

7

1977

ПРИРОДА



ПРИРОДА

Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик
А. И. БЕРГ

Академик
Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук
А. Л. БЫЗОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
В. М. ГАЛИЦКИЙ

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Доктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРКИН

Доктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора
В. М. ПОЛЫНИН

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

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук
Д. А. ЧУБУКОВ
И. Б. ШИШКИН

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

На первой странице обложки. Друза кварца. См. статью И. И. Шафрановского, Г. В. Клещева, Л. В. Скобелевой «Кварц и проблема Стенона». Фото Н. Н. Алексеева.

На четвертой странице обложки. Горы Айерс-Рок в Центральной Австралии. См. статью И. Н. Крылова «На геологическом конгрессе в Австралии». Фото Н. Н. Дроздова.

Редакция рукописей не возвращает

© Издательство «Наука»
«Природа», 1977 г.

Июль 1977 года

В НОМЕРЕ**К 250-летию со дня смерти Исаака Ньютона****П. Л. Капица**

Выступление от имени Лондонского королевского общества на торжественном заседании АН СССР в день 300-летия со дня рождения Исаака Ньютона

3

А. Т. Григорьян, Б. Н. Фрадлин

Ньютон и развитие классической механики

7

Из высказываний о Ньютоне

14

А. П. Юшкевич

Становление Ньютона как математика

18

В. И. Спицын, О. А. Троицкий

Электропластическая деформация металла

30

В. А. Спицын

Гены и климат

44

М. Т. Дмитриев

Собственное излучение свежего воздуха

50

На Астауровских чтениях

60

П. Ф. Рокицкий

Б. Л. Астауров и теоретические вопросы современной биологии

61

Л. И. Корочкин

Гены и признаки

68

П. П. Второв

Об охране природы в Швеции

80

М. Г. Найшуллер

Водяной смерч в Сочи

90

Г. И. Немков

«Каменные монетки» египетских пирамид

92

В. Г. Казьмин

«Горячие точки» Земли

104

В. Я. Лакшин

Путешествие философии, или канцлер Бэкон и его переводчики

111

НОВОСТИ НАУКИ Открыта гигантская радиогалактика [57] — Колонии синезеленых водорослей в кварцитах Антарктиды [57] — Ископаемый океан Яфет [57] — Тектоническая карта юга СССР [58] — Температурная история Земли [58] — Озон и исчезновение видов [59] — Золотые медали им. М. В. Ломоносова 1976 г. [124] — Синтез «обойденных» элементов с участием нейтрино [126] — Можно ли находиться вблизи черной дыры и не падать на нее? [127] — Малая планета 1976 UA [128] — Микроволновое радиоизлучение радикала OH от кометы Ве́ста [128] — Лазер в активной зоне реактора [128] — Лазерная плазма в биологии [129] — Полный оборот спина меняет состояние частицы [131] — Прост-

57

ранственная структура пепсина [131] — Преодоление азотного дефицита у растений [131] — Токсины бактерий кишечной группы [132] — II съезд Всесоюзного общества протозоологов АН СССР [133] — Ископаемые млекопитающие [134] — Образование радиоактивных гранитов [135] — Жизнь в докембрии? [135] — Гигантский рифт в Северной Америке [136] — Батиметрическая карта Тихого океана [137] — Луна-76: сейсмическая модель [137] — Палеоклимат Индийского океана [139] — Климатологический прогноз до XXII в. [139] — Древнейшему оледенению Памира 3 млн. лет? [140] — Между синантропом и современным человеком [141] — Чем опасны аэрозоли? [142] — Ртуть в бассейне Женевского озера [142] — Цитадель индейцев неизвестной культуры [142].

ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

Б. М. Медников, Е. А. Шубина
О происхождении китообразных 47

С. В. Смирнов, Б. Д. Васильев
Территориализм и брачное поведение
хорасанской агамы 48

М. Д. Махлин
Расселение южноафриканской элодеи на
территории СССР 143

А. И. Кошелев, Г. И. Ходков
Серая цапля в Барабе 144

Л. А. Попов, Ю. И. Назаренко
Морж в Белом море 145

РЕЦЕНЗИИ

Д. И. Бибииков
О групповом поведении животных 146

Б. А. Розенфельд
Творчество Лобачевского 149

Н. В. Тимофеев-Ресовский
К завершению издания трудов В. Н. Сукачева 151

НОВЫЕ КНИГИ Э. Шредингер. Избранные труды по квантовой механике [152] — Е. И. Бутиков, А. А. Быков, А. С. Кондратьев. Физика в задачах [152] — И. П. Гурский. Элементарная физика с примерами решения задач [153] — А. С. Енохович. Справочник по физике и технике [153] — Т. Эрден-Груз. Основы строения материи [153] — А. Н. Шамин. История химии белка [153] — В. А. Барабой. Солнечный луч [153] — В. А. Поддубная-Арнольди. Цитозмбриология покрытосеменных растений [153] — В. Г. Хржановский. Курс общей ботаники [154] — Л. Я. Бляхер. Проблемы морфологии животных [154] — Э. Либберт. Физиология растений [154] — М. Джекобсон. Половые феромоны насекомых [155] — Ф. Дрё. Экология [155] — Дж. М. Смит. Модели в экологии [155] — Ф. Петтиджон, П. Поттер, Р. Сивер. Пески и песчаники [155] — М. И. Будыко. Глобальная экология [155] — Г. М. Керт, Н. Н. Мамонтова. Загадки Карельской топонимики [156] — Б. Ц. Урланис. Народонаселение: исследования, статистика [156] — Е. Кюри. Мария Кюри [156] — П. А. Генкель. Христофор Яковлевич Гоби [156]. 152

В КОНЦЕ НОМЕРА

В. А. Волков
«Я выбрал близкий Вам предмет...» 157

К 250-ЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ ИСААКА НЬЮТОНА

В этом году исполняется 250 лет со дня смерти Исаака Ньютона. Отмечая эту дату, мы публикуем речь П. Л. Капицы, произнесенную им от имени Лондонского королевского общества¹ 4 января 1943 г. на торжественном заседании Академии наук СССР в день 300-летия со дня рождения величайшего физика. Несмотря на то что с момента выступления прошло более 30 лет, оно почти неизвестно широкому кругу читателей. В этом же номере публикуются и другие материалы, посвященные Ньютону: статья А. Т. Григорьяна и Б. Н. Фрадлина «Ньютон и развитие классической механики», статья А. П. Юшкевича «Становление Ньютона как математика» и «Из высказываний о Ньютоне».

Выступление от имени Лондонского королевского общества на торжественном заседании АН СССР в день 300-летия со дня рождения Исаака Ньютона*

Академик П. Л. Капица

Товарищи!

Президент Лондонского королевского общества сэр Генри Дэл поручил академику Виноградову и мне представлять Общество на торжественном заседании Академии наук, посвященном трехсотлетию со дня рождения Исаака Ньютона, который был членом и президентом этого Общества. Это почетное поручение возложено на нас как на членов Королевского общества. Если бы не условия военного времени, когда переезд из Англии затруднителен, я не сомневаюсь, что Королев-

ское общество направило бы сюда своих делегатов. Но ввиду сложившихся обстоятельств разрешите мне приветствовать собрание от имени Королевского общества и сказать несколько слов по поводу этого юбилея.

Конечно, я не смогу выразить того, что на моем месте сказал бы соотечественник Ньютона. Для нас Ньютон — величайший ученый, которому за его вклад в науку человечество будет признательно еще многие века. Но англичанин может справедливо гордиться Ньютоном как сыном своей страны, воспитавшей его и давшей ему возможность развернуть свои работы. Мы, советские люди, гордимся своими учеными как в прошлом, так и в настоящем и умеем уважать это чувство в других народах.

Научная деятельность Ньютона была тесно связана с Королевским обществом почти с самого его основания. XVII век был веком большого расцвета естественных наук как в Англии, так и в ряде других стран Европы. Выразителем нового на-

¹ Лондонское королевское общество — ведущее научное общество Великобритании, являющееся национальной академией наук, создано в 1660 г. Начиная с 1703 г. в течение 24 лет Исаак Ньютон был его президентом. В настоящее время Общество насчитывает свыше 700 членов, в числе которых имеется всего несколько иностранцев, среди них — П. Л. Капица.

* Впервые напечатана в журнале «Известия Академии наук СССР. Сер. физическая», 1944, т. XIII, № 4.

правления в науке и начертателем пути ее развития был Фрэнсис Бэкон. Положив в основу развития естественных наук эксперимент и освобождая знания от мистицизма, он предвидел, что таким путем человечество подчинит на свое благо еще неведомые тогда силы природы. Блестящий публицист, глубокий философ — Бэкон увлек за собой ряд выдающихся людей Англии. Достаточно сказать, что «Новая Атлантида», вышедшая уже после его смерти, выдержала за 43 года десять изданий — для того времени совершенно исключительное явление. Трудно указать в истории другой такой пример, когда философ мог оказать такое большое влияние на ход развития естественных наук. Бэкон справедливо говорил, что «калека, идущий по правильному пути, может обогнать рысак, если тот бежит по неправильному пути».

Бэкон в своей «Новой Атлантиде» считал планомерную организацию условием развития естественных наук и во главе ставил физику, вопреки установившимся взглядам того времени считая ее «матерью всех наук». Идеи Бэкона были подхвачены группой ученых и передовых людей Англии. Эта группа стала регулярно собираться и на своих собраниях производить опыты и их обсуждать. Собрания эти вначале обычно происходили в таверне, т. е. в чем-то среднем между гостиной и трактиром, и скорее втором, чем первом. Члены этого общества называли себя «Invisible College», т. е. «Незримый колледж». Первые такие собрания происходили в 1645 г. О составе этого общества нам и сейчас говорят такие имена, как Роберт Бойль, Роберт Гук, известные своими работами по изучению состояния газов и твердых тел, математик Джон Валлис, архитектор Христопор Рэн. Последний, может быть, менее известен за пределами Англии, где он приобрел славу как крупнейший архитектор, перестроивший Лондон после пожара. Многие из его прекраснейших церквей в Лондоне погибли сейчас под бомбами вандалов XX в. Интересно отметить, что Рэн был профессором астрономии в Оксфордском университете, но, кроме того, у него есть ряд крупных работ по прикладной математике, анатомии и зоологии — это один из наиболее образованных людей своего времени. Несмотря на помехи, вызванные гражданской войной, общество постепенно расширялось, и после восшествия на престол Карл Второй в 1662 г. дал этому Обществу специальную хартию, где уста-

навливался его устав и права. Этой хартией и было создано «Лондонское королевское общество для развития естественных наук», патроном которого был король. Обществу был пожалован герб с девизом «Nullius in verba»² — этот девиз выражает идею Бэкона, что наука не должна опираться на авторитет, но каждое свое положение должна проверять фактом.

Так из маленькой группы лиц выросло Общество, сыгравшее большую роль в развитии науки своей страны, где оно исполняет ведущие функции, аналогичные академиям наук в других странах.

Когда Королевское общество в 1663 г. начало свою деятельность, оно состояло только на одну треть из ученых, большей частью же его членами были люди, интересующиеся наукой. Наука тогда была очень популярна, и среди членов Общества мы встречаем имена ряда государственных деятелей, как, например, Пипса³, который часто посещал его собрания и даже впоследствии был его президентом.

Наряду с Бойлем, Гуком, Валлисом, Рэном членом Общества с его основания был также Исаак Барроу, крупный математик и учитель Ньютона. Барроу был воспитанником Тринити-колледжа в Кэмбридже, там же, где до него учился Бэкон и где начал свои занятия и сделал свои основные работы Ньютон. Тринити-колледж и по сей день сохраняет высокую традицию в воспитании ученых: из его стен еще недавно вышли такие ученые, как Максвелл, Дж. Дж. Томсон, Резерфорд.

Когда Ньютон пришел в Тринити, Барроу был профессором и первым, кто занимал кафедру имени Люкаса. В те времена в Англии профессор получал свое содержание с капитала, пожертвованного каким-либо меценатом — в данном случае это был некто Люкас. Барроу сразу заметил исключительный талант своего ученика Ньютона. Когда Ньютону было только 27 лет, Барроу решил выйти в отставку, чтобы передать Ньютону свою кафедру.

Этот поступок показывает исключительные качества Барроу как человека. Интересно, что эта кафедра существует и по сей день, ее занимал ряд крупных

² «Ничего в словах» (лат.).

³ Самюэл Пипс (1633—1703) — английский мемуарист, чиновник Адмиралтейства.



Исаак Ньютон. 4.I.1643—31.III.1727. Портрет работы Г. Киеллера (середина 80-х годов XVII в.).

ученых; предпоследним был Лармор, а сейчас ее занимает Поль Дирак.

Ньютон под влиянием Барроу и окружающих его членов Тринити-колледжа был последователем идей Бэкона и приверженцем экспериментального направления в науке. Еще молодым человеком он сам делает эксперименты: своими руками сделал солнечные часы, телескоп и другие приборы, часть которых сохраняется в Тринити-колледже и в музее Королевского общества. Между прочим, наряду с другими реликвиями там же находятся две линейки, сделанные из яблони того сада в Вулторпе, где родился и жил Ньютон. Надо думать, что это то знаменитое дерево, падение яблока с которого навело Ньютона на мысль об открытии всемирного тяготения. Уже 28 лет, в 1671 г. 11 января, Ньютон избирается действительным членом Королевского общества, а с 30 ноября 1703 г. он становится его президентом, неизменно переизбираемым до самой своей смерти. Таким образом, Ньютон был 56 лет членом Общества, из которых 24 года был его президентом. За эти годы Ньютон был тесно связан с Обществом и часто участвовал в дискуссиях. В 1686 г. он представил Обществу манускрипт своего бессмертного произведения «Principia»⁴; по распоряжению Общества через год оно было напечатано.

Ньютон принимал деятельное участие в заседаниях и делах Королевского общества. Надо сказать, что Королевское общество, в отличие от всех других академий, носит и по сей день характер частного общества. Оно существует на членские взносы и только в 1852 г., кроме этого, стало получать субсидию от парламента. Во времена Ньютона Общество не раз переживало финансовые затруднения, главным образом связанные с неаккуратностью, с которой члены вносили плату. Ньютон с начала своего президентства ввел правило, по которому с членов Общества бралось письменное, нотариально заверенное обязательство с угрозой крупного штрафа, аккуратно вносить свои взносы. Жизнь показала, что эта мера дала положительные результаты. В трудные моменты Ньютон выручал Общество своими личными средствами.

С самого начала своего существования Королевское общество широко поддерживало связь с зарубежными уче-

ными. Иностранцы выбирались в члены Общества, в их числе из наших ученых были: Эйлер, Крузенштерн, Струве, Чебышев, Менделеев, Мечников, Павлов, Тимирязев, Голицын и ряд государственных деятелей России; одним из них был еще до создания Академии наук избранный в 1714 г. Александр Меншиков, ближайший сотрудник Петра I. Со времени Ньютона Королевское общество неизменно поддерживает живую связь с научными обществами всего мира.

Мы — ученые свободолюбивых и демократических стран — глубоко ценим это единение ученых всего мира, так как хорошо знаем, что существует только одна наука, служащая на пользу человечества, дающая ему в руки оружие для покорения природы и повышения своего благополучия. Эта наука явилась результатом дружной работы ученых всех стран, и каждая из них по мере сил и возможностей внесла свою лепту. Мы ценим и уважаем работу всех ученых — этому свидетельством собрание, на котором мы сегодня присутствуем. Связь научных обществ, связь ученых организует нашу взаимную работу, длившуюся столько столетий.

И вот неожиданно в XX в. появилась безумная идеология существования высшей расы, которая будто бы только одна способна руководить миром и наукой. Сумасшедшие жалки, но если у буйнопомешанных появляется в руках оружие, они становятся общественно опасными, их надо обезвредить во что бы то ни стало. Иначе погибнут здоровые.

Тут, где мы собрались отметить юбилей великого английского ученого, интернациональный дух науки особенно ясен, как ясна та смертельная опасность, которой подвергается мировая культура. Мы не должны ни на минуту забывать об этой опасности и помнить, что для человечества будет потеряно все, что дал Ньютон и другие гении человеческой мысли, если мы дружно и энергично не встанем на борьбу за равенство, справедливость и свободу человеческой мысли.

⁴ «Математические начала натуральной философии».

Ньютон и развитие классической механики

А. Т. Григорьян, Б. Н. Фрадлин



Ашот Тигранович Григорьян, профессор, доктор физико-математических наук, заведующий сектором истории механики Института истории естествознания и техники АН СССР, заслуженный деятель науки РСФСР. Первый вице-президент Международного союза истории и философии науки, занимается проблемами истории развития механики. Автор нескольких монографий по истории механики, в том числе: *Механика от античности до наших дней*. М., 1971, *Очерки по истории механики*. М., 1962.



Борис Наумович Фрадлин, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической механики Киевского политехнического института. Занимается историей развития механики.

Вклад Ньютона в науку невозможно охватить в одном или даже нескольких исследованиях, поскольку Ньютон — не только основоположник целого ряда отраслей науки, но и, что еще более важно, создатель такого подхода к изучению явлений природы, который мы называем научным в полном смысле этого слова. Ссылки на Ньютона обязательны в современных исследованиях по вычислительной математике и оптике, теории подобия и астрономии, геодезии и истории науки, математическому анализу и физике атмосферы. Однако наиболее значителен вклад Ньютона в механику. Все положения механики Ньютона изложены в его «Математических началах натуральной философии» (первое издание

вышло в 1687 г.). Если в других областях знаний основные результаты либо могли быть получены современниками Ньютона (так, важнейшие положения анализа бесконечно малых Лейбниц сформулировал почти одновременно с Ньютоном), либо опережали требования эпохи (многие положения теории подобия содержатся в «Началах», но развились в самостоятельную науку лишь два столетия спустя), то механика была детищем этой эпохи, и в трактовке Ньютона она законченна и логически стройна.

Значительные успехи, достигнутые механикой Ньютона в изучении многих физических явлений, можно объяснить двумя причинами.

Во-первых, Ньютон избрал удачный

способ построения своей теории. Основные ее положения, которые он, следуя Евклиду, назвал аксиомами (или законами движения) суть обобщения опытных фактов. «Я не измышляю гипотез. Все же, что не выводится из явлений, должно называться гипотезою; гипотезам же метафизическим, физическим, механическим, скрытым свойствам не место в экспериментальной философии»¹, — пишет Ньютон во втором издании «Начал». Таким образом, источник аксиом его механики — опыт. Ньютон рассмотрел множество практических задач, доведя решение каждой из них до вида, удобного для экспериментальной проверки (так, закон всемирного тяготения был получен как следствие из законов движения небесных тел Кеплера и общих законов механики). Все это должно было служить наглядной иллюстрацией к построению «натуральной философии», впоследствии названной «физикой принципов»: «Вывести из явлений два или три общих принципа движения и затем изложить, как из этих ясных принципов вытекают свойства и действия всех вещественных предметов, — вот что было бы очень большим шагом вперед в философии, хотя бы причины этих принципов и не были еще открыты»². Такими тремя принципами стали законы Ньютона, в них он не только выделил наиболее общие свойства механических явлений, но и представил их в наиболее удобной для применения формулировке. Разумеется, подобная схема «натуральной философии» (от опыта через теорию опять к опыту) — не единственно возможная (можно брать за основу так ненавистные Ньютону «гипотезы» и от них идти к опыту), однако полученные при таком подходе результаты впечатляют своей достоверностью и возможностью широкого использования на практике. Этим одновременно объясняется и успех механики Ньютона, и появление впоследствии ошибочного мнения о возможности описать все явления природы с позиций ньютоновской механики.

Вторая существенная особенность «Начал» — простота, поскольку для описания явлений природы используются все-

го несколько основных понятий, таких как масса, сила, абсолютное и относительное пространство и движение (для последнего была предварительно введена в рассмотрение количественная характеристика), абсолютное и относительное время. Все эти понятия были известны и применялись и до появления «Начал». Однако Ньютон расширил и углубил их толкование, приблизил к данным наблюдений, это исключало всякую неоднозначность: как только такая возможность возникала, достаточно было обратиться к эксперименту.

В «Математических началах натуральной философии» Ньютон не только создал «инструмент» познания механических явлений (метод принципов и основные законы и понятия, которые изложены в двух вводных главах), но и на примере решения множества конкретных задач показал, как им пользоваться. Так, в книге первой «Начал» рассмотрены некоторые новые математические понятия анализа бесконечно малых, содержится доказательство закона площадей для движения материальной точки под действием центральной силы (теперь закона сохранения момента импульса) и рассматриваются оптические задачи.

Во второй книге Ньютон изучает движение тел в сопротивляющейся среде. Рассматривая последовательно линейный, квадратичный и смешанный законы сопротивления, он установил закономерности, характеризующие движения тел в жидкости, т. е. заложил основу современной динамики вязкой жидкости. Полученные результаты были использованы при исследовании кругового движения тел и, в частности, движения маятников в сопротивляющейся среде. Изучая влияние формы тела на сопротивление, испытываемое им при движении в жидкости или в воздухе, Ньютон поставил одну из основных задач современной аэро- и гидродинамики. Он доказал, что относительная скорость скольжения двух слоев жидкости пропорциональна величине трения между ними.

Ньютон исследовал горизонтальное, вертикальное и наклонное движения материальной точки при различных законах сопротивления.

Дальнейшее развитие эти исследования получили в трудах ученых XVIII в. В отделе VII «Начал» излагается закон механического подобия — исходный пункт современной теории подобия. В третьей книге, называемой «О системе мира», Ньютон обосновывает закон всемирного тяго-

¹ Ньютон И. Математические начала натуральной философии. — В кн.: Собр. труд. акад. А. Н. Крылова. Т. VII. М.—Л., 1936, с. 662.

² Ньютон И. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. М., 1954, с. 304.

тения и исследует с его помощью движения небесных тел. С помощью II закона динамики и закона всемирного тяготения он объясняет не только движения небесных тел, подчиняющиеся законам Кеплера, но и, например, планетные неравенства, которые не подчиняются им. Принимая планеты Солнечной системы за материальные точки, взаимодействующие между собой согласно закону всемирного тяготения (задача двух тел), Ньютон получил решение в квадратурах, которое подтвердило правильность двух законов Кеплера и уточнил третий закон Кеплера. Полученное решение позволило ему построить теорию движения комет, причем для определения положения кометы на орбите он использовал интерполяцию по «разделенным разностям» — она широко применяется в современной вычислительной математике.

Важное значение имеет и созданная Ньютоном теория потенциала. Используя закон всемирного тяготения, он рассчитал силы взаимодействия между однородным шаром и точкой, находящейся вне или внутри его. Это позволило Ньютону определить форму Земли (в предположении, что Земля образовалась при охлаждении однородной равномерно вращающейся жидкой массы). Ньютон создал теорию приливов и отливов (она качественно хорошо согласовывалась с наблюдениями), объяснил прецессионное движение точки весеннего равноденствия (явление, известное еще Гиппарху), разработал теорию движения Луны как частный случай задачи трех тел. Это было блестящим доказательством правильности закона всемирного тяготения.

Однако, несмотря на столь впечатляющие результаты, механика Ньютона не получила сразу широкого признания у его современников. У нее были противники не только на континенте (особенно во Франции), но и в самой Англии. «Не подлежит сомнению, что ни один из них не изучал трудов Ньютона, так как иначе отрицание его теории было бы отрицанием очевидности», — писал по этому поводу академик В. Г. Фесенков³. Учению Ньютона приходилось вести нелегкую борьбу, с одной стороны, со школой перипатетиков, которая приписывала телам наряду с качествами, непосредственно

PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA

Autore J. S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Mathematicos
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR
S. P E P Y S, Reg. Soc. P R A E S E S.

Julii 5. 1686.

L O N D I N I.

Justu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater, Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

Титульный лист «Математических начал натуральной философии» Исаака Ньютона (Лондон, 1687).

доступными прямому восприятию, качества скрытые, проявления которых могут выявиться только косвенным путем, а с другой — со школой Декарта. Критику перипатетизма дает сам Ньютон: «Я не рассматриваю эти начала (механики. — Авторы) как таинственные качества, предположительно вытекающие из особых форм вещей, но как общие законы природы, посредством которых образовались самые вещи; истина их ясна нам из явлений, хотя причины до сих пор не открыты. Ибо это — явные качества, а только причины их тайны. Последователи Аристотеля дают название скрытых качеств не явным качествам, но только таким, которые, как они предполагают, кроются в телах и являются неизвестными причи-

³ Фесенков В. Г. Исаак Ньютон (1727—1927). — «Русский астрономический журнал», 1927, вып. IV, с. 100.

