы пытаемся собрать их в лоно государственной коллекции — в зоологическую фонотеку биологического факультета Московского университета с целью сохранения и изучения.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
Т. Д. МИРЛИС, М. Б. РЫБИНА
Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мароновский пер., 26.
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 7.04.82
Подписано к печати 20.05.82
Т—09830
Формат бумаги 70×100 1/16
Офсет
Усл.-печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1636 тыс.
Уч.-изд. л. 15,2.
Бум. л. 4
Тираж 61 100 экз. Зак. 931.

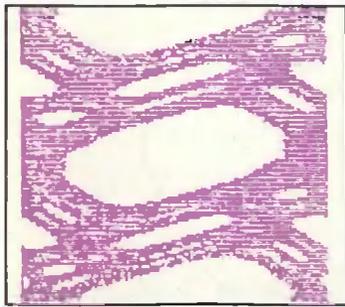
Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. г. Чехов Московской области.

В следующем номере



Недавно на севере Иркутской области в бассейне р. Непы были обнаружены мощные пласты калийных солей. Это открывает возможность создания новой базы по производству удобрений на востоке нашей страны.

Жарков М. А., Мерзляков Г. А., Яншин А. Л.
Открытие калийных солей в Сибири.



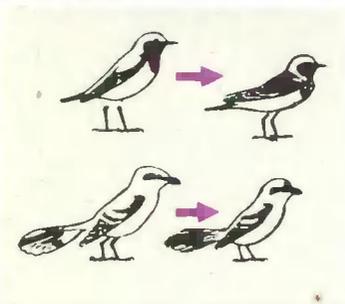
Возможно ли, чтобы строго детерминированный процесс был бы в то же время случайным? Исследования последних лет показывают, что при определенных условиях это не только возможно, но и неизбежно.

Чириков Б.В. Нелинейные резонансы и динамическая стохастичность.



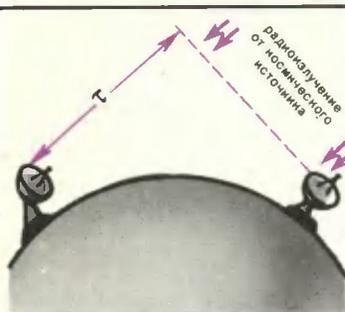
В Институте геологии и геофизики СО АН СССР научились выращивать искусственные изумруды, александриты, опалы и другие самоцветы, не уступающие по качеству природным.

Колонин Г. Р., Птицын А. Б. Самоцветы растут в Новосибирске.



Взаимоотношения видов в борьбе за существование рассматривались обычно как проблема чисто экологическая. Успехи этологии позволили выявить более глубокие истоки этого явления.

Иваницкий В. В. Этология: от «для чего?» к «почему?».



Создана глобальная радиоинтерференционная сеть, угловое разрешение которой превышает $0,0001$. Оно соответствует углу, под которым видна орбита электрона в атоме водорода с расстояния 20 см.

Матвеев Л. И. Сверхдальняя радиоинтерферометрия.

Цена 80 коп.
Индекс 70707