нами явных явлений. Таковы были бы причины тяготения магнитных и электрических притяжений и брожений, если бы мы предполагали, что эти силы, или действия, возникают от качеств нам неизвестных, которые не могут быть открыты и стать явными. Такие скрытые качества останавливают преуспевание натуральной философии, и поэтому отброшены за последние годы. Сказать, что каждый род вещей наделен особым скрытым качеством, при помощи которого он действует и производит явные эффекты, — значит ничего не сказать».⁴

Более упорными были споры со сторонниками Декарта, среди которых были Лейбниц, Гюйгенс, Вариньон, Иоганн и Даниил Бернулли, Эйлер... Заглавие произведения Ньютона было своего рода вызовом (воззрения Декарта изложены в «Началах философии», вышедших в 1644 г.), на который последовало обвинение в перипатетизме. Реакция против перипатетизма Ньютона была начавшаяся почти повсеместно в период выхода в свет первого издания его «Начал», намного задержала распространение идей Ньютона. Стремясь к рациональному познанию, не признавая никаких свойств материи, кроме протяженности и движения, сторонники Декарта (картезианцы) пытались описать мир чисто аналитическим путем. Поэтому они не могли простить Ньютону ни оставленного им без объяснения причины всемирного тяготения, ни введения понятий силы и массы. Однако метод Ньютона невозможно было опровергнуть, ибо он уходил своими корнями в практику и в ней получал подтверждения, постепенно пробивая дорогу к всеобщему признанию как в Англии, так и на континенте. В известной степени знаменательным событием, завершившим этап борьбы ньютоналинцев и картезианцев, был выход в свет в 1695 г. работы Лейбница «Опыт динамики», в которой он перешел, по сути дела, на сторону Ньютона, хотя и не упоминал его имени.

В XVIII в. наступил новый период развития ньютоналинской механики, характерной чертой которого было развитие аналитических методов исследований, пришедших на смену громоздким геометрическим. (В «Началах» механика изложена на языке геометрии, однако развитие метода флюксий, позволило излагать ее

аналитически.) Так, Эйлер в «Механике» (1736) и «Теории движения твердых тел» (1765) ведет изложение с применением обозначений Лейбница. Рассматривая силу как вектор, разложенный на три составляющие по осям, Эйлер получил уравнения движения.

Этот период отмечен поисками общих принципов механики, которые могли бы заменить законы Ньютона. В начале XVIII в. были сформулированы вариационные принципы: принцип возможных перемещений (И. Бернулли), принцип Даламбера, принцип наименьшего действия Мопертюи — Эйлера. Результатом всех исследований этого периода явилась «Аналитическая механика» Лагранжа (1788), в которой статика излагается, исходя из правила сложения сил, принципа виртуальных скоростей, а в основу динамики положен принцип наименьшего действия. Лагранж ввел обобщенные координаты, благодаря которым уравнения движения записывались в предельно компактной и изящной форме. Однако все эти работы почти не касались основ механики Ньютона, определения основных понятий и формулировок его законов. Они только дополнялись и уточнялись. Так, в «Механике» Эйлера объект рассмотрения — материальная точка, а основную роль играет II закон динамики.

Основы механики Ньютона обогащались, пожалуй, лишь работой Д. Бернулли «Исследования принципов механики и геометрическое доказательство сложения и разложения сил» (1726), где геометрически доказывается правило параллелограмма сил. (У Ньютона сложение сил сводится к сложению движений, что не может не вызвать возражений, ибо сила является основным понятием его механики).

Вследствие все более широкого проникновения, с одной стороны, аналитических методов в механику, а с другой — самой механики в производственную практику, в первой половине XIX в. наряду с теоретической механикой выделяется и прикладная (техническая, или индустриальная) механика. В разработку вопросов теоретического характера внесли большой вклад Гаусс (новой принцип), Остроградский, Гамильтон, Якоби (создатель метода Гамильтона — Якоби), Пуассон, Коши (создатель математической теории упругости), вопросы прикладного характера исследовались в работах Понселе, Шаля, Кориолиса.

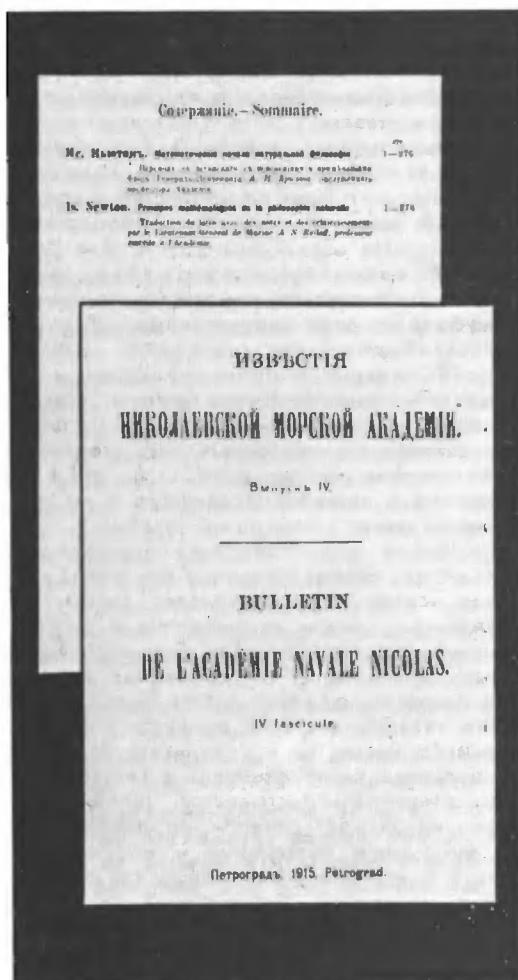
Однако характерной особенностью

⁴ Ньютон И. Оптика..., с. 303—304.

этого периода (благодаря начавшемуся стремительному развитию физики, механики, химии) следует считать создание теории электричества и теплоты, основанных на механических представлениях. Именно тогда сложилось представление о всеобщности законов механики. Эту точку зрения выразил Гельмгольц в докладе «О сохранении силы»: «Окончательная задача физических наук о природе заключается в том, чтобы явления природы свести к неизменным притягательным и отталкивающим силам, величина которых зависит от расстояния»⁵. В том, что законы механики Ньютона справедливы всегда, а основных понятий, введенных в «Началах», вполне достаточно для описания всех явлений природы (если вводились новые понятия, как, например, работа, энергия, то в них вкладывался механический смысл и они выражались через исходные понятия ньютоновской механики), казалось, мало кто сомневался.

Критический пересмотр основ классической механики начался во второй половине XIX в. Созданная Максвеллом теория электромагнитного поля, объяснить которую с позиций механики было невозможно, знаменовала собою начало новой эпохи в физике — эпохи перехода от механической картины мира к электромагнитной, которая завершилась появлением более общих теорий — теории относительности и квантовой механики.

Повышенный интерес к основаниям механики проявляли и философы. Именно в тот период философский факультет Геттингенского университета предложил на соискание премии тему: «Критическая история общих принципов механики». В рекомендациях указывалось на необходимость показать по отношению к каждому существенному принципу механики, «в какой мере он является лишь очевидным логическим положением, в какой мере — необходимой для использования математической формулировкой такого положения, в какой мере он представляет выражение опытного факта, установленного с полной общностью, и в какой мере он лишь правдоподобное на современном уровне знаний утверждение». Работы критического характера появились и в самой механике, они были направлены на пересмотр ее основ. Здесь в первую очередь следует назвать работы Маха



Титульный лист и оглавление первого издания трудов Исаака Ньютона в России.

(«Механика», 1883) и Герца («Принципы механики, изложенные в новой связи», 1894). Острые критики Маха было направлено главным образом против ньютоновских концепций абсолютного времени, абсолютного пространства и абсолютного движения. Мах пишет, что абсолютное время «не может быть измерено никаким движением и поэтому не имеет никакого ни практического, ни научного значения», а «Об абсолютном пространстве и абсо-

⁵ Цит. по кн.: Кудрявцев П. С. История физики. Т. 1. М., 1948, с. 450.

лютом движении никто ничего сказать не может; это чисто абстрактные вещи, которые на опыте обнаружены быть не могут. Все наши основные принципы механики представляют собой... данные опыты об относительных положениях и движениях тел»⁶. Мах идет дальше Ньютона, когда рассматривает пространство и время в тесной связи с реальными процессами и вещами. Но если у Ньютона и пространство, и время существуют объективно, то Мах связывает эти понятия только лишь с субъективными ощущениями. В этом плане убедительнее выглядела работа Герца. Основные понятия его «Принципов механики» — пространство, время, масса, а основной закон — «каждое естественное движение самостоятельной материальной системы состоит в том, что система движется с постоянной скоростью по одному из своих прямейших путей»⁷.

Вводя в рассмотрение «прямейший путь» Герц строит механику без учета понятия «сила» и рассматривает систему n точек, тем самым связывая ее с многомерной геометрией. «Так как система n точек выражает $3n$ многообразия движения, которое, однако, может быть уменьшено связями системы до любого произвольного числа, то в результате возникает большое число аналогий с геометрией многомерного пространства, причем эти аналогии заходят отчасти так далеко, что те же самые положения и обозначения могут иметь место как здесь, так и там». Такая несколько неожиданная трактовка расширила представления о геометрических основах механики. Герц заменил действие сил механики Ньютона наложением на механическую систему некоторых геометрических связей. Это было важной вехой в развитии классической механики. Но если с математической точки зрения такой подход выглядел безупречным, и в этом смысле «Принципы механики» можно сравнивать с «Аналитической механикой» Лагранжа, то на пути реализации этого подхода вставали серьезные трудности. По словам Зоммерфельда, «механика Герца построена в высшей степени увлекательно и последовательно, но в силу сложности замены сил связями оказалась малопродуктивной»⁸. Другие многочис-

ленные попытки видоизменить или подправить механику Ньютона исходили лишь из желания заставить ее «работать» в тех областях, для которых она не была создана, и не получив должных экспериментальных подтверждений, были отброшены как неосновательные.

Конец XIX — начало XX столетий сопровождалось стремительным развитием техники, на базе которой значительно расширились возможности проведения эксперимента. Был создан целый ряд приборов и установок, с их помощью можно было исследовать явления природы, происходящие как в малых областях, так и в громадных просторах Вселенной (известные опыты Майкельсона, опыты по измерению скорости света в движущейся воде, открытие и исследование радиоактивности, исследование излучения абсолютно черного тела и др.). Результаты этих экспериментов не согласовывались с классической механикой, для их объяснения потребовались новые теории — специальная теория относительности и квантовая механика.

Специальная теория относительности — дальнейшее обобщение механики Ньютона, следующий шаг в познании фундаментальных законов природы. Основы теории относительности заложены в работах Эйнштейна и Минковского. Принцип относительности, игравший второстепенную роль в механике Ньютона, в теории относительности распространяется на все физические явления, происходящие в координатных системах, для которых справедливы законы механики (инерциальные системы), и становится важнейшим законом природы. В другом основополагающем утверждении этой теории вводится универсальная для всех систем отсчета постоянная — скорость света. На основе двух этих положений было получено фундаментальное соотношение современной физики — связь между массой и энергией. В общей теории относительности Эйнштейн установил принцип эквивалентности, который предполагает полную физическую равноценность сил тяготения и соответствующего ускорения системы отсчета.

Но для описания явлений микромира ни классическая механика, ни теория относительности не применимы, здесь выполняются законы квантовой механики (ее основы были заложены в работах Планка, Эйнштейна, де Бройля, Гейзенберга, Шредингера, Бора), квантовая механика дает статистическое описание пове-

⁶ Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. СПб, 1909, с. 187 (пер. Г. А. Котляра).

⁷ Герц Г. Принципы механики, изложенные в новой связи. М., 1959, с. 344.

⁸ Зоммерфельд А. Механика. М., 1947. с. 298.

дения микрочастиц, т. е. переходит от непрерывных величин к дискретным. Поэтому в ней не «работают» понятия классической механики применительно к какой-либо отдельной частице. Существенные изменения претерпевают наши представления о причинности и детерминизме, которые не находят классических аналогий.

Таким образом, в начале текущего столетия классическая механика потеряла позиции ведущей физической дисциплины, хотя и продолжает играть важную роль при описании явлений макромира, происходящих с малыми, по сравнению со скоростью света, скоростями. Вместе с тем в самой механике назрел ряд проблем, требующих разрешения.

В докладе «Математические проблемы», представленном на II Международном конгрессе математиков в Париже в 1900 г., Гильберт, наряду с другими 22 проблемами, охватывающими основные направления математических наук, поставил проблему аксиоматического обоснования механики и наметил пути решения этой проблемы. Попытка аксиоматического обоснования классической механики содержалась в ряде работ Гамеля (1909, 1927, 1949), их общая тенденция: сначала из минимального числа аксиом построить «общую» механику, затем, присоединяя каждый раз группу аксиом, перейти к специальным разделам (механике абсолютно твердого тела, механике системы точек, теории упругости и т. д.). При таком подходе Гамель испытывал серьезные математические трудности, главным образом из-за недостаточной общности используемого им математического аппарата.

С появлением неклассических теорий возникла необходимость пересмотра механики с более общих позиций, как это сделано в работах Нолла и Трусделла⁹, где с помощью аппарата теории множеств удалось создать общую теорию, описывающую механические явления различной природы. Если в «Началах» Ньютона понятие «тело» остается неопределенным, то у Трусделла это — исходное понятие, смысл которого можно уяснить из системы аксиом. Таким же образом вводятся понятия массы и силы, на их основе даются определения «вселенной», «системы отсчета» и др. Далее формулируются ак-

сиомы механики, связывающие основные понятия. Это — фактически уточненные и расширенные законы Ньютона и на базе так называемых аксиом Нолла рассматриваются различные модели тел. Такой общий подход к пониманию механических явлений представляет безусловный интерес.

В исследованиях Ньютона впервые была создана картина мира, прочно опирающаяся на многочисленные опытные факты и вполне удовлетворительно объясняющая механические процессы, происходящие в природе. Ньютонианская механика и ее основные принципы на протяжении двух столетий (до конца XIX века) служили программой всех исследований в области точного естествознания. Происшедшие в начале нашего столетия глубокие изменения в понимании законов природы не привели к отрицанию классической механики — они лишь ограничили сферу ее применения.

Механика сплошной среды, начало которой было положено в исследованиях Ньютона, Эйлера, Коши, в настоящее время используется в целом ряде дисциплин — гидромеханике, аэромеханике, теории упругости и пластичности и т. д.

Таким образом, со времени своего создания классическая механика прошла длинный и сложный путь. Заслуга Ньютона в этом бесконечно велика, ибо он заложил ее основы. По словам академика С. И. Вавилова, «на всей физике лежал индивидуальный отпечаток его мысли; без Ньютона наука развивалась бы иначе»¹⁰.

¹⁰ Вавилов С. И. Исаак Ньютон. М., 1961.

⁹ Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. М., 1975.

Из высказываний о Ньютоне

Первый период нового естествознания заканчивается — в области неорганического мира — Ньютоном. Это период овладения данным материалом; в области математики и астрономии, статистики и динамики он дал великие достижения, особенно благодаря работам Кеплера и Галилея, из которых Ньютон извлек ряд следствий.

Ф. ЭНГЕЛЬС

Ньютон был первым, кто попытался сформулировать элементарные законы, определяющие временной ход обширного класса процессов в природе с высокой степенью полноты и точности. Его законам движения вместе с законом тяготения подчиняется движение всех небесных тел, происходящее под действием сил взаимного притяжения. Тем самым Ньютон осуществил мечты философов-материалистов древности — Демокрита и Эпикура, считавших, что должна существовать причинная взаимосвязь всех без исключения физических явлений. После этих успехов вряд ли остались какие-нибудь сомнения в том, что развитие вообще всех материальных явлений происходит с необходимой закономерностью, которую можно было бы сравнить с ходом часов. Кроме того, стало очевидно, что процессы мышления должны быть неразрывно связаны с материальными процессами, протекающими в мозгу, и поэтому стала неизбежной идея о том, что и в основе мышления и желаний человека и животных должны лежать те же строго причинные закономерности. Таким образом, Ньютон оказал своими трудами глубочайшее и сильнейшее влияние на все мировоззрение в целом.

А. ЭЙНШТЕЙН

Подобного человека можно понять, если рассматривать его как арену, на которой идет борьба за вечную истину. Задолго до Ньютона смелые умы думали о возможности такого объяснения воспринимаемых нашими чувствами явлений, которое вытекало бы логически из простых физических гипотез. Но только Ньютону удалось найти основу для логического и математического обоснования явлений, подтверждаемых опытом. Можно было рассчитывать, что из основ ньютоновской механики с течением времени будут выведены все явления. Так думали ученики Ньютона (они были в этом уверены больше, чем учитель) и его последователи вплоть до конца XVIII в.

А. ЭЙНШТЕЙН

Действительно, я думаю, мы все согласны с Ньютоном: самый глубокий фундамент науки — это уверенность в том, что в природе одинаковые явления наступают при одинаковых условиях.

Н. БОР

Нас завело бы слишком далеко, если бы мы стали вспоминать во всех подробностях, как была построена механика; как с преодолением мифических космологических идей и аргументов, ссылающихся на цель наших собственных действий, возникла на основе, заложенной новаторскими работами Галилея, стройная система механики, достигшая такого совершенства благодаря мастерству и гению Ньютона. Прежде всего, принципы механики Ньютона внесли значительную ясность в проблему причины и следствия; это было достигнуто благодаря тому,

что они позволили, по состоянию физической системы в данный момент, определяемому через измеримые величины, предсказать ее состояние в любое последующее время.

Н. БОР

По мере того, как ученые XVIII века, непрерывно и сознательно применяя наблюдение и экспериментальный метод, начали постигать основные законы механики, астрономии и некоторых частей физики, они почти неизбежно были вынуждены развивать методы рассуждения и расчета, которые постепенно подводили их к анализу бесконечно малых. Итак, великое открытие, честь которого оспаривали Ньютон и Лейбниц, можно одновременно рассматривать как необходимое условие рождения современной физики и как нормальное завершение усилий тех, кто участвовал в закладке ее основ.

Л. ДЕ БРОЙЛЬ

Основные представления Ньютона вошли в науку благодаря научному совершенству его великих построений; они были приняты благодаря тому, что основанные на них выводы блестяще подтверждались вычислениями. Основываясь на этих работах, наука достигла чрезвычайного, раньше небывалого совершенства в одной из огромных своих областей...

В. И. ВЕРНАДСКИЙ

Ньютон видел чрезвычайную общность выявленного им всемирного тяготения. Он не только применил его к объяснению и вычислению строения солнечной системы; он видел его общность во всех мельчайших явлениях нашей Земли — в явлениях веса. Он шел здесь и дальше, он видел еще больше общность всемирного тяготения, искал применения его к химическим и молекулярным явлениям, нашел доказательства его влияния за пределами солнечной системы...

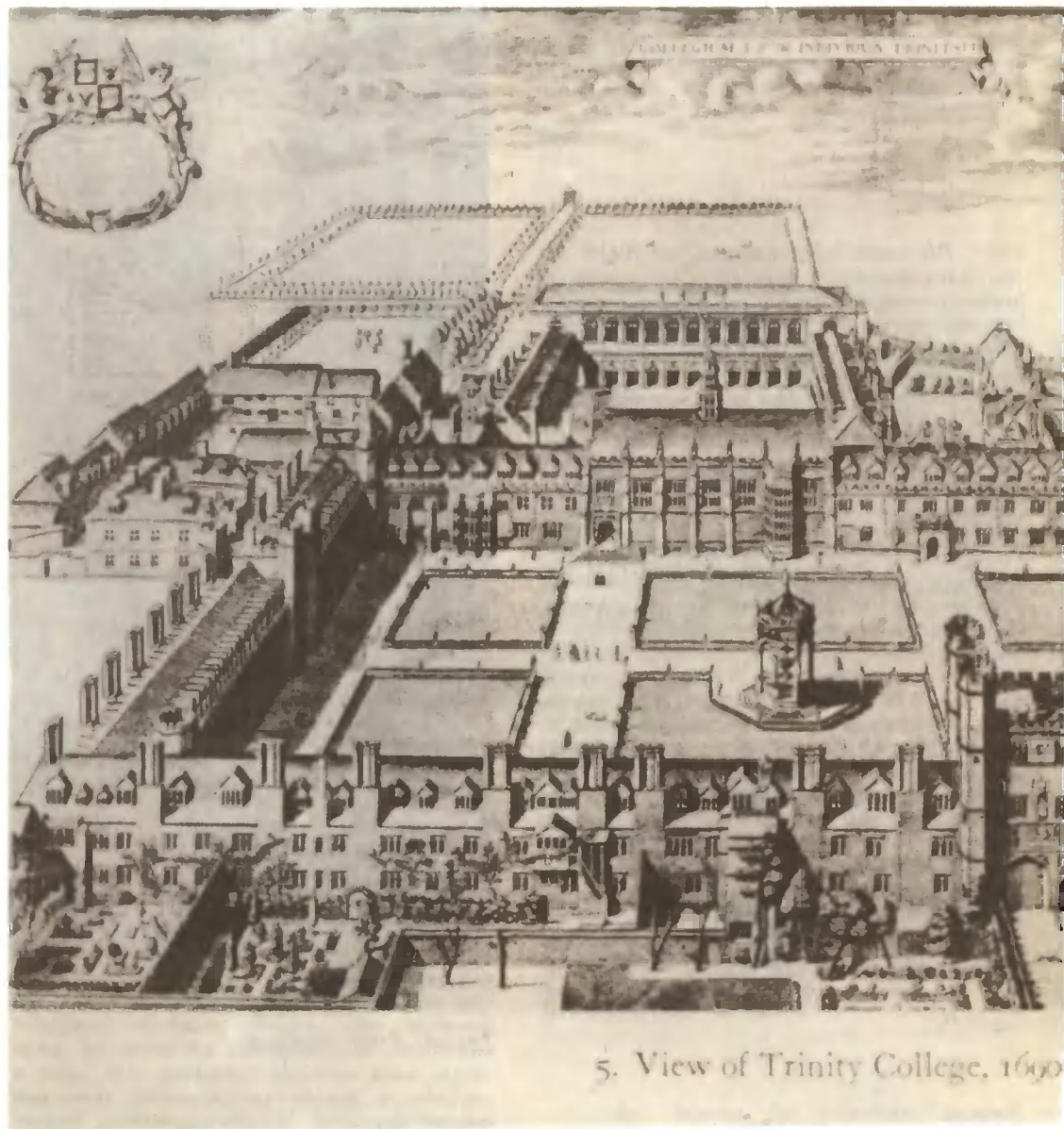
В. И. ВЕРНАДСКИЙ



Портрет Исаака Ньютона.

В отличие от всех своих предшественников (и даже таких, как Леонардо, Галилей, Джильберт), Ньютон постигает искусство рационального опыта, отвечающего на определенные вопросы и, наоборот, выдвигающего новые вопросы. В его руках комбинация опытов становится таким же могучим и гибким средством научного мышления, как логика в математике.

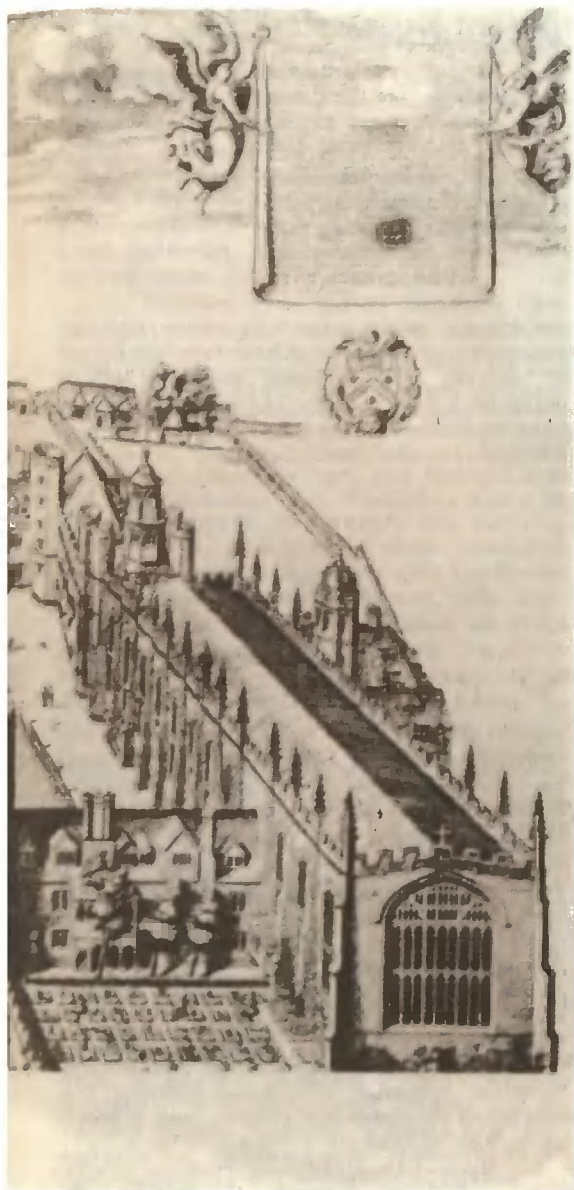
С. И. ВАВИЛОВ



Тринити-колледж Кембриджского университета. Комнаты Ньютона находились на первом этаже между воротами и капеллой.

Телескоп Ньютона. Ньютон сделал важное усовершенствование, придумав отражательный телескоп. Устройство всех больших телескопов по-прежнему основывается на идее Ньютона.

Комната Исаака Ньютона в Тринити-колледже, Кембридж.



Становление Ньютона как математика

А. П. Юшкевич



Адольф Павлович Юшкевич, доктор физико-математических наук, руководитель группы истории математики Института истории естествознания и техники АН СССР. Автор ряда работ в области истории математики. Заслуженный деятель науки РСФСР, член Немецкой академии исследователей природы «Леопольдина», действительный член Международной академии истории наук и других иностранных академий и обществ.

Имя Ньютона прочно вошло в историю математики как творца первой системы дифференциального и интегрального исчисления (которое сам он называл методом флюксий), автора замечательных работ по интерполированию, аналитической и проективной геометрии, алгебре. Изучению математических трудов Ньютона посвящено множество работ, в том числе таких выдающихся советских ученых, как академики А. Н. Крылов, Н. Н. Лузин, А. Н. Колмогоров. Таким образом, можно было бы полагать, что творческий путь Ньютона как математика известен во всех подробностях. Однако до недавнего времени мы были знакомы только с опубликованными в свое время трудами Ньютона¹ и небольшой частью его переписки, изданной в XVIII и XIX вв. Рукописное наследие великого ученого оставалось почти полностью неизвестным. Лишь в самое последнее время, в 1967 г., началось систематическое издание его математических рукописей в 8 томах, из ко-

торых уже вышли в свет 7 томов², охватывающих период 1664—1695 гг. Несколько ранее было предпринято полное 6-томное издание его переписки, 5 томов которого также уже вышли из печати³. Эти новые публикации, тщательно прокомментированные их издателями, не только проливают новый свет на годы учения Ньютона и хронологической порядок его открытий, но и на целый ряд ранее неизвестных особенностей созданных им теорий, которые не получили выражения в печатных изданиях его сочинений. В настоящей статье рассмотрен главным образом начальный период становления Ньютона как математика, а именно с 1664 по 1671 г.

Восемнадцатилетний Ньютон поступил в Тринити-колледж Кембриджского университета летом 1661 г., располагая самой незначительной школьной подготовкой в области арифметики и геометрии и не питая еще никакого интереса к математике. Подготовка математиков не

¹ Ньютон И.: Математические начала натуральной философии. Пер. А. Н. Крылова. Пг., 1915, М.—Л., 1936; Математические работы. Пер. Д. Д. Мордухай-Болтовского. М.—Л., 1937; Всеобщая арифметика или книга об арифметических синтезе и анализе. Пер. А. П. Юшкевича. М., 1948.

² The mathematical papers of Isaac Newton, ed. by D. T. Whiteside, v. I—VII. Cambridge University Press, 1967—1977.

³ The correspondence of Isaac Newton, v. I—VI. Cambridge University Press, 1954—1975.

входила в цели Кембриджского университета, где, как и в других университетах тогдашней Англии, во всех сферах деятельности еще преобладали средневековые традиции. Прежде всего Ньютон приступил к изучению философии. Общий и единственный курс математики, который читал в Кембридже профессор И. Барроу, в значительной мере имел натурфилософский характер, а в собственно математической части был элементарным.

Перелом в интересах Ньютона произошел через два года после начала занятий и, как сообщает близко знакомый с ним позднее математик А. Муавр, по случайному поводу. Летом 1663 г. Ньютон, купив из любопытства на местной ярмарке книжку по астрологии, обнаружил, что для ее понимания у него нет нужных знаний по тригонометрии. Раздобыв книгу по этому предмету, он увидел, что его геометрическая подготовка также недостаточна, и принялся за чтение «Начал» Евклида в облегченном изложении, вероятно в изложении Барроу. Несколько десятков первых теорем представились Ньютону столь очевидными, что он недоумевал, для чего их доказывают, но, дойдя до теоремы Пифагора, он переменял мнение и стал штудировать «Начала» всерьез. Вслед затем Ньютон изучил алгебру по распространенному тогда в Англии «Ключу математики» У. Утрета (1631) и вскоре перешел к чтению более фундаментальных трудов — «Геометрии» Р. Декарта (1637) в ее втором латинском издании 1659—1661 гг., дополненным ценными комментариями и оригинальными сочинениями других ученых по алгебре, аналитической геометрии и некоторым вопросам исчисления бесконечно малых, «Арифметики бесконечных величин» (1656) Дж. Уоллиса и других сочинений. Этот рассказ в целом подтверждается рядом свидетельств самого Ньютона, а также его конспектами и черновиками 1664—1665 гг., напечатанными в I томе «Математических бумаг».

Эти же материалы свидетельствуют о необыкновенно быстром созревании математического гения Ньютона. Едва начав изучать высшие разделы тогдашней математики, он пошел далее собственными путями. Все наиболее важные открытия он сделал в течение примерно двух лет, частью в Кембридже, частью же в своем родном городке Улсторпе, где провел почти все время с августа 1665 по апрель 1667 г., пока в Кембридже свирепствовала чума. Сказанное о математике

в значительной мере относится также к механике и оптике. Просматривая в семидесятилетнем возрасте свои юношеские записи полувековой давности, Ньютон резюмировал итоги тогдашних своих занятий словами: «Все это было в два чумных года 1665 и 1666. Ибо в те дни я был в расцвете творческих сил и занимался математикой и философией (т. е. натуральной философией или же физикой и механикой.— А. Ю.) более, чем когда либо с тех пор»⁴.

Бумаги Ньютона и другие данные показывают, прежде всего, что Ньютон был, в сущности, самоучкой, который ознакомился с современной ему математикой путем чтения немногочисленных трактатов, часть которых названа выше. Господствовавшее до недавнего времени мнение, что занятиями Ньютона руководил Барроу, существенно повлиявший на его духовное развитие, оказывается, по всей вероятности, неосновательным⁵. Университетские лекции Барроу, предназначенные для широкой студенческой аудитории, далекой от математики, не могли направить мысль Ньютона на разработку ни новейших разделов алгебры, ни аналитической геометрии, ни анализа, и в аннотациях и заметках Ньютона эти лекции ни разу не упоминаются. Неизвестно также, встречались ли Барроу и Ньютон до 1667 г., когда основные идеи и приемы метода флюксий были уже разработаны. Свидельства о научном контакте между обоими учеными имеются только для тех лет, когда Ньютон уже не нуждался в чьем-либо руководстве. Но если нет оснований считать Барроу предшественником Ньютона в создании алгоритмов исчисления бесконечно малых, то его влияние все же отразилось на кинематической трактовке Ньютоном основных понятий анализа, именно на рассмотрении фигур как результата движения (например, линия как результат движения точки) и на представлении переменных величин как прямолинейных путей, проходящих за некоторое время с теми или иными скоростями. Эта кинематическая концепция функциональной зависимости не принадлежала лично Барроу. Восходя,

⁴ The mathematical papers of Isaac Newton, v. I, p. 5—6.

⁵ Это мнение разделял С. И. Вавилов. См.: Вавилов С. И. Исаак Ньютон. М.—Л., 1943, с. 160—161.

в конечном счете, к Аристотелю, она получила в XIV в. развитие в оксфордской школе «калькуляторов», в Париже у Н. Орема и затем в Италии, где, быть может, познакомился с ней Барроу. Эта же кинематическая традиция отражена в определении логарифма, предложенном шотландцем Дж. Непером на рубеже XVI и XVII вв. Гораздо большее влияние оказали на Ньютона сочинения Декарта и его последователей, Уоллиса, а также алгебраические труды Ф. Виета; тем или иным путем до него доходили также идеи Б. Кавальери и П. Ферма, хотя работы последнего в то время распространялись только в рукописях и письмах. Позднее Ньютон занял по отношению к Декарту как натурфилософу и даже как математику во многом отрицательную позицию. Это не противоречит тому, что в области геометрии и алгебры Ньютон продолжал дело Декарта, хотя с полным основанием отверг односторонность его «всеобщей математики», для которой единственным универсальным методом математического исследования был алгебраический.

В годы учения Ньютон познакомился, кроме «Начал» Евклида, также с трудами других греческих классиков, таких как Архимед, Аполлоний и Папп, скорее всего опять-таки в переложениях авторов XVI—XVII вв. Другое общепринятое прежде мнение, что классический геометрический метод древних служил основным средством математических изысканий Ньютона, является преувеличенным. Конечно, ряд теорем о кривых второго порядка в «Математических началах натуральной философии» (1687) выведен чисто геометрически, но это было связано с тем, что координатный метод не приобрел еще широкой известности, а также с тем, что в ряде случаев, если знать труды древних, доказательства этих теорем оказываются изящнее, чем алгебраически-координатные. В сфере же математики бесконечного мышление Ньютона было совершенно отличным от античного метода «исчерпывания». Ньютон оперировал бесконечно малыми в свободной манере, характерной для подавляющего большинства его современников.

Сохранившиеся рукописи не отражают полностью всей литературы, прочитанной молодым Ньютоном. Но великий математик вообще не был усердным читателем, да ему и не требовалось много читать: малейшие намеки и указа-

ния возбуждали его мысль и, отправляясь от них, он быстро продвигался далее без обращения к чужим трудам. Архив Ньютона позволяет довольно точно датировать его наиболее важные открытия в аналитической геометрии, алгебре и анализе.

Уже ранней осенью 1664 г. он значительно опередил в геометрии всех своих современников, изучавших почти исключительно конические сечения, и занялся кривыми третьего порядка, распространив на них понятия оси, вершины, диаметра, центра и асимптоты. Первым овладев общим преобразованием любых прямоугольных координат, он приступил к построению общей теории и классификации кривых третьего порядка, которую в основном завершил в 1667—1668 гг., задолго до опубликования в 1704 г. его «Перечисления кривых третьего порядка». (Ранее полагали, что основные результаты этого труда были оформлены около 1676 г.) Попутно он заменил нецелесообразную общую классификацию алгебраических кривых высших порядков, предложенную Декартом, на современную и еще в мае 1665 г. записал теорему о числе точек пересечения двух кривых порядков n и m , которую в печати впервые высказал Маклорен в 1720 г. и более полно Эйлер в 1748 г.

Только что упомянутая теорема, относящаяся к алгебраической проблеме исключения неизвестных, была связана с геометрическим построением действительных корней алгебраических уравнений, которым Ньютон занялся вслед за Декартом. «Геометрия» Декарта вообще представляла собой своеобразное сочетание геометрических и алгебраических методов, и Ньютон продолжил и усовершенствовал не только аналитическую геометрию французского мыслителя, но и чисто алгебраическую часть его труда, существенно обогатив изучение различных свойств корней алгебраических уравнений. В заметках 1665—1666 гг. уже имеется важная рекуррентная формула Ньютона, выражающая сумму n -х степеней корней уравнения через суммы их предшествующих степеней, а затем степенные суммы корней используются для определения верхней границы наибольшего по модулю действительного корня уравнения; впоследствии специальные суммы такого вида были применены в известном методе Данделена — Лобачевского — Греффе, приближенного вычисления любых корней алгебраических уравнений. Тут же Ньютон, отправляясь

от правила Декарта для определения возможного числа положительных и отрицательных корней уравнения, приводит носящее его имя правило определения возможного числа мнимых корней, причем неполнота правила ему была хорошо известна. Попутно Ньютон впервые явно сформулировал предложение, которым молчаливо пользовались и ранее: между двумя числами, сообщающими левой части алгебраического уравнения различные знаки, обязательно имеется (по крайней мере, один) корень уравнения. Первое аналитическое доказательство этого общего свойства непрерывных функций опубликовал в 1817 г. Б. Больцано.

Все эти открытия 1665—1666 гг., впоследствии дополненные другими, вошли в курс алгебры Ньютона, рукопись которого он передал Кембриджскому университету в 1684 г. и которая была опубликована под названием «Всеобщей арифметики» в 1707 г. Книга эта оказала очень большое влияние на развитие алгебры в XVIII в., тем более, что Ньютон не привел доказательств своих теорем. Многие доказательства были предложены Маклореном, Эйлером, Лагранжем и другими учеными, а теорему о числе мнимых корней смог доказать только Сильвестер двести лет спустя, в 1865 г.

Приближенное вычисление корней уравнений, приближенные вычисления вообще — постоянно были в круге интересов Ньютона. В конце 1664 г. он познакомился с численным методом решения алгебраических уравнений Виета, несколько упрощенным Утредом и, развивая его, некоторое время спустя предложил более удобный прием, подробно изложенный в одной рукописи 1669 г. (см. ниже), а в печати впервые примененный в «Математических началах» к решению уравнения Кеплера. Этот метод принято называть методом Ньютона — Рафсона, так как именно Дж. Рафсон опубликовал его первое общее описание в 1690 г. Идеи, лежащие в основании методов Виета и Ньютона — Рафсона, встречаются в арабской литературе средних веков, но мы не знаем, существовала ли здесь какая-либо преемственность.

Почти в одно время с этим приемом Ньютон разработал чрезвычайно важный способ разложения неявных функций (у него — заданных целым многочленом, содержащим некоторый параметр $f(x, y, a) = 0$) в сходящийся бесконечный ряд по целым или рациональным степеням независимого переменного. Этот

прием, получивший название параллелограмма, или многоугольника Ньютона, был прежде всего изложен им в той же рукописи 1669 г., затем в одном письме 1676 г., предназначенном для Лейбница, и обнародован в 1685 г. в курсе алгебры Уоллиса. В XVIII в. «параллелограмм Ньютона» был применен к изучению алгебраических кривых, а в XIX в. — в теории алгебраических функций, теории дифференциальных уравнений, теории алгебраических чисел и т. д. Блестящий очерк истории этого метода принадлежит перу Н. Г. Чеботарева⁶.

Метод параллелограмма Ньютона представлял собой выход в обширную сферу анализа бесконечно малых и, в частности, бесконечных рядов, к которой принадлежат наиболее важные математические открытия Ньютона и которая увлекла его на первой же стадии занятий математикой.

Инфинитезимальные задачи, т. е. задачи, связанные с использованием бесконечных или предельных математических операций, такие как измерение размеров и центров тяжести различных фигур, построение касательных и нормалей плоских кривых, отыскание наибольших и наименьших значений переменных величин и некоторые другие, стали решать еще в древности. Потребности научной революции XVI—XVII вв., прежде всего новой астрономии, механики и оптики, чрезвычайно расширили область таких задач, сводящихся, по существу, к дифференцированию и интегрированию основных классов аналитических функций и решению простейших типов дифференциальных уравнений. Именно в связи с исследованием таких задач на первый план в математике XVII в. выступили понятия переменной величины и функции. Декарт и Ферма положили начало применению в геометрии координатного метода и новой алгебры, а целая плеяда выдающихся математиков — И. Кеплер, Б. Кавальери, тот же П. Ферма, Э. Торричелли, Ж. Роберваль, Б. Паскаль, Дж. Грегори, И. Барроу, Х. Гюйгенс и др. — изобрела ряд разнообразных инфинитезимальных приемов. Однако потребовалось около ста лет, считая от начальных самостоятельных шагов в этой области, сделанных в середине

⁶ Чеботарев Н. Г. Многоугольник Ньютона и его роль в современном развитии математики. — В сб.: Исаак Ньютон. 1643—1727. М. — Л., 1943.

XVI в., прежде чем была разработана первая система исчисления бесконечно малых, т. е. исчисления, основанного на общих идеях интеграла, производной и дифференциала и располагающего эффективными алгоритмами для стереотипного решения обширных классов задач, сформулированных на языке этого исчисления.

Первая такая система была создана Ньютоном в период между осенью 1664 и осенью 1666 г. Его изыскания шли при этом в двух направлениях, вскоре слившихся в единый метод флюксий и бесконечных рядов.

Одним из отправных пунктов Ньютона послужила опять-таки «Геометрия» Декарта и приложения к ней. Изучив зимой 1664—1665 г. метод нормалей и касательных Декарта, требующий в случае алгебраических кривых отыскания кратных корней целого многочлена, и предложенную для этой цели И. Хюдде формальную процедуру, равносильную отысканию общих корней многочлена и его производных, Ньютон весной 1665 г. сформулировал общий прием вычисления поднормали, основанный на применении бесконечно малого треугольника, образованного соответственными приращениями абсциссы, ординаты и дуги кривой. В этом большой новости не было. От проблемы касательных Ньютон тотчас перешел к изучению кривизны, что представляло собой уже заметный шаг вперед (в печати аналитическое учение о кривизне плоских линий вместе с теорией эволют и эвольвент впервые изложил Гюйгенс в 1673 г.). Одновременно с такими «дифференциально-геометрическими» задачами Ньютон занялся проблемой квадратур и, дополнительно побуждаемый небольшой работой Г. ван Хейрета о спрямлении кривых, помещенной в том же втором латинском издании «Геометрии», летом 1665 г. установил в геометрической форме взаимобратную связь между этими двумя типами задач, т. е., по сути дела, между операциями дифференцирования и интегрирования. В довольно сходной форме эта связь была выведена в «Геометрических лекциях» Барроу, изданных в 1670 г. (их не следует смешивать с тем курсом, который он ранее читал в Кембридже).

Впрочем, Ньютону немедленно стала ясной не только геометрическая связь между задачами на касательные и квадратуры, но и чисто аналитическая взаимозависимость между понятиями первообразной и производной функции, которые он вскоре назвал флюентой и флюксией (тер-

мины «первообразная» и «производная» принадлежат Лагранжу). Тут же Ньютон занялся составлением обширных таблиц интегралов степенных функций и целой серии иррациональных функций, интегрируемых алгебраически. Именуя в то время производные функции «движениями», он отметил в своих записях, что алгебраическое интегрирование иррациональных функций представляется нередко трудным, а иногда и невозможным. Несколько позже, в ноябре 1665 г., Ньютон заменил термин «движение» (motion) на «скорость» (velocity) и стал систематически обозначать скорости переменных x , y , z буквами p , q , r . В октябре 1666 г. разработка начал метода флюксий была в общих чертах завершена, и Ньютон резюмировал итоги своих первых исследований в этой области в довольно обширном наброске на английском языке, начинающемся словами: «Следующие пред-

Разложение в степенной ряд функции $\ln [1+x]$ и начало вычисления $\ln 1,01$ в черновых записях Ньютона, сделанных, вероятно, летом 1665 г.

ложения достаточны для решения задач посредством движения». Переменные величины трактуются здесь как прямолинейные пути, описываемые телами, движущимися с теми или иными скоростями. Большое место отведено таблицам интегралов, выражающихся алгебраически или через площади круга и гиперболы (мы бы сказали — через круговые и логарифмические функции). Приводятся разложения в степенные ряды функции $\frac{a}{b+cx}$

посредством деления и функции $\sqrt{a^2-x^2}$ с помощью извлечения квадратного корня, но общая биномиальная теорема, тогда уже известная Ньютону, не упоминается. Рукопись содержит также раздел «Приложение предыдущих теорем к решению проблем»: проведению касательных, вычислению кривизны, различным квадратурам, спрямлениям, определению центров тяжести и т. д. Предстояло еще многое добавить и уточнить, но первый этап создания метода флюксий был завершен и уже в этих своих черновых записях, остававшихся неизвестными до их первой публикации в 1962 г. супругами А. и М. Холл, Ньютон оставил далеко позади всех своих предшественников в разработке инфинитезимальных методов.

Параллельно Ньютон прокладывал новые пути в теории рядов, области, почти незнакомой прежней математике, если не считать применения бесконечной геометрической прогрессии и еще немногих частных видов рядов. Первым фундаментальным открытием Ньютона в теории рядов явилось открытие биномиального разложения $(1+x)^n$ для любого действительного показателя (для натуральных показателей формула была известна давно — сперва на арабском Востоке и затем в Европе). К этому результату Ньютон пришел зимой 1664—1665 г., остроумно модифицируя «интерполяционный» метод Уоллиса, который, исходя из некоторых допущений и таблицы значений функции

$$I(p, q) = 1 : \int_0^1 (1-x^p)^q dx$$

при целых положительных p, q , представил в 1656 г. значение $I\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) = \frac{4}{\pi}$ в виде бесконечного произведения

$$\frac{3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 7 \dots}{2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 8 \dots}$$

Бумаги Ньютона показывают, что он сразу же дал биномиальному разложению замечательные приложения. Так, вычисляя площадь сегмента и сектора круга, он равносильно вычислению интеграла $\int_0^x \sqrt{1-t^2} dt$

он получил разложение арксинуса (для которого не было особого символа):

$$\frac{\arcsin x}{2} = \frac{x}{2} + \frac{x^3}{12} + \frac{3x^5}{80} + \frac{5x^7}{224} + \dots,$$

откуда, по его словам, легко получить степенной ряд для синуса (вероятно, путем обращения приведенного ряда, как он это сделал в 1669 г.). Квадрируя площадь гиперболы, он нашел разложение логарифмической функции (обозначения для которой Ньютон также не дал):

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots,$$

Экстремумы кривизны параболы и эллипса. Страница из рукописи Ньютона.

December
1664

(35)

Having found ~~an~~ ^{the} ~~equation~~ ^{of} ~~of~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} an equation ~~expressing~~ ^{in which}
the quantity of curvilinear in any line may be found to find
the greatest or least curvilinear of any that line.

In the example I had found $q^2 = 4x^2 - 12x + 10$ and by a rule I had found
that $q^2 = 4x^2 - 12x + 10$ ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{the} ~~equation~~ ^{of} ~~of~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
 $4x^2 - 12x + 10 = 0$. Now by writing $0 = 1$ instead of 1 ~~it~~ ^{it} ~~was~~ ^{was} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
it ~~was~~ ^{was} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~was~~ ^{was} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
the roots it is $c = \frac{12 \pm \sqrt{144 - 160}}{8} = \frac{12 \pm \sqrt{8}}{8} = \frac{12 \pm 2\sqrt{2}}{8} = \frac{3 \pm \sqrt{2}}{2}$.
the $q^2 = 4x^2 - 12x + 10$. And since $q^2 = 4x^2 - 12x + 10$ ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
 $4x^2 - 12x + 16x - 12x + 10 = 0$ ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~was~~ ^{was} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}

This root of q^2 I have quantity extracted in equation $x = -16x^2 + 24x - 12x + 10 = 0$.
by $10x - 12x + 16x - 12x + 10 = 0$. So with equation q^2 least value of x is $1/2$ ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
found q^2 should happen when x hath 2 equal values or roots. But because q^2 is
being determined x can have but one value and q^2 alone x brooks being imaginary
is impossible q^2 it should have 2 equal roots. Therefore q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
one of q^2 equation by substituting its value $1/2$ in it shall be there results
 $16x^2 - 12x + 16x - 12x + 10 = 0$. So with equation q^2
of q^2 being determined q^2 hath 2 values q^2 is $1/2$ ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
when q^2 is the longest or shortest that may be taken these two values become
one x then q^2 line and no more or least worked. If therefore q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
become equal this equation is multiplied according to its dimensions there will result
 $16x^2 - 12x + 16x - 12x + 10 = 0$. which is divisible by $2x - 1$ or $2x - 1$
for these results $16x - 12x + 16x - 12x + 10 = 0$. And if q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
to $q^2 = 4x^2 - 12x + 10$ point x shall be q^2 least worked.
Then may be noted ~~adding~~ ^{adding} ~~his~~ ^{his} ~~note~~ ^{note} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
a maximum or minimum of equation hath two equal roots ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
equation $16x^2 - 12x + 16x - 12x + 10 = 0$. ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}

Conclusion & Indian way. May 1665

So because q^2 line for q^2 described by q^2 points ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
points ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
perpendicular to q^2 greatest or least point worked. And also since all these are points
of greatest or least curvilinear ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
point a . Now suppose q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
hath two values for q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
two ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
point a may be found: excepting only when q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
of q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
the q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
not equal. Which values of q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
perpendicular to q^2 most straight or worked ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}

As for example for q^2 present example it was found $16x^2 - 12x = 0$. But because an x
is parallel to q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
parallel value of q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
line q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
in the ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
it ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
which ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
to $x = 0$ or $x = 3/2$ as ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}

So ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
of finding q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}
of finding q^2 ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule} ~~it~~ ^{it} ~~is~~ ^{is} ~~an~~ ^{an} ~~equation~~ ^{equation} ~~of~~ ^{of} ~~the~~ ^{the} ~~former~~ ^{rule}

после чего с увлечением занялся вычислением натурального логарифма $1,1$ с 50 десятичными знаками, из которых верными, как показала теперешняя проверка, были 46.

Открытия Ньютона в теории рядов были не менее важны для создания системы анализа бесконечно малых, чем введение понятий производной и интеграла. Представление функций бесконечными рядами, в первую очередь степенными, являлось совершенно необходимым средством исследования аналитических функций, которые стали главным объектом анализа в XVII—XVIII вв. и сохраняют фундаментальное значение и в современной математике. Бесконечные ряды получили у Ньютона многообразные применения — как способ определения и изучения свойств функций, в том числе заданных обыкновенными дифференциальными уравнениями, и как мощное средство приближенных вычислений. Принципиальную важность разложения в сходящиеся бесконечные ряды Ньютон около 1670 г. выразил, сравнив их с десятичными дробями в арифметике: «так же как десятичные дроби обладают тем преимуществом, что выраженные в них обыкновенные дроби и корни приобретают в некоторой степени свойства целых чисел, так что с ними можно обращаться как с последними, так буквенные бесконечные ряды приносят ту пользу, что всякие сложные выражения можно с их помощью привести... к бесконечному ряду дробей, у которых числители и знаменатели суть простые члены, и таким образом с небольшой затратой сил удается преодолеть трудности, в другом виде представляющиеся почти неодолимыми»⁷.

Ньютон продолжал интенсивные занятия математикой, механикой и оптикой и в последующее время, когда в октябре 1667 г. был избран младшим (в марте 1668 г. — старшим) членом кембриджского Тринити-колледжа. С публикацией своих результатов он не торопился. Возможно, что он не испытывал в этом внутренней потребности или не считал эти открытия достаточно законченными. Весьма вероятно, что важную роль играла при этом обстановка, как выразился издатель рукописей Ньютона Д. Уайтсайд, «эгоцентрического микрокосма все еще в основном

средневекового университета»⁸, где математические науки не были популярны, и единственным человеком, с которым у Ньютона имелись общие научные интересы, являлся Барроу. Несомненно, что к этому времени в математике и в физике Ньютон продвинулся гораздо дальше своего бывшего лектора. Барроу готовил тогда к печати книгу по оптике и геометрии и, по его собственному свидетельству, Ньютон прочитал рукопись этого труда, вышедшего в 1670 г., причем, как писал Барроу, «указал несколько необходимых исправлений и добавил нечто и своим пером»⁹. В это время Барроу сыграл большую роль в карьере Ньютона, передав ему в ноябре 1669 г. свое место профессора математики в Тринити-колледж и впервые связав его с английским ученым миром.

Неизвестно, сколько времени продолжалось бы добровольное молчание Ньютона, если бы не одно внешнее обстоятельство. В сентябре 1668 г. вышла в свет «Логарифмотехния» Н. Меркатора, содержащая вывод степенного разложения $\ln(1+x)$ посредством почленного интегрирования бесконечной геометрической прогрессии, возникающей при делении 1 на $1+x$, а вскоре затем распространился слух, что Меркатору и У. Брункеру (в том же 1668 г. доказавшему, что

$$\ln 2 = \frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{3 \cdot 4} + \frac{1}{5 \cdot 6} + \dots)$$

известно разложение $\sqrt{1+x}$ с помощью извлечения квадратного корня. Ньютон мог опасаться, что и другие его открытия будут повторены и обнародованы другими учеными. Для защиты своих прав Ньютон летом 1669 г. спешно написал небольшой латинский мемуар «Об анализе с помощью уравнений с бесконечным числом членов», где вывел, используя принцип отбрасывания бесконечно малых, правило дифференцирования и, соответственно, интегрирования степенной функции с любым рациональным показателем произвел квадратуры и спрямления ряда кривых, применяя разложения функций в бесконечные ряды путем деления, извлечения квадратного корня, обращения рядов и метода параллелограмма.

Сочинение «Об анализе...», где в самом заглавии к исчислению бесконечно

⁷ Ньютон И. Математические работы, с. 25—26.

⁸ The mathematical papers of Isaac Newton, v. III, p. XIII.

⁹ Ньютон И. Лекции по оптике. Пер. С. И. Вавилова. Л., 1946, с. 277.

малых был впервые применен термин «анализ», которым Виет ранее обозначил алгебру, было в августе 1669 г. переслано через посредство Барроу и с его теплой рекомендацией лондонскому математику Дж. Коллинсу, поддерживавшему оживленную научную переписку со многими учеными (вскоре одним из его корреспондентов стал и Ньютон). Благодаря Коллинсу это сочинение в рукописи или в кратких изложениях стало известным небольшому кругу математиков в Англии и других странах. Приоритет Ньютона в некоторой мере был обеспечен, но большой известности этот мемуар не получил. Коллинс и Барроу предложили издать сочинение «Об анализе...» в приложении к вскоре вышедшим «Лекциям по оптике и геометрии» Барроу (1670), но Ньютон от этого воздержался, вероятно потому, что рассчитывал опубликовать более полное изложение метода. В результате этот труд увидел свет только в 1711 г., когда имел уже только исторический интерес.

Зимой 1670—1671 г. Ньютон приступил к составлению обширного труда по анализу, над которым работал около двух лет. Здесь, наконец, были четко выделены понятия функции — текущей величины, или флюенты (от лат. *fluere* — течь), и ее скорости (т. е. производной) — флюксии, а также момента (т. е. дифференциала) $\rightarrow$ бесконечно малого приращения величины и сформулированы в терминах механики две основные задачи метода — дифференцирование функций, вообще говоря заданных неявно, и интегрирование функций и дифференциальных уравнений:

I. Длина проходимого пути постоянно (т. е. в каждое мгновение времени) дана; требуется найти скорость движения в предложенное время.

II. Скорость движения постоянно дана; требуется найти длину пройденного в предложенное время пути.

Сохраняя, быть может под влиянием Барроу, принятую им уже ранее кинематическую концепцию основных понятий, Ньютон, по существу, трактовал их так же, как задачи своего метода, чисто аналитически. Это видно хотя бы из того, что, рассматривая всякий раз флюенты как функции единого аргумента «времени», он подчеркивал, что имеет в виду не время как таковое, но просто какую-либо из предложенных переменных, которая возрастает равномерным течением и к которой все остальные отнесены как ко времени, само же слово это употребляет

только для ясности. И если, считая понятие мгновенной скорости интуитивно очевидным, Ньютон не видел нужды в явном формальном определении флюксии, то такое определение, по существу, содержалось в самом ходе решения задач о дифференцировании функций.

Вместе с приложениями к решению различных задач это новое сочинение оказалось довольно объемистым: в русском издании оно занимает более 140 страниц. Однако этот труд остался не вполне законченным. В начале 1672 г. выяснилось, что ни один книгоиздатель в Англии не берется его напечатать, опасаясь понести значительный убыток. В то время книжная промышленность Англии переживала большие трудности, и в результате сочинение Ньютона было опубликовано в английском переводе с латинского оригинала через 65 лет после того, как Ньютон перестал над ней работать, в 1736 г., т. е. спустя 11 лет после его смерти. Латинский оригинал вышел еще позднее, в 1779 г.

Опубликованные ныне бумаги Ньютона проливают новый свет на некоторые особенности сочинения, о котором идет речь, и на работу над ним Ньютона. Переводчик на английский язык Дж. Колсон издал книгу Ньютона под названием «Метод флюксий и бесконечных рядов с его приложением к геометрии кривых линий», но в латинской копии, сделанной около 1710 г. У. Джонсом, которая была в распоряжении Колсона, в заглавии стояло: «Примеры аналитического искусства или аналитическая геометрия». Как назвал свое сочинение сам Ньютон и вообще дал ли он ей какое-либо название — неизвестно, ибо первая страница оригинальной рукописи, по-видимому, не сохранилась. Мы будем сокращенно называть этот труд «Метод...».

Ко времени составления «Метода...» относятся несколько фрагментов, существенно дополняющих рукопись. В одном из них перечислены вопросы, которые Ньютон предполагал, но не успел рассмотреть: задачи на отыскание центров тяжести фигур, вычисление объемов, определение кривых по тем или иным дифференциальным свойствам и некоторые другие. Особенно примечателен фрагмент, который Ньютон, очевидно, намеревался включить в текст «Метода...», но оставил тогда в стороне.

Известно, что в начале своего первого мемуара по дифференциальному исчислению, напечатанного в 1684 г., Лейбниц сформулировал правила дифференцирования

суммы, разности, произведения, частного, степенной функции, а также свойство инвариантности первого дифференциала. Эту совокупность правил Лейбниц назвал «алгоритмом дифференциального исчисления», используя средневековый термин, обозначавший систему правил нумерации и действий в десятичной позиционной арифметике. Недостатком метода флюксий Ньютона издавна считали отсутствие явной формулировки системы таких правил, из которых в сочинении «Об анализе...» и в «Метод...» прямо высказано было только правило дифференцирования степенной функции. Позднее в «Математических началах натуральной философии» Ньютон поместил еще теорему о дифференцировании произведения и, как следствие, дифференцирования степени (откуда можно было бы вывести и соответствующее правило для частного, чего, однако, Ньютон не сделал, так как оно ему здесь не было нужно). Фрагмент, о котором идет речь, содержит ряд основных общих предложений метода флюксий и — в форме аксиом или теорем и следствий из них — все упомянутые правила дифференцирования, за исключением свойства инвариантности первого дифференциала. Таким образом, Ньютон тоже разработал «алгоритм дифференциального исчисления» в указанном лейбницевском смысле, и он не попал в текст «Метода...» лишь потому, что Ньютон не закончил это сочинение.

Рукопись «Метода...» отличается от его печатных изданий в одном важном пункте. Еще в 1665 г. Ньютон применил для обозначения частных производных функции двух переменных, помноженных на соответствующие степени аргументов дифференцирования, особую запись: обозначив нашу функцию $f(x, y)$ буквой x , он ввел знаки $\cdot x$ для $\dot{x}$, $\cdot y$ для $\dot{y}$, $\cdot x^2$ для $\dot{x}^2$ и т. д. Вскоре он отказался от таких символов. Обыкновенные флюксии величин x , y он обозначал новой буквой p , q и т. п. Именно такого типа записи мы находим в подлинной рукописи «Метода...», между тем как в печатных изданиях 1736 г. и следующих годов флюксии x , y , z обозначены $\dot{x}$, $\dot{y}$, $\dot{z}$ и т. д. Такая замена символики явилась делом Колсона. На самом деле точечное обозначение флюксий Ньютон ввел только в 1691 г., когда готовил «Рассуждение о квадратуре кривых», где ввел в употребление флюксии, т. е. производные высших порядков и обозначения $\dot{x}$, $\dot{x}^2$, $\dot{x}^3$ и т. п. Символике математи-

ческого анализа Ньютон вообще придавал мало значения. Он, в частности, совершенно не оценил достоинств символов дифференциального и интегрального исчисления, опубликованных в 1684—1686 гг. Лейбницем. Впрочем, здесь могли отразиться и чисто личные обстоятельства, связанные со спором о приоритете между Ньютоном и Лейбницем в открытии исчисления бесконечно малых, назревавшем уже в 90-е годы и ярко разгоревшемся в начале XVIII в.

Работой над «Методом флюксий и бесконечных рядов» закончился период становления Ньютона как математика, хотя ему еще предстояло в этой области немало свершений. К тридцатилетнему возрасту, в начале 70-х годов XVII в., Ньютон пользовался в кругу специалистов уже немалой известностью, хотя еще ничего не опубликовал. Некоторые ученые получали доступ к его рукописям, другие знакомились с его открытиями по письмам его самого и его немногочисленных корреспондентов. Возможно, что позднее, после первых неудачных попыток, Ньютон более не хотел печатать свои математические сочинения. Поскольку, в частности, речь идет о «Метод...», то вполне правдоподобно, что Ньютон опасался полемики, которую могло бы вызвать широкое применение в нем бесконечно малых величин в недостаточно обоснованной с его собственной точки зрения манере, характерной и для других математиков того времени. А полемики Ньютон очень не любил, особенно после неприятной дискуссии по вопросам оптики с Р. Гуком и Фр. Холлом (или Линусом) в 1672—1675 гг. В связи с этой дискуссией Ньютон в ноябре 1676 г. писал секретарю Королевского общества Ольденбургу: «Я вижу, что сделавшись рабом философии (т. е. науки.— А. Ю.), но, если я освобожусь от дела г. Линуса, я решительно и навсегда распрощаюсь с ней, исключая то, что делаю для личного удовольствия или оставляю после себя. Ибо я вижу, что человек должен либо решиться не сообщать ничего нового, либо, защищая это, стать рабом»¹⁰. Известно, что Ньютона с большим трудом удалось уговорить подготовить к печати «Математические начала натуральной философии» (1687). Конечно, в этом труде широко применялись инфинитезимальные

¹⁰ The correspondence of Isaac Newton, v. II, p. 182—183.

расчеты, но Ньютон постарался предварительно прочно обосновать их, изложив в начале этого труда ряд теорем о последних и первых отношениях, т. е. пределах «исчезающих» и «нарождающихся» величин. Мы не будем останавливаться на этой ранней форме теории пределов, которая получила затем развитие у целого ряда математиков XVIII и особенно XIX вв. и которой посвящены глубокие работы Н. Н. Лузина¹¹ и А. Н. Колмогорова¹². Заметим только, что первые подходы к этой теории имеются уже в доказательствах, содержащихся в упомянутом фрагменте, который должен был войти в состав «Метода...».

Как сказано, обозначение флюксий с помощью точек Ньютон применил в своем последнем большом математическом труде «Рассуждение о квадратуре кривых», подготовленном в основном осенью 1691 г. и следующей зимой, но изданном только в 1704 г. Тем временем Ньютон решился все же коротко изложить начала метода флюксий, вместе с придуманной им символикой, в двух письмах от сентября 1692 г. к Уоллису, напечатанных в латинском издании «Алгебры» этого автора, вышедшем в 1693 г. Только теперь Ньютон оповестил более широкий круг читателей об основных принципах исчисления бесконечно малых, разработанных им почти тридцатью годами ранее. Несомненно, что это было связано с появлением, начиная с 1684 г., ряда статей Лейбница, самостоятельно открывшего дифференциальное и интегральное исчисление в 1673—1675 гг., т. е. через десять лет после Ньютона. К тому же в начале 90-х годов дальнейшей разработкой анализа Лейбница занялись, наряду с ним самим, его высокопотантливые последователи — братья Я. и И. Бернулли. У метода флюксий, еще не получившего широкого распространения даже в Англии, появился сильный соперник на континенте Европы. Мы не будем останавливаться на дальнейшем развитии обоих направлений анализа бесконечно малых в XVIII в., представленных в Англии А. Муавром, Р. Коутсом, Б. Тейлором, Дж. Стирлингом, К. Маклореном, а в континентальных странах, помимо только

что названных ближайших учеников Лейбница, — Д. Бернулли, Л. Эйлером, А. Клеро, Ж. Даламбером, И. Г. Ламбертом, Ж. Л. Лагранжем, Г. Монжем, П. Лапласом и др. Каждое направление внесло весьма значительный вклад, в оценку которого здесь нет возможности входить. Тот факт, что терминология и символика Лейбница оказалась гораздо более пригодной к дальнейшему усовершенствованию, ничуть не умаляет грандиозности математических открытий Ньютона, в наиболее весомой части сделанных им в первые годы его творчества.

Мы несколько раз отмечали неохоту Ньютона публиковать свои открытия. Эта черта его характера отразилась и в том, что он удивительным образом оставил необнародованными некоторые важные идеи, которые лишь теперь обнаружены в его рукописях и которые в истории математики естественно связывают с именами других ученых, пришедших к ним позднее. Уже упоминавшаяся «теорема Маклорена» о числе точек пересечения двух алгебраических кривых — лишь малозначительный пример такого рода. Гораздо интереснее, что в середине 80-х годов Ньютон открыл важный метод преобразования рядов, носящий имя Эйлера и опубликованный последним в 1755 г., причем применил его как для трансформации медленно сходящихся рядов в сходящиеся быстрее, так и для преобразования расходящихся знакочередующихся рядов в сходящиеся. Быть может, еще интереснее, что в неопубликованной части «Рассуждения о квадратуре кривых» имеются формулы разложения функции в «ряд Тейлора» и «ряд Маклорена». Есть данные предполагать, что разложение Тейлора было известно в 1668 г. Дж. Грегори, но впервые оно встречается в рукописи Ньютона, подготовленной зимой 1691—1692 г. Нет оснований подозревать Тейлора, сообщившего это разложение в одном письме 1712 г. и напечатавшего его в 1715 г., в том, что он заимствовал его у Ньютона. Но трудно понять, почему Ньютон, прекрасно понимавший значение этого открытия, не счел нужным поместить его в текст «Рассуждения...», напечатанный с его полного ведома в 1704 г.

¹¹ Лузин Н. Н. Ньютонова теория пределов. — В сб.: Исаак Ньютон.

¹² Колмогоров А. Н. Ньютон и современное математическое мышление. — В сб.: Московский университет — памяти Исаака Ньютона. М., 1946.

Электропластическая деформация металла

В. И. Спицын, О. А. Троицкий



Виктор Иванович Спицын, академик, директор Института физической химии АН СССР. Основные работы относятся к области радиационной физики твердого тела, радиационной химии и радиохимии.
Герой Социалистического Труда.



Олег Александрович Троицкий, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же института. Работает в области экспериментальной физики прочности и пластичности металлов.

В последние годы советскими учеными установлен электропластический эффект в металлах и доказана возможность его использования в практических целях. Открытие этого эффекта привело к более глубокому пониманию механизма пластической деформации, расширило представления о взаимодействии свободных электронов в металле с носителями пластической деформации — дислокациями.

Появилась возможность управлять механическими свойствами металлов, в частности процессом обработки металлов давлением. Например, деформировать вольфрам при температуре, не превышающей 200°C, и получать из него прокат с высоким качеством поверхности.

В настоящее время получены уже тысячи метров такого проката, а также проволоки из меди и стали с высокими технологическими свойствами.

ДИСЛОКАЦИИ В КРИСТАЛЛАХ

Как всякое кристаллическое твердое тело, металл деформируется за счет рождения, перемещения и взаимодействия дислокаций¹.

¹ Инденбом В. Л., Никитенко В. И., Струнина Б. М. Теория дислокаций и дислокационная физика. — «Природа», 1974, № 4, 6.

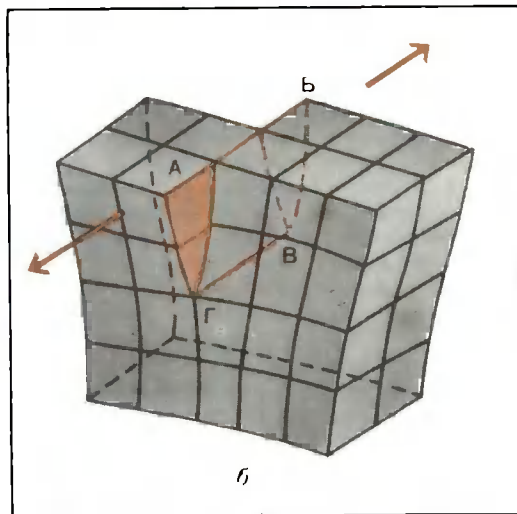
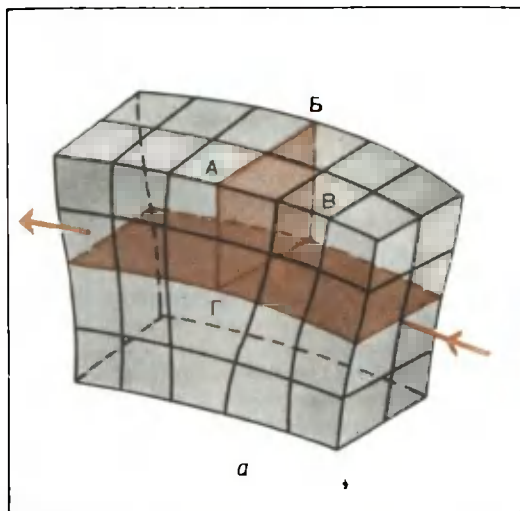
Пластическая деформация металла происходит обычно неодновременно по всему сечению образца, она зарождается где-нибудь в одном месте, а затем распространяется на весь объем образца за счет движения дислокаций. При этом в большинстве случаев основная энергия затрачивается на зарождение пластической деформации, а распространение идет уже при очень малых усилиях.

Основной параметр, характеризующий дислокацию,— вектор Бюргерса. Он по величине совпадает с периодом решет-

ки и составляет $\sim 2-4 \text{ \AA}$. Вектор Бюргерса определяет элементарный сдвиг в решетке при движении дислокации.

При пластической деформации кристалла возникает до 10^{13} дислокаций на 1 см^2 площади поперечного сечения. Они имеют различные знаки и относятся большей частью к смешанному типу.

Дислокации представляют собой границу между сдвинутой и несдвинутой частями кристалла и обладают высокой подвижностью — они могут распространяться со скоростями (в зависимости от ско-



Дислокация в кристаллах.

а — положительная краевая дислокация. Скольжение происходит по горизонтальной редко заштрихованной плоскости. АБВГ — лишняя атомная плоскость, а ее край ВГ — линия дислокации. Перемещение дислокации происходит за счет передачи функции лишней атомной плоскости соседней плоскости в решетке, т. е. только за счет переключения атомных связей. Из этого следует, что при перемещении дислокации ВГ не происходит существенного перемещения массы. Поэтому дислокация может иметь высокую подвижность и скользить по решетке со скоростью звука. Если бы лишняя атомная плоскость АБВГ располагалась ниже плоскости скольжения, дислокация называлась бы отрицательной. Таким образом, знак дислокаций не связан с наличием у них электрического заряда, а определяется геометрическими соображениями и условиями распространения сдвигов в решетке.

б — винтовая дислокация. Скольжение происходит по вертикальной плоскости АБВГ. Дислокацией является также линия ВГ.

рости приложения нагрузки) в широком интервале от 10^{-3} , например, и до 10^5 см/с . Благодаря движению в решетке десятков и сотен тысяч дислокаций металл пластически деформируется.

Основная сила, которая действует на дислокацию и заставляет ее перемещаться,— механическая. Чтобы сдвинуть дислокацию с места, достаточны усилия в несколько граммов на 1 мм^2 поперечного сечения образца, а чтобы продвигать дислокацию дальше по кристаллу требуется еще меньше — десятые и даже сотые доли этого усилия. В участках кристалла, свободных от других дефектов (далее будем называть их свободной площадью), дислокации движутся со скоростью, определяемой темпом приложения нагрузки, величиной внутренних напряжений в металле и т. д.

Помимо внешних механических сил на дислокации действуют также другие силы. Одни из них тормозят, а другие, наоборот, ускоряют дислокации. Тормозящее действие могут оказывать, напри-

мер, тепловые колебания узлов решетки, особенно если дислокации движутся с большими скоростями.

ДИСЛОКАЦИИ И СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ

Наиболее интересно рассмотреть природу сил, ускоряющих движение дислокаций. Здесь следует в первую очередь отметить действие свободных электронов. Влияние системы свободных электронов на дислокации может быть двояким: тормозящим, если система электронов находится в покое, или, наоборот, ускоряющим, если свободные электроны по тем или иным причинам приходят в дрейфовое движение. Исторически первоначально стали изучать тормозящее действие свободных электронов².

В опытах с металлом, находящимся в сверхпроводящем состоянии, когда электронный газ теряет свойства вязкой среды, было обнаружено разупрочнение металла, связанное с более легким перемещением и взаимодействием дислокаций. Эти работы были выполнены в основном харьковской школой физиков под руководством В. И. Старцева и И. А. Гиндина.

Свободные электроны, находящиеся в обычном состоянии (несверхпроводящем и в отсутствие тока), поглощают фононы (колебания узлов решетки), порожденные движущейся дислокацией. Таким способом электроны отбирают энергию у дислокации, вследствие чего дислокация тормозится. Выражение для силы трения дислокаций о свободные электроны на единицу длины имеет вид $F = b n p_F v$. Следовательно, электрон-дислокационное взаимодействие определяется не только параметрами электронного газа — концентрацией свободных электронов n и фермиевским импульсом p_F , но и параметрами дислокации — вектором Бюргера и скоростью движения v .

Однако поглощение дислокационных фононов свободными электронами ограничено, а это значит, что сила трения дислокаций об электроны F , вообще говоря, также ограничена. Считая $\tau_{эд} = F/b$, где $\tau_{эд}$ — механическое напряжение от системы свободных электронов, можно получить $\tau_{эд} \approx 10^8$ дин/см².

Сказанное относится к свободным

электронам, находящимся в нормальном невозбужденном состоянии и затем переходящим в сверхпроводящее состояние. В нормальном же состоянии, как мы видели, электроны тормозят движущуюся дислокацию, оказывая ей сопротивление, как вязкая среда.

Естественно возникает вопрос, а не будет ли происходить разупрочнения, если в металле, находящемся в нормальном состоянии, создается дрейф свободных электронов. Имеются веские основания для такого предположения, так как электронный газ оказывает на дислокации механическое давление, практически соизмеримое с теми усилиями, которые требуются для перемещения дислокаций. Оказалось, что для реализации этого эффекта достаточно пропускать через деформируемый металл постоянный или импульсный ток высокой плотности.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИМПУЛЬСНОГО ТОКА

Величина эффекта разупрочнения, который в этом случае можно назвать электропластическим эффектом, должна возрастать с увеличением дрейфовой скорости электронов $v_{др}$ и с увеличением концентрации свободных электронов в металле n . При реализации эффекта наиболее перспективно применять импульсный ток, который позволяет в короткие промежутки времени создавать в металле высокую плотность тока j_a , порядка $0,1-1$ МА/см², а следовательно, иметь более высокие дрейфовые скорости электронов $v_{др}$ (поскольку $v_{др} = \frac{j_a}{en}$).

Другое преимущество импульсного тока заключается в том, что быстрая смена его направления в образце после окончания прямого импульса приводит к интенсификации пластической деформации металла. Хотя амплитуда обратных импульсов меньше, чем прямых, направление поля изменяется мгновенно и силы ускорения для части движущихся и взаимодействующих дислокаций сменяются силами торможения. Для другой части дислокаций, перемещающихся в противоположную сторону, силы торможения, наоборот, сменяются силами ускорения. Разностный эффект в итоге приводит к тому, что активируется большее число дислокаций и пластическая деформация металла увеличивается.

Кроме того, импульсный ток обладает и дополнительным преимуществом, ему

² Каганов М. И., Нацик В. Д. Электроны тормозят дислокацию. — «Природа», 1976, № 5, 6.

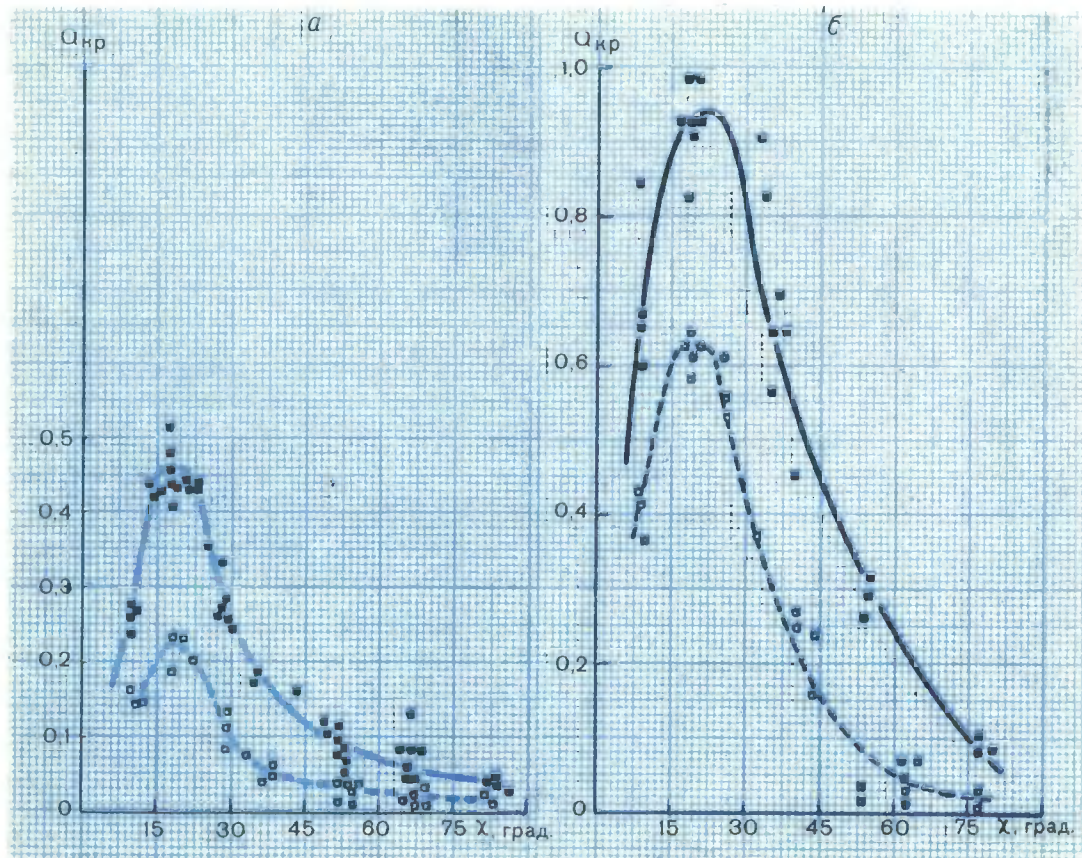
сопутствует пинч-эффект, или сжатие образцов собственным магнитным полем. К этому эффекту мы еще вернемся.

ОСНОВНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Экспериментальные работы в области электропластического эффекта можно условно разделить на три группы: первая группа — изучение влияния сильных возмущений при прохождении по металлу электрического тока большой плотно-

сти; вторая — исследования сильных возмущений при облучении металла пучком ускоренных электронов; третья — изучение влияния слабых возмущений при пропускании через металл слабых токов или воздействии небольших электрических полей.

В экспериментах с импульсным током было найдено, что электрический ток увеличивает пластичность и уменьшает хрупкость металла. Если взять для опыта металлические кристаллы, например кристаллы цинка, и деформировать их при



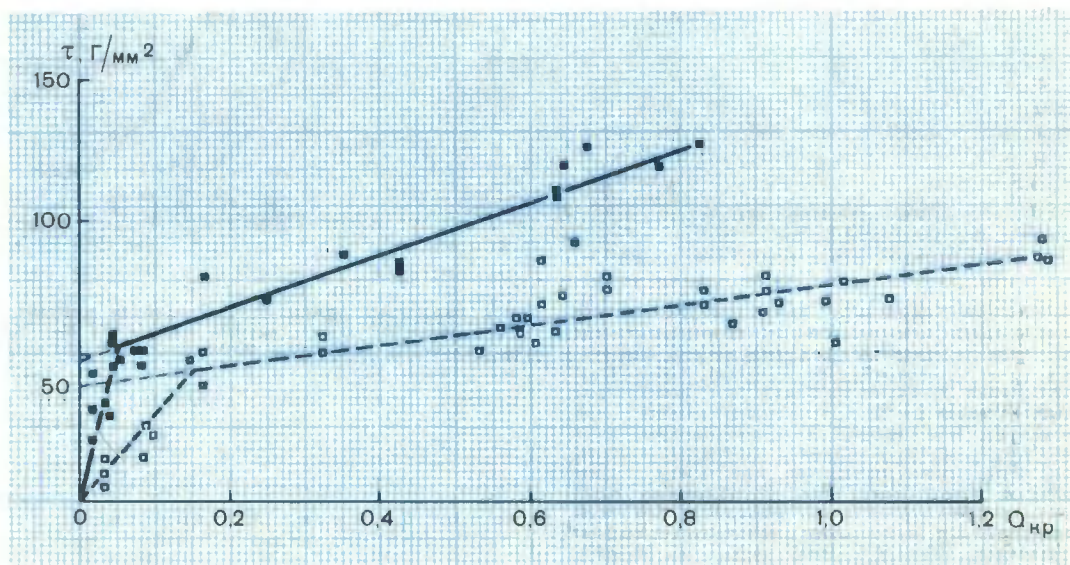
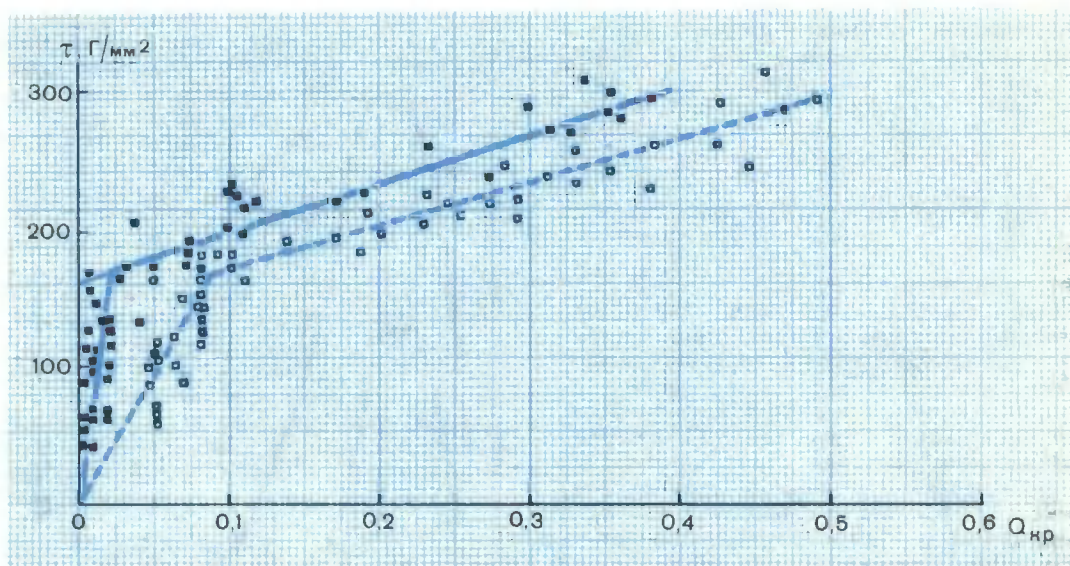
Зависимость удельного кристаллографического сдвига $a_{кр}$, характеризующего пластичность металлических кристаллов от ориентации кристаллов цинка (значений угла X между плоскостью скольжения и осью образца) при температуре жидкого азота (-196°C) (цветные кривые) и при комнатной температуре (для амальгамированных кристаллов цинка — черные). Сплошные кривые, характеризующие поведение кристаллов, через которые пропускается ток, расположены выше кривых для контрольных образцов без тока (пунктир). По положению максимумов эффект составляет 100—120% для низких и 50—60%

для комнатных температур. Плотность импульсного тока 10^5 А/мм², частота импульсов 0,5 Гц, длительность импульсов 10^{-4} с.

Зависимость складывающихся напряжений τ на плоскости скольжения кристаллов цинка от удельного кристаллографического сдвига $a_{кр}$ [кривые упрочнения]. Кривые для чистого цинка, образцов, деформируемых при температуре жидкого азота (показаны цветом) и для образцов амальгамированного цинка при комнатной температуре (черные). Сплошные кривые соответствуют образцам, через которые пропускался импульсный ток, пунктирные — образцам без тока. Наклоны кривых на вторых участках изменились. Это указывает на уменьшение коэффициента упрочнения металла, т. е. на снижение сопротивления металла деформированию в результате действия тока.

температуре жидкого азота при одновременном пропускании тока или в его отсутствие, то легко установить, что пластичность в первом случае оказывается существенно больше. Разница составляет 100 и более процентов.

Как известно, пластическая деформация металла начинается при достижении внешней нагрузкой критических значений, называемых пределом текучести $\tau_{кр}$. Если создать хорошие условия для теплоотвода от деформируемых образцов и пропускать по ним ток высокой плотности



— 10^5 — 10^6 А/см², то величина эффекта будет иметь порядок десятков процентов, что зафиксирует любая аппаратура при механических испытаниях.

Электрический ток вызывает также увеличение скорости релаксации приложенных напряжений в металле и оказывается тем самым полезным технологическим фактором для снятия внутренних напряжений в материале.

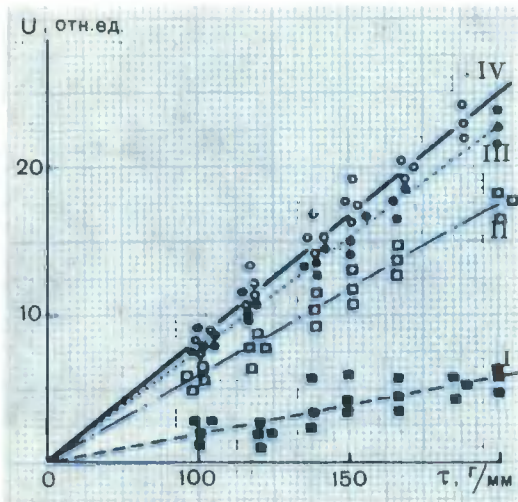
В последнее время была успешно осуществлена электропластическая прокатка вольфрама, электропластическое волочение меди, вольфрама и стальной проволоки. В результате пропускания тока со средней плотностью несколько сотен килоампер на 1 см² через зону волочения тончайшей медной проволоки (диаметром ~60 мкм) в условиях интенсивного водяного охлаждения происходит снижение усилий волочения проволоки на 20—25% в случае импульсного тока и на 10—15% в случае постоянного тока.

Особый интерес заслуживает здесь тот результат, что величина эффекта растет пропорционально росту частоты тока и при значениях частоты 20 кГц, когда по расчетам каждый участок проволоки (равный по длине протяженности зоне обжатия), проходящий через фильеру со скоростью 30 м/мин, успевает обрабатываться хотя бы одним импульсом тока, наступает насыщение.

Электропластический эффект также линейно зависит от плотности тока (вплоть до $j_a = 1,5 \cdot 10^4$ А/см²) и имеет большую величину при импульсном токе, а при переменном вообще не наблюдается. Поскольку тепловое нагревание происходит как в случае импульсного, так и в случае переменного тока, это непосредственно доказывает, что тепловое действие тока не ответственно за наблюдаемый эффект. Подтверждением такого вывода может также служить независимость эффекта от температуры в широком интервале температур.

Вернемся опять к деформации с током металлических кристаллов. Если в процессе растяжения металла через него пропускать одиночные импульсы тока величиной $\sim 10^5$ А/см² и длительностью $\sim 10^{-4}$ с, то возникают осцилляции деформирующего усилия, связанные с интенсификацией пластической деформации в каждом импульсе тока (мгновенное увеличение длины образца дает уменьшение деформирующего усилия в машине, которая деформирует образец с одним и тем же заданным темпом). Наблюдая в микро-

скоп поверхность образца непосредственно во время его деформации, можно видеть, что синхронно с прохождением тока при каждом импульсе в образце появляются свежие полосы скольжения. На участках упругой деформации (до предела текучести) эффект практически не наблюдается, а аномально большая величина его имеет место непосредственно на пределе текучести кристалла. Все это свидетельствует о дислокационной природе эффекта³. При слабом легировании металла действие тока усиливалось, что свидетельствует о



Влияние электрического тока (кривая III), облучения электронным пучком (кривая II) и комбинации этих воздействий (кривая IV) при примерно одинаковом энергетическом вкладе на скорость установившейся ползучести в кристаллах индия. По горизонтальной оси — приложенные механические напряжения τ . Кривая I характеризует поведение образцов без какого-либо воздействия, т. е. при обычной деформации.

влиянии тока на процесс взаимодействия дислокаций с примесями и, видимо, об освобождении под действием тока части дислокаций от стопоров.

Структурные исследования металлов, прошедших электропластическую деформацию, в том числе рентгеновские

³ «Письма в ЖЭТФ», 1969, т. 10, с. 18; Троицкий О. А. Электропластический эффект в металлах — «Природа», 1970, № 10.

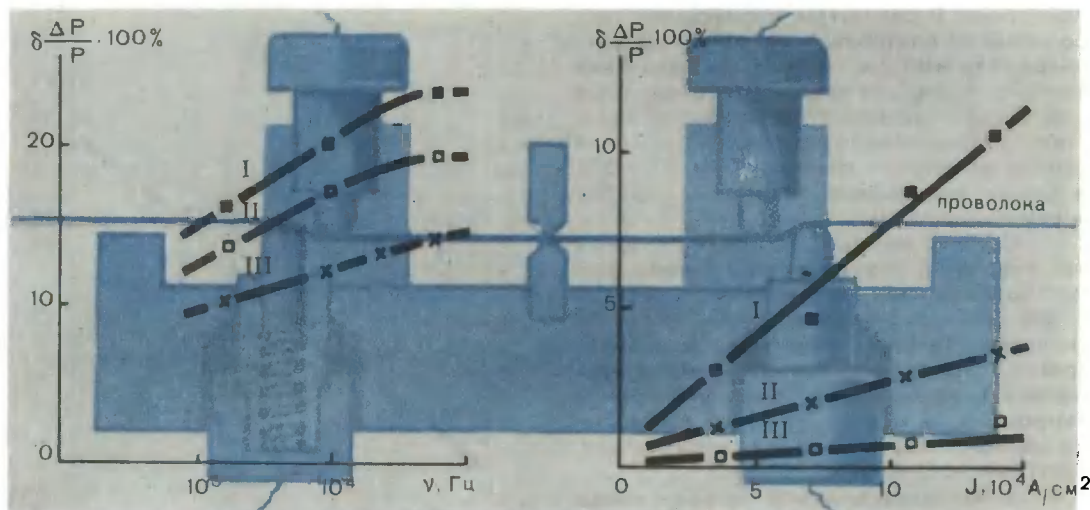
и электронно-микроскопические, показывают, что внутренние напряжения в материале и различного рода неоднородности структуры, включая и скопления дислокаций, распределяются более равномерно, чем в металле после обычной деформации.

ПИНЧ-ЭФФЕКТ

Как уже упоминалось, во время прохождения по металлу импульсного тока высокой плотности наблюдается интерес-

Для изучения влияния пинч-эффекта на течение металла в ходе электропластической деформации была разработана специальная методика двойных образцов, имеющих рабочую деформируемую часть А и недеформируемую часть Б, служащую только для пропуска тока и генерирования упругих колебаний в металле за счет пинч-эффекта.

Будем пропускать через двойные образцы в части Б импульсы тока величиной, например, от $5 \cdot 10^4$ до $2,5 \cdot 10^5$ А/см² при длительности импульсов $\sim 10^{-4}$ с



Волочение проволоки при воздействии тока.
а — зависимость относительной величины сжатия усилий волочения медной проволоки $\delta = \frac{\Delta p}{p} \cdot 100\%$

от частоты импульсного тока ν в зоне волочения при среднем значении плотности тока $j_a = 2,7 \cdot 10^5$ А/см²; цифры около кривых указывают степень обжатия проволоки.

б — зависимость той же величины от плотности постоянного тока j благоприятной [кривая I] и неблагоприятной [кривая II] полярности и переменного тока [кривая III] при скорости движения проволоки примерно 30 м/мин. Плотность тока во всех трех случаях одинакова.

ное явление — сжатие проводника с током собственным магнитным полем, или так называемый пинч-эффект. Представления о пинч-эффекте перешли в теорию твердого тела из физики плазмы. В результате пинч-эффекта в образцах возникают механические напряжения или упругие колебания (если ток подается в периодическом режиме), которые могут самостоятельно вызывать пластическую деформацию металла.

и частоте повторения 0,1—0,2 Гц (практически одиночные импульсы). Тогда в части А образцов в момент прохождения каждого импульса будет зафиксирована пластическая деформация металла. В области больших значений плотности тока наблюдается квадратичная зависимость эффекта от силы тока, что с несомненностью указывает на ответственность за наблюдаемое явление пинч-эффекта, который, как известно из электродинамики, имеет квадратичную зависимость от тока. Тепловое же действие тока здесь не проявляется, поскольку ток проходит в части Б образцов, а деформация осуществляется в части А. Измерения же с помощью термопар показывают, что в условиях температур жидкого азота одиночные импульсы не вызывают нагрева металла в соседних участках двойного образца (при точности измерений температуры 0,005°С).

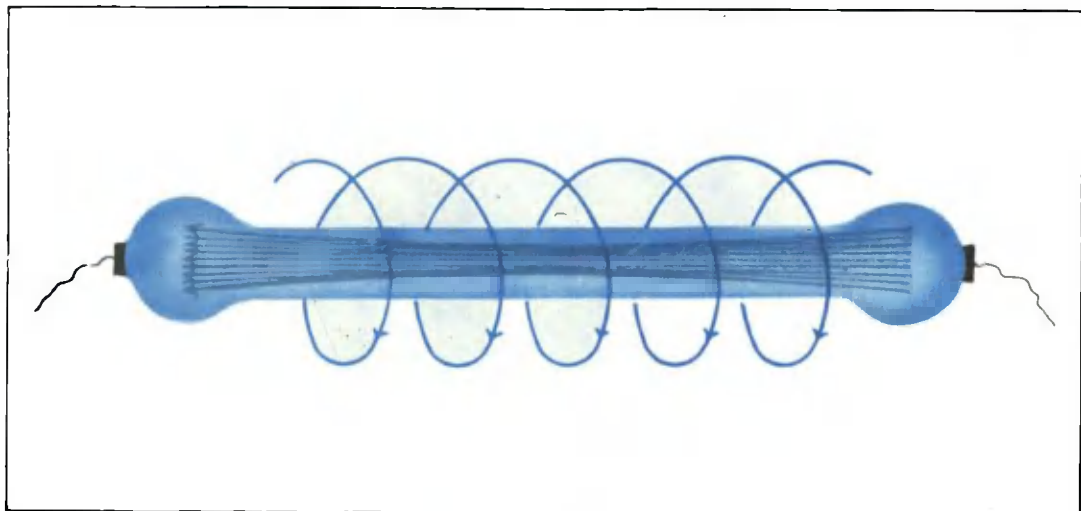
Максимальное механическое давление на образец за счет магнитного поля может быть вычислено из уравнения

$$p = \frac{H^2}{8\pi^2} \text{ дин/см}^2$$
, где H — напряженность собственного магнитного поля в эрстедах и μ — магнитная проницаемость среды. Напряженность собственного магнитного поля образцов можно найти по формуле

$$H = \frac{2J_a}{10r}$$
 (где J_a — амплитудные значения тока; r — радиус образца). Она составляла в описанных опытах 1500—3500 Э. Пинч-эффект создавал, таким образом, давление порядка 1—5 г/мм². Этого до-

жидкого азота выделяется 0,14 Дж тепла. Это приводит к нагреву образцов не более чем на 1—1,5°C, что было подтверждено прямыми измерениями малоинерционными термopарами. Указанный нагрев не вызывает существенного изменения сопротивления металла деформированию.

Вместе с тем, подобно пинч-эффекту, тепловое действие тока зачастую бывает полезным технологическим фактором, поэтому в каждом конкретном случае надо решать вопрос — устранять или не ус-



Пинч-эффект, обусловленный действием собственного магнитного поля тока в образце.

статочно, чтобы вызвать упругое колебание образца.

ТЕПЛОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ТОКА

Теперь остановимся на другом побочном факторе действия тока — на его тепловом действии (эффект Джоуля). Тепловыделения в образцах при коротких импульсах тока можно вычислить по формуле $Q = J^2 \frac{\rho}{S} T$, где J — сила тока, l и S — длина и сечение образца; ρ — удельное сопротивление металла, T — длительность импульса. Расчеты показывают, что в кристалл цинка, например, длиной 16 мм и диаметром ~1 мм при плотности тока 300 кА/см² и при температуре

отсутствует нагрев металла. В ряде случаев в разумных пределах можно допустить нагрев. Например, в опытах с электропластической прокаткой вольфрама было целесообразным иметь нагрев металла порядка 200°C, а в опытах с волочением меди допускался нагрев на 70—100°C (или комнатных температурах). Однако чаще всего требуется подавить сопровождающий электропластическую деформацию металла тепловой эффект. Для этого применяют обычно (в производственных условиях) интенсивное жидкостное охлаждение зоны деформации металла, где проходит ток высокой плотности.

УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

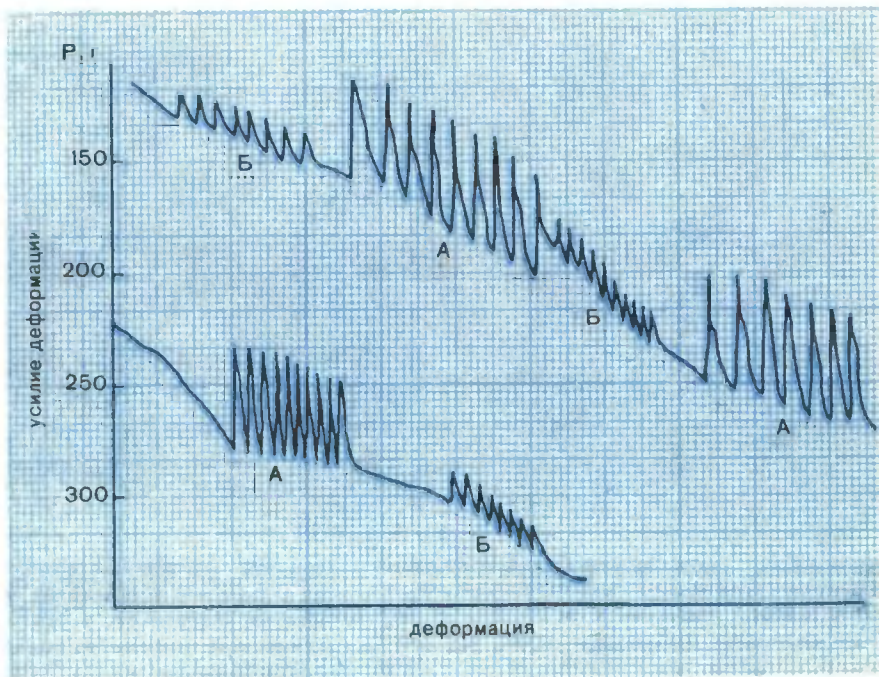
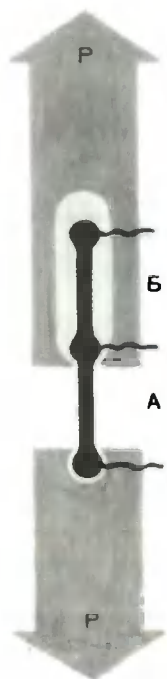
При каких же условиях возникает электропластический эффект. Первое необходимое условие — в металле должен быть создан электрический ток с плот-

ностью в несколько тысяч ампер на 1 мм^2 . Только тогда свободные электроны будут активно взаимодействовать с движущимися и взаимодействующими дислокациями. С увеличением плотности тока j , повышается дрейфовая скорость электронов $v_{др}$.

Второе условие — материал должен содержать высокую концентрацию свободных электронов. Как известно, чем больше концентрация свободных электронов в металле n , тем больше его электропроводность σ ; следовательно, тем боль-

шую плотность можно создать без опасности сильно нагреть деформируемый с током металл. В цинке, например, $n = 3,38 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$, а в меди объект при осуществлении электропластической деформации, чем цинк.

Электропластический эффект должен зависеть также от особенностей электронного спектра металла (скажем, при одной и той же концентрации свободных электронов), т. е. от строения его поверхности Ферми. К этому вопросу мы еще



Деформация двойного образца.

а — двойной образец, с помощью которого можно установить, что импульсный электрический ток оказывает на деформируемый металл побочное технологически полезное действие — пинч-эффект. В случае прохождения импульсного тока в недеформируемой части Б возникают упругие волны, которые распространяются в часть А и вызывают там ускорение пластической деформации металла. В случае же прохождения тока в деформируемой части А эффект, естественно, должен намного усиливаться, так как собственно электрическое действие тока будет складываться с действием пинч-эффекта.

б — диаграмма деформации двойного образца с осцилляциями усилия (пропорциональными приращениям пластической деформации во время действия таковых импульсов) в случае прохождения тока в части Б и в части А.

вернемся, а сейчас рассмотрим, как распределяется энергия тока по различным механизмам рассеяния в деформируемом металле.

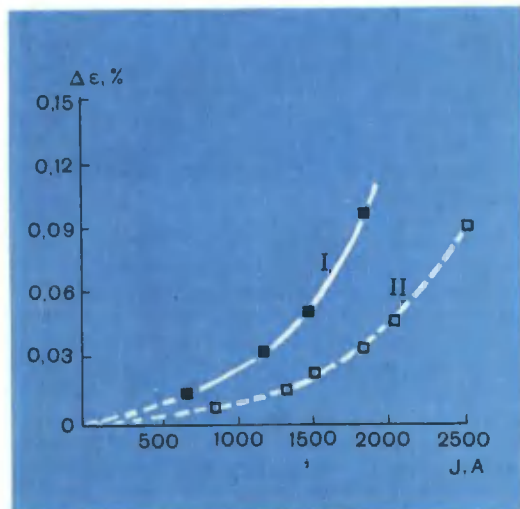
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ТОКА

Расчет показывает, что в случае пороговых значений плотности тока $(4,5—5,0) \cdot 10^4 \text{ А/см}^2$, с которых начинается электропластическая деформация, например цинка, доля полезно затрачиваемой энергии распределяется между механизмом электронного ветра и пинч-эффектом, как 3:1. По мере роста плотности тока соотношение указанных механизмов изменяется, поскольку действие электронного ветра зависит от силы тока в первой степени, а пинч-эффект зависит от квадрата силы то-

ка. Начиная с плотности тока $1,6 \cdot 10^4 \text{ А/см}^2$, линейная зависимость эффекта сменяется на квадратичную, что соответствует уже преобладанию пинч-эффекта. При более высоких плотностях тока на пинч-эффект накладывается и тепловой. Для вольфрама и особенно для меди область действия электронного механизма расширяется (для вольфрама примерно в 1,5 раза, а для меди — в 2,5 раза).

МЕХАНИЗМ ЯВЛЕНИЯ

Скорость пластической деформации



Относительное приращение длины образцов ($\Delta \epsilon$) за время одиночных импульсов тока в зависимости от силы тока J для чистых (кривая I) и легированных (кривая II) кристаллов цинка (ток проходит в части Б двойного образца).

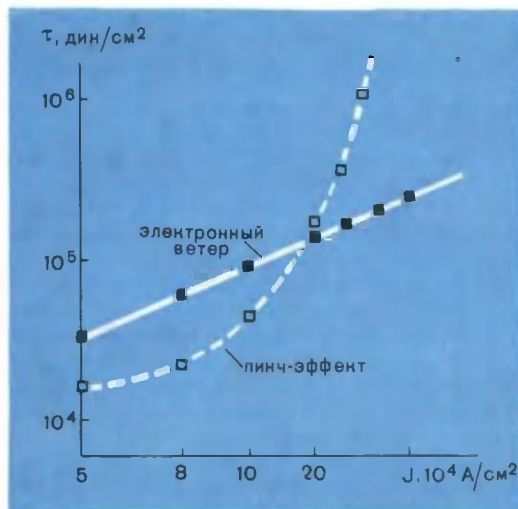
металла $\frac{de}{dt}$ записывается в виде

$$\frac{de}{dt} = b v, \quad \text{где, помимо уже известных}$$

вектора Бюргерса b и скорости дислокаций v , имеется новый параметр ρ — плотность дислокаций (количество дислокаций, приходящихся на 1 см^2 площади сечения кристалла). Допустим, что во время прохождения тока ρ существенно не изменяется (это лишь предположение, так как источники дислокаций под влиянием тока могут усилить свою деятельность). Тогда увеличение скорости течения металла может быть связано только с увеличением скорости движения дислокаций v , так как элементарный сдвиг, который характеризует вектор Бюргерса b ,

конечно, не изменяется. Поскольку деформация металла начинается по мере приложения к нему механического напряжения τ , рассмотрим характер зависимости $v = f(\tau)$. Оказывается, эта зависимость имеет две резко различающиеся области.

В первой области, охватывающей очень широкий интервал скоростей — несколько порядков, скорость дислокаций остается все же малой величиной — не более 10^2 см/с . В этом случае скорость дислокаций лимитируется в основном при-



Зависимость от плотности тока j эквивалентных механических напряжений τ в кристаллах цинка (на плоскостях базиса, где происходит преимущественное скольжение) для механизма электронного ветра (сплошная линия) и для пинч-эффекта (пунктир).

сутствующими в кристалле примесями, которые создают локальные препятствия для движения дислокаций. Помимо примесей в роли барьеров для дислокаций могут выступать другие дефекты решетки, в том числе и дислокации в других плоскостях скольжения.

Во второй области, относительно узкой по интервалу скоростей (10^3 — 10^5 см/с) и примыкающей к скорости звука, определяющую роль играет динамический механизм потерь энергии дислокации при взаимодействии ее со свободными электронами и с фононами.

Протекание тока через кристалл должно отразиться, вообще говоря, на обеих областях графика скорости, но особый интерес представляет первая об-

ласть, так как обычные скорости деформации относятся именно к этой области. Закрепленная стопорами (примесями) дислокация совершает постоянные тепловые движения. Тепловые флуктуации и внешние приложенные напряжения помогают ей освободиться сначала от одного стопора, потом от другого и т. д. Этот процесс легко моделируется с помощью электронно-счетной машины. На световом экране можно увидеть, как дислокация рывками в различных участках своей длины прорывается сквозь стопоры, осуществляя тем самым элементарный сдвиг в решетке. Таким образом, основную часть времени τ дислокация проводит вблизи стопоров, и именно время ожидания перед стопором или частота отрыва $\nu = \frac{1}{\tau}$

— главный фактор, который, вероятнее всего, изменяется при протекании тока в металле. От чего же зависит в обычных условиях этот параметр? Он зависит в первую очередь от температуры T и от энергии активации U , т. е. работы по преодолению потенциального барьера. В свою очередь U представляет собой разность $(U_0 - V\tau^*)$, энергии связи дислокации со стопором U_0 и произведения $V\tau^*$, приложенного к дислокации эффективного механического напряжения $V\tau^*$ и так называемого активационного объема V , равного, в свою очередь, произведению bdl_0 (где d — расстояние между стопорами в направлении движения дислокации, l_0 — длина дислокационного сегмента).

Частоту отрыва дислокаций от стопоров при наличии и в отсутствие тока можно записать в виде:

$$\nu = \nu_0 \exp\left(-\frac{U_0 - V\tau^*}{kT}\right), \quad (\text{без тока})$$

$$\nu_T = \nu_0 \exp\left(-\frac{U_0 - V(\tau^* + \tau_{эл})}{kT}\right). \quad (\text{с током})$$

В силу того что на дислокацию в металле с током действует двойная сила $(\tau^* + \tau_{эл})$ — механическая и электронная, высота потенциальных барьеров оказывается как бы пониженной и разность $U_0 - V(\tau^* + \tau_{эл})$ становится меньше, чем в обычном случае $U_0 - V\tau^*$, а член со знаком экспоненты, наоборот, станет больше.

Обратимся теперь к параметру ν_0 . Он претерпевает обычно существенные изменения при переходе металла в сверхпроводящее состояние. Это — частота

попыток отдельных участков дислокаций, или дислокационных сегментов, преодолеть стопоры. За такую частоту принимают обычно частоту тепловых колебаний дислокационных сегментов. Поскольку сегмент есть отдельный участок дислокации, на него распространяются законы движения дислокаций. В частности, на участке движения от одного крайнего положения в колебательном движении до другого сегмент может испытать электронное торможение или, наоборот, электронное ускорение, в зависимости от направления электронного ветра. Следовательно, ν_0 будет существенно изменяться. Предельно большая величина этого параметра (не достигаемая в обычных условиях) равна отношению длины дислокационного сегмента l_0 (10^{-6} – 10^{-4} см) и скорости звука v_B ($\sim 10^5$ см/с), с которой колебания могут распространяться вдоль линии дислокации, т. е.

$$(\nu_0)_{\text{пр}} = \frac{v_B}{l_0} = 10^9 - 10^{11} \text{ с}^{-1}.$$

Электрон-дислокационное взаимодействие, учитываемое специальным параметром B ($\sim 10^{-5}$ дин·с/см²) приводит к иным значениям частоты ν_0 . При пропускании тока через кристалл в каждом колебательном цикле величина параметра B будет изменяться: при попутном электронному ветру движении — уменьшаться, а при встречном — увеличиваться. Таким образом, $\nu_0 > \nu_0$, а это значит, что добавляется еще одно «за» в пользу увеличения частоты отрыва дислокаций от стопоров под влиянием тока, т. е. выполняется неравенство $\nu_T > \nu$. Следовательно, под влиянием тока металл деформируется интенсивнее.

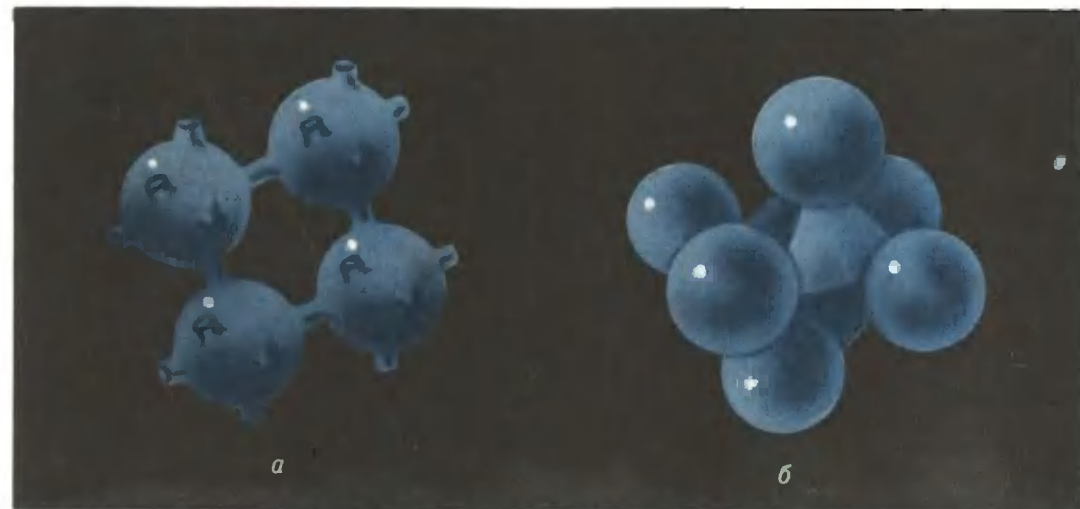
СВЯЗЬ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ФЕРМИ

Представляет интерес рассмотреть некоторые особенности поверхности Ферми металлов, на которых уже был исследован электропластический эффект. Поверхность Ферми меди (аналогичную поверхность имеют серебро и золото) является открытой в направлении $\langle 111 \rangle$ и $\langle 110 \rangle$. Она представляет собой систему сфер, соединенных узкими перемычками. Форма поверхности Ферми вольфрама близка к правильному октаэдру с шаровидными образованиями. Такая поверхность состоит также из набора эквивалентных дырочных октаэдров. Кроме этих основных поверхностей, ряд допол-

нительных электронных и дырочных объемов дают малый вклад в электропроводность металла. Сложную форму имеет поверхность Ферми цинка. Дырочная поверхность представляет собой многосвязную поверхность. Имеется практически полная компенсация электронных и дырочных объемов.

Таким образом, по своей топологии поверхности Ферми делятся на два основных класса — на закрытые и открытые⁴. Они могут быть электронного и дырочного типа. Существенно отметить, что в метал-

лах, имеющих одновременно поверхности Ферми электронного и дырочного типов, суммарный электрический ток аддитивно складывается из токов «дырок» и электронов. Однако в связи с тем, что эффективная масса электронов и «дырок» различна по знаку, импульсы их противоположно направлены, поэтому «дырки» и электроны могут оказывать, вообще говоря, различное действие на одни и те же акты пластической деформации металла.



Поверхность Ферми меди [а] и вольфрама [б], имеющих, соответственно, гранецентрированную кубическую и объемноцентрическую кубическую решетки.

лах, имеющих одновременно поверхности Ферми электронного и дырочного типов, суммарный электрический ток аддитивно складывается из токов «дырок» и электронов. Однако в связи с тем, что эффективная масса электронов и «дырок» различна по знаку, импульсы их противоположно направлены, поэтому «дырки» и электроны могут оказывать, вообще говоря, различное действие на одни и те же акты пластической деформации металла.

Наиболее перспективным объектом для реализации электропластического эффекта является медь. Доля открытых на-

Вольфрам, также обладающий значительной электропроводностью, не менее перспективен как объект для электропластической деформации. Его поверхность Ферми имеет достаточно большие электронные и дырочные объемы. Первые эксперименты на вольфраме были выполнены К. М. Климовым и И. И. Новиковым. Ими было показано, что используя большие плотности постоянного тока (100 кА/см^2) в условиях интенсивного охлаждения зоны деформации жидкостью, можно осуществить электропластическую прокатку вольфрама, молибдена и их сплавов, а также высокопрочных сталей в микроразмеры микронных размеров, не вызывая при этом большого нагрева материала. Практически одновременно другой группой авторов (В. Г. Рыжковым, О. А. Троицким, Л. В. Левиным и Ю. М. Мурашовым) было осуществлено электропластическое волочение вольфрамовой и медной проволоки. После электропластической прокатки и волочения материалы

⁴ Каганов М. И., Филатов А. П. Поверхность Ферми.— «Природа», 1968, № 5.

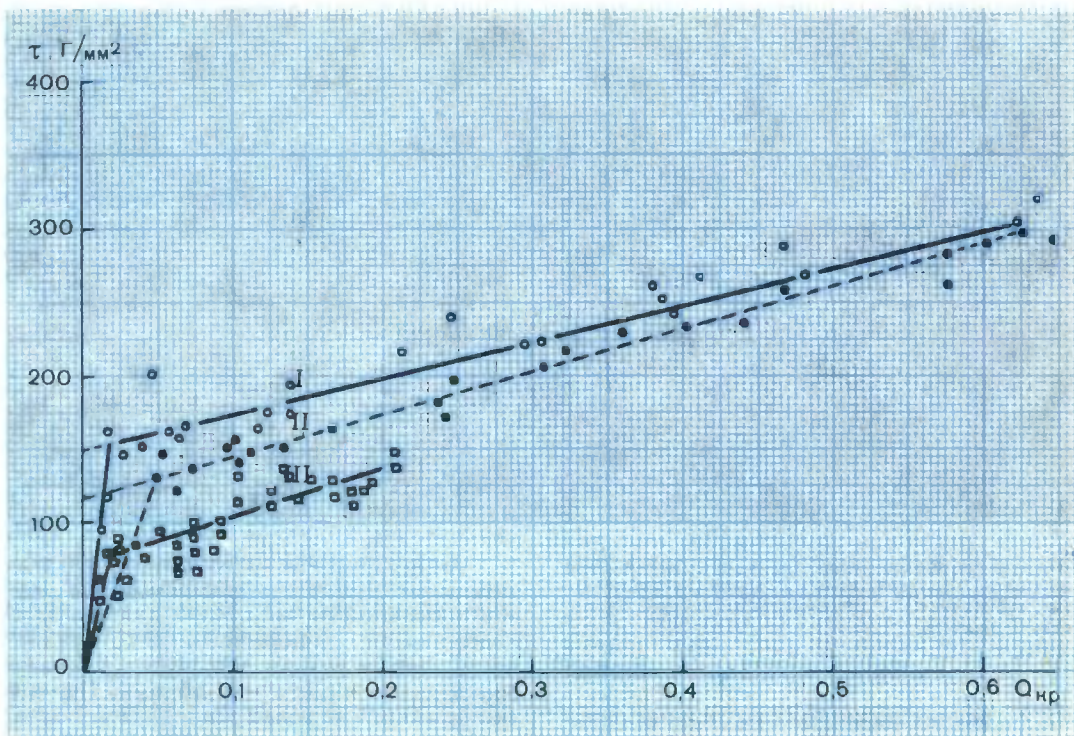
обладали высокими технологическими свойствами.

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПУЧКОМ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ДРУГИЕ ЭФФЕКТЫ

Во внешних полях (электрических и магнитных) энергия электронов изменяется не более чем на 10^{-6} — 10^{-4} эВ. Возбуждается, таким образом, лишь узкий энергетический слой вблизи поверхности Ферми. Подобная ситуация не распро-

страняется на случай облучения металла ускоренными электронами. Энергия ускоренных электронов значительно превышает энергию Ферми, поэтому в электронном газе металла возникают так называемые плазмоны, или плазменные колебания.

В 1963 г. было обнаружено явление уменьшения усилий деформации и увеличения пластичности монокристаллов цинка при облучении их ускоренными электронами вдоль элементов скольжения⁵. Хотя в наблюдаемые явления могли вме-



Зависимость скалывающих напряжений τ на плоскости скольжения кристаллов цинка от удельного кристаллографического сдвига (кривые упрочнения) для случая облучения в деформируемых кристаллах цинка пучком ускоренных электронов с интенсивностью $\sim 10^{13}$ электрон/см² с при температуре -196°C . Энергия электронов в одном случае была выше ($E=2,6$ МэВ, кривая I), а в другом ниже ($E=0,55$ МэВ, кривая III) порога выбивания атомов E_p (для цинка $E_p=0,7$ — $0,8$ МэВ). В случае [III] имеется полная аналогия с эффектом действия тока на металл — металл разупрочняется. В случае же [I] происходит, наоборот, упрочнение, что объясняется специфическим действием ускоренных электронов — выбиванием атомов из узлов решетки и торможением дислокаций пояляющимися в решетке радиационными дефектами. Кривая II характеризует поведение необлучаемых образцов.

щаться фоновые процессы, это было первым наблюдением радиационно-пластического эффекта.

Авторы этой работы не связывали полученный результат с анизотропией действия электронного ветра в решетке, поскольку в 1963 г. не допускалась еще мысль, что электронный ветер может влиять на такие грубые параметры металла, как механические свойства. Тем не менее полученный результат был объяснен интенсификацией деятельности источников дислокаций под влиянием оптимально ориентированного облучения,

⁵ «ДАН», 1963, т. 148, вып. 2, с. 332.

т. е. уже тогда была в неявной форме высказана мысль об ускорении передвижения дислокаций в районе источников дислокаций под влиянием свободных электронов.

При облучении металла пакетами ускоренных электронов с энергией несколько ниже порога выбивания атомов (порядка 0,4—0,5 МэВ), когда их действие может считаться объемным, происходит снижение сопротивления металла деформированию. Максимальная величина эффекта имеет место в области предела текучести кристалла и, как указывалось, при совпадении потока частиц с плоскостью преимущественного движения дислокаций (плоскостью скольжения).

Таким образом, эффект, аналогичный электропластическому, возникает в случае облучения деформируемого металла ускоренными электронами особенно при совпадении направления электронного пучка с плоскостями движения большинства дислокаций в металле (в монокристаллах). Этот эффект, который естественно назвать радиационно-пластическим, заключается в уменьшении сопротивления металла пластическому деформированию.

В 1974 г. практически одновременно были выполнены две работы. Одна (А. А. Клыпин и С. Т. Кишкин) рассматривала, как влияет на пластическую деформацию металла электрическое соединение деформируемых образцов в электрическую цепь с достаточно большим куском другого металла или просто с землей. Другая работа была выполнена нами с участием Е. В. Гусева, где была обнаружена разность в скорости ползучести облучаемых образцов, соединенных с землей или находящихся в изолированном состоянии. Эти эксперименты показали, что существует определенное влияние слабых возмущений в энергетическом электронном спектре металла на его механические свойства.

СВЯЗЬ С ЯВЛЕНИЕМ РАЗУПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ N—S-ПЕРЕХОДЕ

Вернемся еще раз к работам, касающимся влияния сверхпроводящего перехода на механические свойства металла, и отметим связь этого явления с электропластической деформацией металла.

Как известно, при сверхпроводящем переходе энергетический электронный спектр металла претерпевает су-

щественные изменения. Устранение из металла газа свободных электронов приводит к снижению эффективной электронной вязкости для движущихся дислокаций. В свинце, например, константа электронного торможения дислокаций при сверхпроводящем переходе снижается в 18 раз. В результате происходит резкое снижение сопротивления металла деформированию.

Легко проследить связь явления разупрочнения металла при сверхпроводящем переходе с электропластическим эффектом. В том и другом случае происходит разупрочнение металла. Однако если в первом случае в основе явления лежит уменьшение сопротивления движению и взаимодействию дислокаций при устранении из металла газа свободных электронов, во втором случае причиной облегчения деформации является участие самого электронного газа в пластической деформации металла. Электронный газ из пассивной и тормозящей среды превращается в среду, имеющую направленный дрейф и поэтому ускоряющую движение и взаимодействие дислокаций (или снижающую обычное электронное торможение дислокаций).

Таким образом, на стыке между электронной теорией металла и физикой пластичности возникла и успешно развивается новая область физики металлов и практического материаловедения. Эта область включает в себя изучение влияния на пластическую деформацию металла электронных явлений в металле, различных энергетических полей и электрических воздействий. В эту же область, входит также исследование воздействия на металл магнитных полей — направление очень плодотворное и перспективное в научном и практическом отношении. Однако этот вопрос выходит за рамки настоящей статьи.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Предводителев А. А., Троицкий О. А. ДИСЛОКАЦИИ И ТОЧЕЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ В ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛАХ. М., 1973.

Спицын В. И., Троицкий О. А. «Вестник АН СССР», 1974, № 11.

Гены и климат

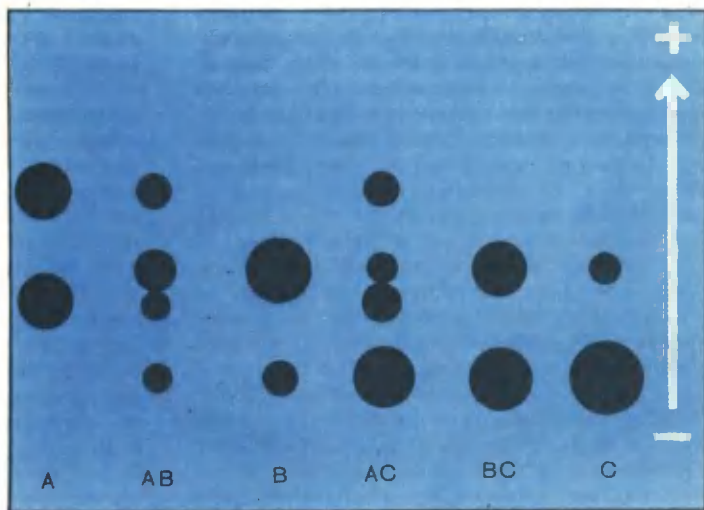
В. А. Спицын

Кандидат биологических наук

Научно-исследовательский институт и музей антропологии им. Д. Н. Анучина Московского государственного университета.

Наблюдаемому ныне широкому разнообразию количественных морфологических признаков у людей во многом способствовало разнообразие внешней среды. Специалисты полагают, что цвет кожи и волос, ширина носа, форма губ, длина тела и т. д., т. е. признаки, которые физически наиболее активно связаны с внешней средой, могли меняться под селективным давлением климата. Иначе говоря, изменчивость количественных признаков находится под контролем как генетических факторов, так и факторов внешней среды.

Несколько лет назад появились данные¹, что гены, контролирующие такие альтернативные факторы, как группа крови, разновидность ферментных и других белков, имеют закономерную, географически направленную изменчивость. Такая ярко выраженная изменчивость частоты генов² идет в основном па-



Электрофоретическая картина различных типов эритроцитарной кислой фосфатазы. Каждый фенотип (A, AB, B, BC, AC, C) отличается от других по числу изоферментов (кружки) и их относительной подвижности в электрическом поле; степень активности изофермента пропорциональна величине кружка.

раллельно климатическим градиентам.

Наиболее четко географическая направленность прослеживается в распределении частот генов, определяющих типы фермента кислой фосфатазы эритроцитов у человека. Впервые на этот факт обратили внимание Р. Анантхакришнан и Х. Вальтер, однако к моменту выхода их работы практически не было исследовано население, живущее в северных широтах с экстремально холодным климатом.

В последние годы сотрудники руководимой автором лаборатории биохими-

ческого полиморфизма Института антропологии МГУ О. В. Ирисова, И. С. Афанасьева, С. Б. Боева, изучающие генетически обусловленную биохимическую изменчивость у человека, провели исследование полиморфизма кислой эритроцитарной фосфатазы во многих группах коренного населения Сибири и Северо-Восточной Азии, а также других районов Советского Союза. В течение нескольких лет мы изучали русское население Севера Европейской части СССР, азербайджанцев, башкир, туркмен, тувинцев, нанцев, иганасан, якутов, эвенков, эвенов, ительменов, коряков, алеутов, чукчей, эскимосов, юкагиров.

Проанализировав множество климатических факторов, мы из всей их совокупности выделили те, которые действительно могли повлиять на закономерное распределение указанных генных частот. Первостепенная физиологическая роль принадлежит тем факторам, которые оказывают прямое воздействие на интенсивность теплового обмена. Поэтому для установления характера

¹ Ananthakrishnan R., Walter H. Some Notes on the Geographical Distribution of the Human Red Cell Acid Phosphatase Phenotypes. — «Humangenetik», 1972, v. 14, № 3, p. 177—181.

² Под частотой гена понимается его встречаемость (в процентном отношении) в той или иной группе населения.

взаимосвязи между распределением генных частот эритроцитарной кислой фосфатазы и климатическими факторами нами учитывались термальный режим (среднегодовая температура и амплитуда температурных колебаний) и суммарная солнечная радиация.

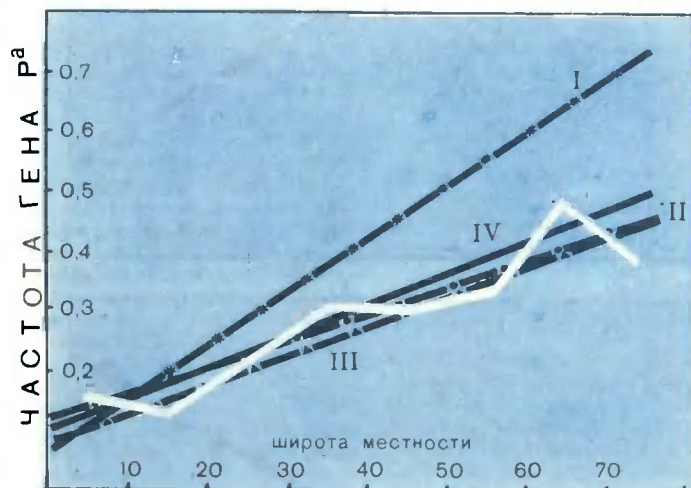
У разных людей можно выявить шесть основных генетических вариантов фермента кислой фосфатазы (А, АВ, В, АС, ВС, С), которые, подобно группам крови, не меняются в течение жизни и передаются по наследству. Эти варианты контролируются тремя генами, условно обозначенными r^a , r^b и r^c . Фенотипы А, В, С соответствуют гомозиготным генотипам r^a/r^a , r^b/r^b и r^c/r^c , а фенотипы АВ, АС и ВС — гетерозиготным генотипам r^a/r^b , r^a/r^c и r^b/r^c . Различные фенотипы, как выяснилось, отличаются друг от друга по электрофоретической подвижности, относительной активности и числу присутствующих на электрофореграмме изоферментов.

Методика выявления фенотипов кислой фосфатазы кратко состоит в следующем³. От сыворотки крови, взятой у группы людей, подлежащих обследованию, отделяют эритроциты и разрушают их. Полученные гомолизаты вносят в лунки крахмального или полиакриламидного геля ($pH = 6,0$). Электрофорез проводят в течение 17 ч при температуре не выше $4-6^\circ C$ (чтобы предотвратить разогревание геля и, как следствие, — инактивацию фермента). Затем гель инкубируют с фенолфталеиндифосфатом натрия. Через 2,5—3 ч инкубирующий раствор удаляют, а гель обрабатывают раствором аммиака. Спустя 2—3 мин в нем появляются ярко-малиновые пятна, указывающие на зоны активности кислой фосфатазы.

На основе полученных нами результатов, а также

обобщения всего накопленного к настоящему времени материала по географическому распределению генных частот кислой фосфатазы⁴ удалось установить некоторые закономерности.

условиях (саамы Скандинавии, алеуты, атапаски, эскимосы, большинство народов Крайнего Северо-Востока СССР). Напротив, индейцы Центральной и Южной Америки обладают весьма низкой частотой гена



Зависимость между частотой гена r^a и широтой местности. Более высокими широтам местообитания популяций соответствует и большая концентрация данного гена. I — индейцы Америки, II — европеоиды, III — монголоиды Азии, IV — теоретическая суммарная линия регрессии, белая кривая — эмпирическая линия регрессии.

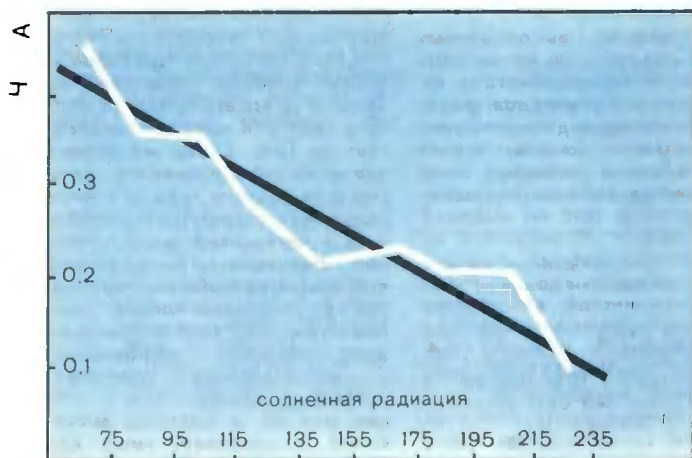
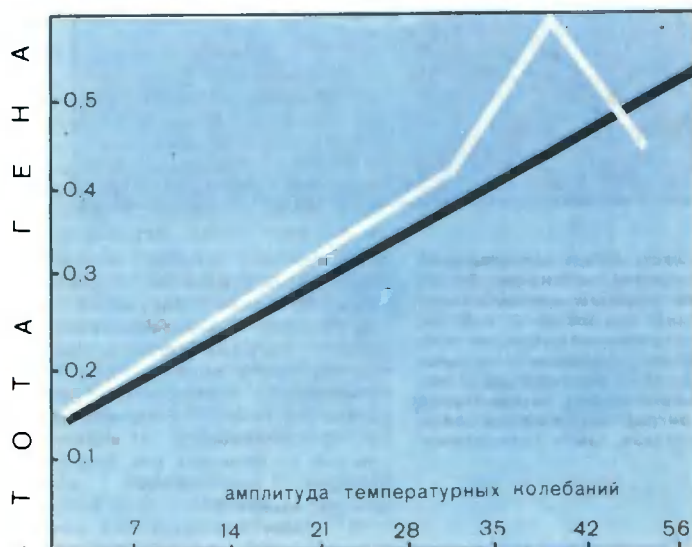
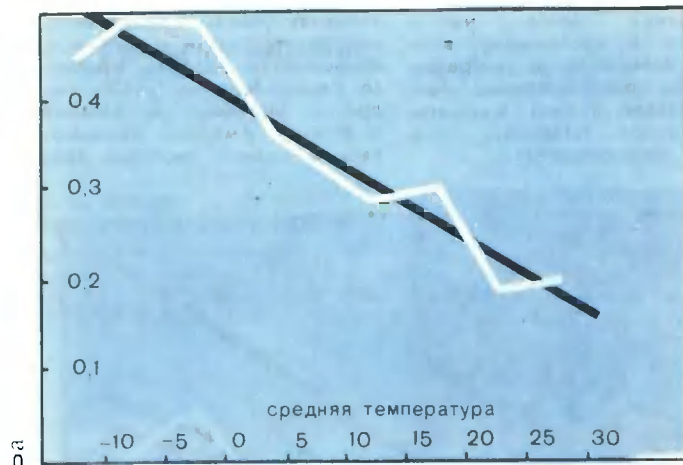
r^a , в чем они сходны с антропологически отдаленными группами, но также живущими в тропических и экваториальных зонах — неграми Африки, австралийскими аборигенами, меланезийцами. Понижение концентрации гена r^a с севера на юг прослеживается и внутри каждой из больших рас (европеоидов, монголоидов, индейцев Америки).

Наши исследования показали, что частота гена r^a прямо пропорциональна широте обитания популяций (коэффициент корреляции $r = 0,786$); по мере перехода к более высоким широтам на каждые двадцать градусов частота гена r^a в среднем возрастает на 10%. Столь же велики значения коэффициентов корреляции частоты гена r^a с амплитудой температурных колебаний и интенсивностью солнечной радиации. Последующий статистический анализ показал, что учет среднегодовой температуры не вносит никакой дополнительной информации в наблюдаемую географическую изменчивость генов r^a и r^b , и поэтому достаточно использовать лишь два

Наиболее высокие значения частоты гена r^a и соответственно низкие — гена r^b наблюдаются у народов, которые хотя и принадлежат к различным расам, но живут в районах высоких северных широт, в сходных климатических

³ Подробнее см.: Норре Н. Н., Windemut H., Brinkmann B. Geographic and Ethnic Distribution of Some Red Cell Enzymes. — «Humangenetik», 1972, v. 14, № 3, p. 224—231.

⁴ Сводку данных по распределению генных частот кислой эритроцитарной фосфатазы см.: Bhasin M. K., Fuhrman W. Geographic and Ethnic Distribution of Some Red Cell Enzymes. — «Humangenetik», 1972, v. 14, № 3, p. 204—223.



Зависимость между частотой гена p^a и различными географическими факторами. Белым и черным цветом обозначены соответственно эмпирические и теоретические линии регрессии; значения суммарной солнечной радиации даны в $\text{ккал}/\text{см}^2 \cdot \text{год}$.

параметра — амплитуду температурных колебаний и интенсивность суммарной солнечной радиации.

К настоящему времени нет данных о функциональной роли фермента кислой фосфатазы. Однако выяснено, что его типы отличаются по термостабильности: в целом она убывает в порядке $C > B > A$. Структурные различия между разными типами фермента сопровождаются различиями в их активности. Зная, что ген p^b продуцирует изоферменты, обладающие устойчивостью к воздействию повышенных температур *in vitro*, можно предположить, что люди с фенотипами В и АВ более приспособлены к существованию в условиях стабильного жаркого климата. Напротив, поскольку ген p^a контролирует синтез изоферментов, более устойчивых к значительным температурным перепадам, можно допустить, что подобные климатические условия легче переносятся людьми с фенотипом А.

Любопытно, что группы населения, сравнительно недавно заселившие экстремальные районы Крайнего Севера (якуты, эвенки), обладают более низкими частотами гена p^a , чем заведомо древние обитатели северных широт, живущие по соседству (юагиры, чукчи, эскимосы, атапаски).



Зоология

О происхождении китообразных

Б. М. Медников, Е. А. Шубина
Москва

По поводу родственных связей отряда китообразных до сих пор продолжают дискуссии. В разное время высказывались разные соображения: некоторые зоологи считают, что китообразные ответвились от общего ствола плацентарных млекопитающих еще в меловом периоде, до становления насекомоядных; другие сближают китов с примитивными насекомоядными, хищными и копытными¹.

Морфологические данные подтверждают точку зрения, согласно которой зубатые и беззубые китообразные — самостоятельные отряды, происходящие, возможно, от разных предков. Сходство, с одной стороны, между кашалотами и дельфинами, с другой — с усатыми китами в данном случае объясняется конвергентным или параллельным развитием².

Однако есть работы, позволяющие считать гипотезу о полифилии китообразных маловероятной. В первую очередь к ним относится анализ хромосомных наборов. Были заново изучены кариотипы 11 видов зуб-

батых и беззубых китов. Оказалось, что кариотипы китов поразительно стабильны — у всех диплоидный набор включает 44 хромосомы. Исключение составляют лишь кашалот и карликовый кашалот — 42 хромосомы. Различие здесь того же порядка, что и между кариотипами человека (46 хромосом) и шимпанзе (48 хромосом), обусловленное единственной транслокацией. Кариотип всех китообразных в общем сходен с кариотипом копытных. О том же свидетельствуют результаты опытов по реакции преципитации белков сыворотки крови. Наиболее вероятными претендентами на предков китообразных сейчас считаются или примитивные хищники-кредонты или же примитивные копытные³.

Мы попытались оценить родственные связи отряда китообразных с помощью метода молекулярной гибридизации ДНК — ДНК⁴. ДНК, выделенную из семенников сейвала (*Balaenoptera borealis*), метили тритием и гибридизовали с ДНК кита того же рода — финвала (*B. physalis*) и кашалота (*Physeter catodon*). По степени гибридизации мы судили о близости генома одного вида к другому. Гибридизацию ДНК сейвала приняли за 100%. Для сопоставления с другими отрядами использо-

вали ДНК волка, американского медведя-барибала, обыкновенного крота, теленка, лоша, человека и зебры. Результаты оказались следующими.

Процент гибридизации ДНК сейвала с ДНК разных млекопитающих

Вид	%
Сейвал (<i>B. borealis</i>)	100
Финвал (<i>B. physalis</i>)	117±5,1
Кашалот (<i>Ph. catodon</i>)	71±3
Корова (<i>Bos taurus</i>)	24±2
Лось (<i>Alces alces</i>)	18±4
Зебра (<i>Equus burchellii</i>)	23±7
Волк (<i>Lupus lupus</i>)	9±5
Барibal (<i>Euarctos americanus</i>)	12±5
Человек (<i>Homo sapiens</i>)	12±4
Крот (<i>Talpa europaea</i>)	7±3

Какие можно сделать выводы? Прежде всего следует признать китообразных, несмотря на весьма далеко зашедшую морфологическую дивергенцию, монофилетичной группировкой. У сейвала и кашалота в ДНК примерно столько же гомологичных нуклеотидных последовательностей, сколько их имеется у человека и гиббона — представителей одного отряда приматов.

Из исследованных отрядов млекопитающих наиболее отдаленной от китообразных представляется ветвь, в которую входят насекомоядные и выводимые из них непосредственно приматы. Наиболее близкими по проценту гомологий в ДНК оказываются парно- и непарнокопытные. Хищные отстоят от китообразных значительно дальше.

Судя по гомологиям в первичной структуре генома, китообразных следует считать монофилетической группой, от-

¹ См., например, схему А. Ш. Ромера в статье: Трофимова Б. А., Решетов В. Ю. — «Природа», 1975, № 8.

Азия как центр развития млекопитающих (Новые страницы истории млекопитающих)

⁴ Подробно об этом методе см.: Белозерский А. Н., Медников Б. М. Нуклеиновые кислоты и систематика организмов. — «Природа», 1971, № 8.

¹ Клейненберг С. Е. К вопросу о происхождении китообразных. — «ДАН», 1958, т. 122, № 5.

² Яблоков А. В. Конвергенция или параллелизм в развитии китообразных. — «Палеонтологический журнал», 1964, № 1.

ветвишейся от древних копытных уже после становления ветви, ведущей к современным хищным. Заселение млекопитающими морской пелагиали произошло, очевидно, в среднем или верхнем палеоцене.

Зоология

Территориализм и брачное поведение хорасанской агамы

С. В. Смирнов

Б. Д. Васильев

Кандидат биологических наук

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова



Хорасанская агама (*Agama erythrogaster*).

Фото С. В. Смирнова

Территориализм (использование и охрана индивидуальной территории) широко распространен среди позвоночных животных. По существу, это один из механизмов, регулирующих плотность популяций, способствующих расселению животных и предотвращающих перенаселение территории и истощение запасов пищи.

Территориальная структура популяции поддерживается специфическими формами поведения — от активной защиты участка до разнообразных приемов маркировки (мечения) индивидуальной территории. В частности, у рептилий маркировочную роль играют главным образом специфические формы демонстрационного поведения. Для исследования этих специфических механизмов мы и выбрали в качестве модели хорасанскую агаму (*Agama erythrogaster*).

Хорасанская агама — крупная ящерица (длина тела до 15 см, вес 140 г), обитающая в северо-восточном Иране и юго-восточной Туркмении. Чаще встречается на бедных растительностью участках,

на склонах оврагов и небольших скальных обнажениях. В период размножения хорасанская агама проявляет четко выраженную территориальность. Самцы, самки и неполовозрелые особи имеют индивидуальные участки, границы которых они редко нарушают. Но размеры участков, плотность заселенности у разных возрастных и половых групп различны. Так, наибольшую площадь имеют участки взрослых самцов (средняя площадь промеренных участков составила 1370 м²), за ними следуют участки взрослых самок (средняя площадь 160 м²) и, наконец, наименьшие участки принадлежат неполовозрелым особям (75 м²).

Мы наблюдали за агамами на юго-востоке Туркмении. Наиболее густо здесь заселены скалистые участки местности с большим количеством щелей и травянистой растительностью.

Плотность популяции хорасанской агамы регулируется с помощью территориального поведения. Наиболее ярко оно проявляется у самцов и включает в себя демонстрационное

и агрессивное поведение, выражающееся в кивках, поклонах и поединках. В брачный сезон самцы значительную часть суточной активности «посвящают» кивкам и поклонам, чем предупреждают других самцов, что данный участок занят. Кивки выполняются сериями, обычно по 5—7 в каждой, и сопровождаются демонстрацией яркой окраски брюха и горла. Окраска нижней части тела особи служит у хорасанских агам важным маркирующим признаком пола. Так, самцы, брюхо и горло которых мы окрашивали (в экспериментальных целях) в белый цвет, воспринимаются хозяином участка как самки, и по отношению к ним самец демонстрирует брачное поведение. И наоборот, самки, низ тела которых окрашен экспериментатором в темные цвета, принимаются самцом за представителей своего пола, и тогда поведение самца становится агрессивным.

Следует отметить, что пространственная структура популяции, представленная системой индивидуальных участков, должна, наряду с изоляцией отдельных особей друг от друга, обеспечивать и необходимые контакты. Это реализуется в природе благодаря дифференцированному территориальному поведению по отношению к представителям разных полов и возрастных групп.

Так, у хорасанской агамы самцы агрессивно ведут себя только по отношению к другим самцам своего вида, а самки и неполовозрелые особи могут беспрепятственно заходить на территорию самца и даже иметь в пределах индивидуального участка самца свои индивидуальные участки.

Территориальное поведение самцов хорасанской агамы не ограничивается предупреждающими кивками и поклонами; если чужой самец заходит на занятую территорию, хозяин нападает на пришельца и изгоняет его. До поединков подобные конфликты обычно не доходят, так как «гость» отступает без сопротивления. Однако, несмотря на строгую территориальность, между самцами агамы возможны иерархические отношения, если на одной территории живет несколько самцов. В таком случае один из самцов — наиболее крупный — занимает господствующее положение, а область перемещений другого самца ограничена. Но такая ситуация может изменяться; так, мы наблюдали, что при отсутствии самца-доминанта в течение трех суток значительно расширился район перемещений второго самца. Потребовалось трое суток непрерывающихся боев по возвращении самца-доминанта для восстановления его господствующего положения. Возможно, что результат этого конфликта был бы другим, если отсутствие самца-доминанта было бы более длительным.

Территориальное поведение самок и молодых особей не столь наглядно, как у взрослых самцов. Самки обычно защищают только свое убежище и небольшое пространство вокруг него (поэтому участки самок могут перекрываться), а среди молодых особей энергично охраняют участки только самцы. Причем и самки, и молодые особи проявляют агрессивное территориальное поведение только по отношению к представителям своих возрастных и половых групп.

Самцы и самки неодновременно достигают максимума половой активности, и по-

этому брачное поведение агам в разное время существенно отличается. Так, в середине мая, когда самцы уже достигли периода половой активности, а самки еще нет, самцы стремятся спариться с любой самкой, которая попадает им на глаза. Самки в этот период предпочитают избегать самцов. Позднее, когда уровень половой активности становится одинаково высоким у обоих полов, инициатива в брачном поведении остается за самцами, но самки уже не избегают их, а останавливаются при их приближении и принимают характерную позу, демонстрируя светлую окраску нижней части тела. В конце периода размножения (в июле), когда половая активность самцов снижается, а у самок она все еще сохраняется на высоком уровне, инициатива в брачном поведении переходит к самкам. При виде самца они сначала принимают позу, демонстрируя светлую окраску нижней части тела, но поскольку самец остается пассивным, самки сами приближаются к нему скачкообразными движениями и толкают его мордой в основание хвоста. Самец обычно отодвигается, делая при этом круговые движения. Так, образовав «кольцо», обе особи могут двигаться длительное время, после чего самец либо спаривается с самкой, либо убегает. Иногда самка, добываясь внимания самца, проползает у него под подбородком, по спине или под брюхом или даже захватывает его передними лапами.

Таким образом, в начале, когда у большинства самок уровень половой активности низок, самцы спариваются с ними насильно, спариванию не предшествует брачное демонстрационное поведение, и единственным признаком, по которому самец определяет пол партнера, служит окраска нижней части тела агамы.

Позднее, при одинаково высоком уровне половой активности обоих полов, спариванию всегда предшествует демонстрационное поведение. В этих случаях окраска нижней части тела уже не высту-

пает в качестве единственного признака, «запускающего» ухаживание со стороны самцов; значительная роль в этом принадлежит демонстрационному поведению самок. Видимо, подобная комбинация двигательных реакций и зрительных раздражителей способствует правильному определению пола партнера и снижает вероятность попыток самцов ухаживать за особями своего пола.

Собственное излучение свежего воздуха

М. Т. Дмитриев



Михаил Тимофеевич Дмитриев, доктор химических наук, заведует лабораторией физико-химических и радиологических исследований Института общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина Академии медицинских наук СССР, автор работ по физике и химии окружающей среды. В «Природе» опубликовал ряд статей (1971, № 2; 1972, № 3; 1973, № 4; 1976, № 9).

Сейчас, когда защита окружающей среды от загрязнения превратилась в проблему первостепенной важности, резко повысился интерес к исследованиям среды обитания, выявлению фундаментальных природных факторов, благоприятно влияющих на биосферу в целом и на организм человека в частности. Одним из таких физико-химических факторов является свежесть, присущая природному атмосферному воздуху¹. Среди технических задач по разработке эффективных методов исследования окружающей среды возникла и проблема комплексного изучения атмосферного воздуха.

Около 20 лет назад нами было установлено, что свежий воздух обладает собственным оптическим излучением. Обнаруживается оно сравнительно просто. Если в небольшую полностью затененную камеру, в которую направлено окно фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), ввести струю свежего воздуха, усилитель, подключенный к ФЭУ, начинает регистри-

ровать довольно интенсивное свечение. Собственным излучением обладает лишь свежий воздух: воздух, выдыхаемый человеком или животными, а также воздух в замкнутых объемах или помещениях, шахтах или пещерах такого свечения не имеет. Если прекратить подачу свежего воздуха в камеру ФЭУ, то и его свечение спустя некоторое время также полностью затухает. Чем больше объем камеры, тем медленнее исчезает это свечение. В камере объемом около 10 мл свечение воздуха продолжается всего 20 с, в объеме 10—20 л — несколько минут. Тот же эффект подавления свечения можно легко обнаружить, если пропускать свежий воздух через резиновые или металлические трубки, через слой воды, хлопчатобумажной ваты, различные синтетические материалы. Слабые электрические или магнитные поля практически не влияют на интенсивность свечения. Электрические разряды или ионизирующие излучения, а также ультрафиолетовая радиация его резко усиливают. Нагревание воздуха сначала усиливает свечение, но только до определенного предела: при температуре выше 100—150°C свечение почти полностью исчезает. Охлаждение воздуха значительно уменьшает свечение, но его интенсивность затем полностью

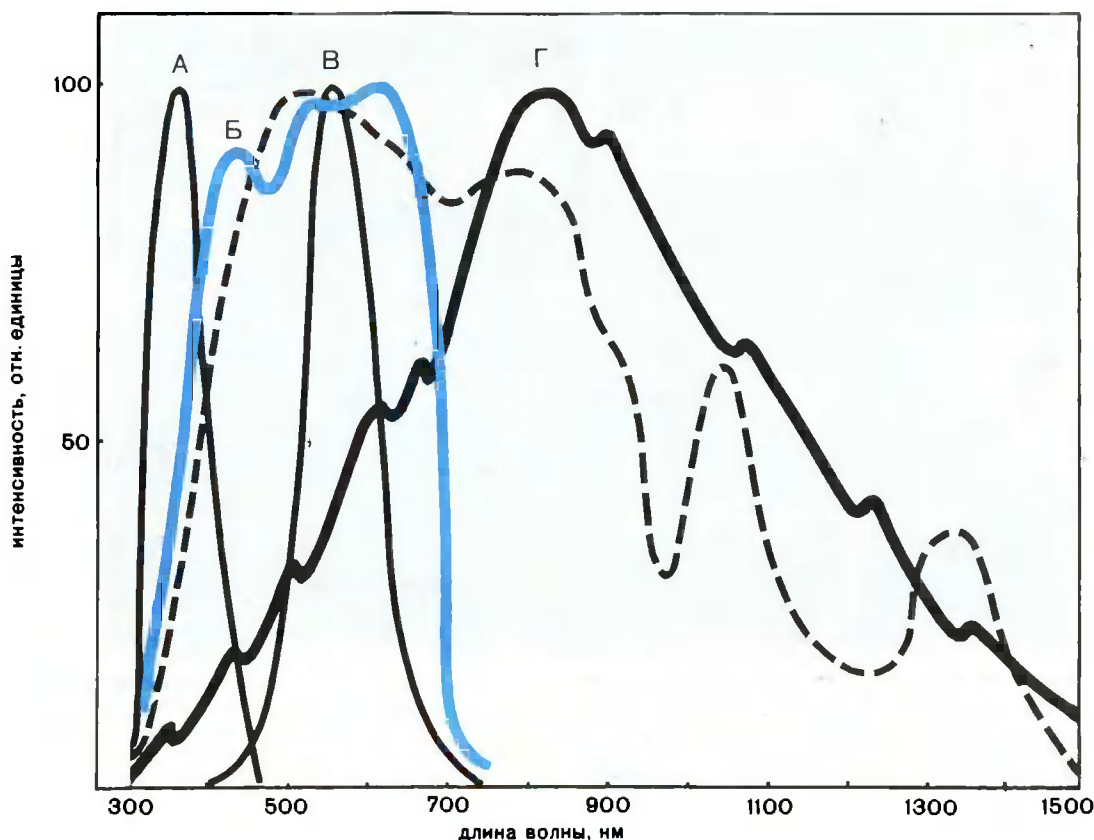
¹ Дмитриев М. Т. Запах свежего воздуха. — «Природа», 1972, № 8; Губернский Ю. Д., Дмитриев М. Т. Атмосферный озон и ионы — основные компоненты свежести воздуха. — «Природа», 1976, № 9.

восстанавливается, если воздух снова прогреть до исходной температуры.

Кроме того, на интенсивность собственного излучения воздуха влияют и многие другие факторы: время года, суток, погода, характер местности и пр. Так, интенсивность собственного излучения максимальна от середины весны до середины лета, а в течение суток она нарастает большей частью к полудню, однако и ночной воздух практически всегда обладает собственным свечением. Во время дождя его интенсивность значительно

уменьшается, а при снегопадах существенно возрастает. По мере удаления от земли на высоту до 1—2 км интенсивность свечения повышается, а затем постепенно начинает снижаться. В лесных или сельских районах свечение воздуха выше, морской воздух обладает несколько меньшим свечением. Городской воздух также обладает собственным свечением.

Установлено, что волновой диапазон собственного излучения воздуха начинается при 250—300 нм, а максимум наблюдается при 700—800 нм, с увеличением



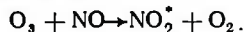
Спектральные характеристики излучений: А — кривая «загарной эффективности» солнечного излучения, Б — кривая квантового выхода фотосинтеза, В — кривая спектральной чувствительности глаза человека («кривая видности»), Г — спектр излучения свежего воздуха. Максимумы обусловлены реакциями: 1 — озона с атомами кислорода, 2 — атомов кислорода с окисью азота, 3 — озона с двуокисью азота, 4 — атомов кислорода с димером окиси азота, 5 — атомов кислорода с двуокисью азота, 6 — озона с окисью азота, 7 — атомов кислорода с парами воды, 8 — атомов кислорода с двуокисью углерода, 9 — атомов кислорода с его молекулами, 10 — озона с двуокисью углерода.

длины волны интенсивность свечения постепенно падает. Обычно в диапазоне 150—1400 нм наблюдается не один, а несколько максимумов. Между спектром собственного излучения воздуха и спектром излучения Солнца нет резкого отличия. Поскольку ни азот, ни кислород в чистом виде без каких-либо на них физико-химических воздействий собственным излучением не обладают, источник излучения воздуха необходимо искать среди второ-

степенных составляющих атмосферы, обладающих высокой химической реакционной способностью.

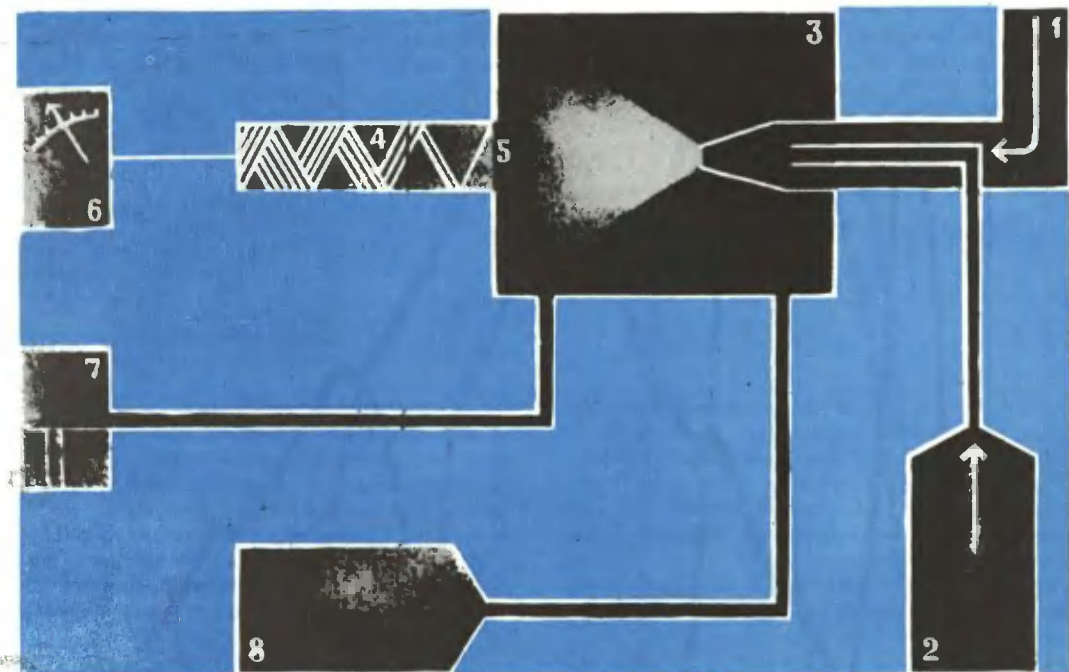
Многочисленными исследованиями было установлено, что свечение свежего воздуха образуется в результате химических реакций, т. е. по своей природе является хемилюминесценцией. Кроме того, доказано: свечение непосредственно обуславливается свежестью воздуха, и в первую очередь присутствующим в нем атмосферным озоном, а также ионами. Если ввести свежий воздух в какой-ли-

безусловно, является взаимодействие озона с окисью азота²:



Образующаяся молекула двуокиси азота находится в возбужденном состоянии, и ее спонтанный переход в обычное, нормальное состояние сопровождается излучением света ($h\nu$): $\text{NO}_2^* \rightarrow \text{NO}_2 + h\nu$.

Многие другие сопутствующие реакции также приводят к хемилюминесценции. Сам по себе озон — молекула химически неустойчивая и под действием

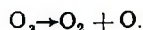


Принципиальная схема прибора для наблюдения излучения свежего воздуха: 1 — трубка для поступления свежего воздуха, 2 — баллон с трубкой для подачи озона, 3 — камера, 4 — фотоумножитель (ФЭУ), 5 — окно ФЭУ, 6 — измерительная система, 7 — аспиратор для измерения расхода воздуха, 8 — баллон для создания малых концентраций озона.

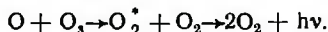
бо замкнутый объем, то содержащийся в нем озон сравнительно быстро разлагается (в помещении около 50 м^3 — в течение 1—2 ч), и соответственно снижается интенсивность свечения. В воздухе, длительно содержавшемся в закрытом сосуде (т. е. уже в несвежем воздухе), озон полностью отсутствует, при этом отсутствует и собственное свечение.

Каков же физико-химический механизм этого свечения? Основной реакцией,

различных факторов легко разрушается с выделением атомарного кислорода:



Взаимодействие атомарного кислорода с различными веществами, например с тем же озоном, также приводит к появлению излучения:



Еще более интенсивная хемилюминесценция возникает при реакции атомов кислорода с окисью азота:



Таким образом, на интенсивность

² Дмитриев М. Т., Попов В. А. Сенсibilизация фотохимического окисления окиси азота. — «Журн. физ. хим.», 1973, т. 47, № 8.

собственного излучения воздуха влияет не только содержание озона, но и некоторые другие ингредиенты свежего воздуха: окись азота, атомарный кислород, перекись водорода, двуокись и закись азота, водород, двуокись углерода, галоиды, метан, этан и другие углеводороды. Однако в отсутствие озона свечение воздуха почти полностью исчезает. Отсюда видно, что собственное излучение — обязательное следствие свежести воздуха, поскольку в несвежем воздухе озона нет, он разложится.

Можно ли увидеть собственное свечение свежего воздуха невооруженным глазом?

По данным измерений, в камере объемом 5 см^3 интенсивность свечения свежего воздуха обычно не превышает $2,7 \cdot 10^{-10} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ В то же время световая чувствительность глаза человека составляет $\sim 2 \cdot 10^{-12} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ Этот вывод был подтвержден экспериментально: испытываемые наблюдали свечение в светонепроницаемой камере после темновой адаптации в течение 40—60 мин. Через чистую затененную стеклянную трубку диаметром 10 мм в камеру подавался свежий воздух. Наблюдалось бледно-голубое свечение в виде конуса, расходящегося под углом 20—40°. Излучение было максимально на расстояниях 5—8 см от выхода из трубки. У самого же выхода из трубки излучение не заметно (вследствие малой толщины светящейся области) и на расстояниях более 10—20 см от трубки оно тоже постепенно уменьшается, что можно объяснить перемешиванием воздушной струи с атмосферой камеры и соответствующим резким уменьшением в ней концентрации хемилуминесцирующих веществ.

Такое же голубоватое, но неизмеримо более интенсивное свечение возникает под действием коронных электрических разрядов в воздухе.

Несколько иное положение наблюдается в открытой атмосфере. Если, например, излучение воздуха происходило бы в объеме радиусом 100 м без заметного поглощения, то максимальная интенсивность свечения могла достигнуть $3 \cdot 10^{12} \text{ квант/см}^2 \cdot \text{с}$ ($\sim 9,4 \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$). Однако без какого-либо контраста с окружающей воздушной средой оно не может быть видно. Иногда свечение становится заметным. Такое свечение возникает в канале линейной молнии, оно может обусловить свечение также и шаровой молнии³.

Приток озона из стратосферы к поверхности земли составляет в среднем $5\text{—}6 \text{ мкг/м}^2 \cdot \text{мин.}$ Следовательно, ежегодное поступление озона в приземный слой атмосферы составляет около 1,6 млрд т. Перемещение окислов азота в атмосферу (из почвы и воды) противоположно перемещению атмосферного озона. Ежегодное поступление окислов азота (в основном в виде окиси NO) в результате нитрифицирующей деятельности микроорганизмов составляет около 0,5 млрд т. Поступление хемилуминесцирующих реагентов в атмосферу — это естественный процесс, и его интенсивность до недавнего времени зависела от деятельности человека⁴. Однако следует опасаться, что нарушение экологического баланса из-за растущего загрязнения окружающей среды может изменить характеристики атмосферного воздуха. Уменьшение количества озона привело бы к снижению бактерицидных свойств свежего воздуха, к увеличению содержания микроорганизмов в приземном слое, ускорению роста плесени и грибковых организмов, накоплению вредных веществ и неприятных запахов, разрушающихся в обычных условиях при реакциях с озоном. При этом уменьшилось бы и стимулирующее действие свежего воздуха на растительность, животных и человека.

Итак, собственное излучение воздуха, обусловленное присутствием озона, присуще природному воздуху. Какова же его значимость? В естественных условиях излучение воздействует на растительность в ночное время. И хотя интенсивность облучения растений ночью неизмеримо ниже, важно учесть, что реакция растений на импульсное действие света значительно более сильная. Так, экспериментально доказано, что молекулы хлорофилла реагируют на импульс света длительностью 10 мкс, и созревание растений под действием импульсного света протекает в несколько раз быстрее. Это же свечение должно обуславливать бактерицидное действие свежего воздуха даже в том случае, если излучение Солнца в тот же объем вообще не проникает.

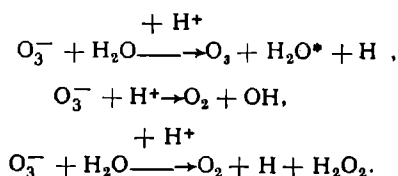
³ Дмитриев М. Т., Дерюгин В. М., Калинин Г. А. Об оптическом излучении шаровой молнии. — Журн. техн. физ., 1972, т. 42, № 10.

⁴ Дмитриев М. Т. — «Авиация и космонавтика», 1977, № 2.

Бактерицидное действие оказывает коротковолновая (ультрафиолетовая) часть спектра излучения воздуха.

При вдыхании свежего воздуха его свечение изнутри облучает дыхательные пути и легкие и активирует дыхательные ферменты, однако суммарная интенсивность собственного излучения воздуха на много порядков ниже интенсивности естественного, солнечного излучения.

Оценим сначала энергетику биологического воздействия ионизированного воздуха. Известно благоприятное влияние атмосферных ионов на растительность, животных и человека⁵. Искусственная ионизация воздуха широко применяется в физиотерапии для лечения многих заболеваний человека, а в сельском хозяйстве — для интенсификации сельскохозяйственного производства (например, при воздействии малых концентраций озона или ионов, характерных для свежего воздуха, наблюдается усиленный рост растений, цыплят, лабораторных и сельскохозяйственных животных). Попадая в организм человека вместе со вдыхаемым воздухом, отрицательные ионы (оптимальная концентрация — 2000 ион/см³) воздействуют на поверхность дыхательных путей, возбуждая обонятельные рецепторы, мерцательный эпителий, нервные окончания в слизистых оболочках, дыхательные ферменты и другие биологические системы. В природном воздухе содержатся главным образом ионы озонида O₃⁻. Тогда, учитывая преобладание молекул воды в организме и наличие в тканях протонов, нейтрализующих отрицательные ионы, мы можем записать основные первичные процессы возбуждения поверхности дыхательных путей в виде следующих химических реакций:



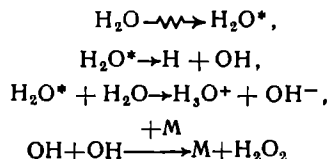
Из уравнений реакций видно, что в результате взаимодействия отрицательных ионов с поверхностью дыхательных путей могут образовываться возбужденные мо-

лекулы воды, атомы водорода, радикалы гидроксила и перекись водорода, — все основные продукты радиолиза воды, играющие ведущую роль в механизме воздействия ионизирующих излучений на биологические системы. Примечательно, однако, что эти процессы могут происходить только лишь за счет энергии, содержащейся в ионе O₃⁻, а она не превышает 4 эВ.

Следовательно, за один вдох (0,5 л воздуха) искусственно ионизированного воздуха на поверхности дыхательных путей выделяется энергия не более 4·10⁶ эВ.

Могут ли под действием света происходить те же самые физико-химические процессы, которые протекают при воздействии ионизирующего излучения?

Образование озона в воздухе одинаково эффективно происходит как под действием гамма-излучения, так и под действием света⁶. Фотоллиз воды протекает по следующему механизму:



Следовательно, при фотоллизе молекул воды образуются те же химически активные частицы, что и при радиолизе. Однако прежде всего важно установить, достаточно ли первичного возбуждения молекул, чтобы затем произошли вторичные реакции или разложение. А это, в свою очередь, зависит от энергии кванта и, соответственно, от длины волны света. Для реакций фотоллиза воды, так же как и в реакциях с ионами, необходимы энергии ~ 4—5 эВ, соответствующие квантам света с длиной волны 250—300 нм. Нижняя граница спектра излучения свежего воздуха точно не установлена, однако приборы отмечают излучение и при 250 нм. Кроме того, возбужденные молекулы воды H₂O* могут образоваться и под действием более длинноволновой радиации.

При одном вдохе свежего воздуха в количестве 0,5 л в течение 3,75 с (исходя из обычных 16 вдохов в минуту) на

⁵ Миних А. А. Ионизация воздуха и ее гигиеническое значение. М., 1963.

⁶ Дмитриев М. Т. — «Изв. АН СССР. Сер. физ. атм. и океана», 1965, т. 1, № 3.

поверхность дыхательных путей попадает около 10^{12} квантов с энергией $\sim 3 \cdot 10^{12}$ эВ. Таким образом, собственное излучение свежего воздуха может обусловить его благоприятное биологическое действие даже и в том случае, если физиологически активными окажется лишь $\sim 10^{-6}$ от числа всех квантов. Фактическая же доля действующих квантов может быть значительно выше, чем одна миллионная, и, следовательно, стимулирующее действие собственного излучения может быть значительно больше, чем ионов. Незаряженные молекулы озона и других веществ глубоко проникают в дыхательные пути, а это может повысить и эффективность биологического воздействия. Ионы, благодаря наличию у них заряда, поглощаются уже в самом начале своего движения по дыхательным путям. Стимулирующее биологическое действие собственного излучения воздуха, как одного из основных компонентов его свежести (наряду с озоном и ионами), объясняет также и нередко наблюдающееся стимулирующее действие ионизирующей радиации в малых дозах⁷, поскольку те же самые рассмотренные выше процессы радиолитического разложения воды на поверхности дыхательных путей могут, естественно, также вызываться альфа-, бета-частицами и гамма-излучением. Таким образом, установленная адекватность физико-химического действия излучения воздуха воздействию атмосферных ионов, а также расчет энергетики обоих процессов служат прямыми доказательствами практической значимости благотворного действия собственного излучения воздуха.

Интенсивность излучения воздуха может служить критерием курортологической и гигиенической оценки окружающей среды. При отсутствии загрязнения интенсивность свечения характеризует степень свежести воздуха в данном районе и чистоту местности. То же можно сказать и о материалах помещений, одежды человека и систем кондиционирования. Очевидно, что гигиенически более оптимальными будут именно те материалы, которые в наименьшей степени подавляют интенсивность собственного свечения, т. е. снижают свежесть природного воздуха.

В некоторых случаях интенсивность собственного излучения воздуха может резко возрастать. Так, интенсивное свечение возникает, если в атмосферу в больших количествах в качестве загрязнителей вводятся различные вещества, например, фотохимически трансформируемые в озон окислы азота, карбонильные соединения, непредельные и ароматические углеводороды. При этом явлении, получившем название фотохимического смога, образуются новые токсические вещества, значительно более вредные, чем исходные атмосферные загрязнения⁸. Таким образом, измерение интенсивности свечения воздуха может характеризовать уровень фотохимического смога.

К этому следует добавить еще одно наблюдение. Выше указывалось, что на интенсивность собственного излучения воздуха оказывает влияние не только озон, но некоторые другие ингредиенты, содержащиеся в микроконцентрациях. Ряд таких веществ содержится в выдыхаемом человеком воздухе: этилен, бензол, ацетальдегид, формальдегид, ацетон, муравьиная кислота. Экспериментально выявилось следующее: при смешивании природного воздуха с выдыхаемым интенсивность свечения повышается в десятки раз. Подобный процесс происходит в легких во время дыхания.

Стала понятной целесообразность длительного проветривания помещений даже при отсутствии людей. Проникающий во время проветривания вместе со свежим воздухом озон адсорбируется на стенах и различных предметах, накапливаясь на них. Затем, постепенно десорбируясь со стен, озон повышает свечение воздуха, т. е. освежает помещение.

Полученные данные позволяют дать определение свежего воздуха, а именно: свежий воздух содержит озон, отрицательные ионы озона, положительные ионы окиси азота и обладает собственным свечением. По-видимому, понятие свежего воздуха включает в себя еще целый комплекс факторов, на сегодня пока не известных. Благодаря этим качествам свежий воздух обладает исключительно благоприятным биологическим действием, излечивающим многие заболевания. Этими качествами, однако, обладает лишь воздух открытой атмосферы или достаточно проветриваемых

⁷ Кузин А. М. Стимулирующее действие ионизирующей радиации на биологические процессы (к проблеме биологического действия малых доз). М., 1976.

⁸ Дмитриев М. Т. Фотохимический смог, — «Природа», 1971, № 2.

помещений, в то время как довольно чистый воздух в больших, но непротвентируемых залах, а также тщательно очищенные, искусственные азотно-кислородные смеси не обладают освежающим действием. Несвежий воздух ощущается затхлым, аналогичный запах затхлости характерен и для чистой дистиллированной воды. Эти специфические свойства свежего воздуха довольно надежно регистрируются с помощью современных приборов — азонометров, ионометров, фотоэлектронных умножителей. Таким образом, свежесть воздуха — это объективная физико-химическая характеристика, не зависящая от субъективных реакций того или иного человека. (На свежий или искусственно освежаемый с помощью озонаторов, ионизаторов или источников радиоактивного излучения воздух довольно легко вырабатываются условные рефлексы у животных, особенно у собак.) На эти важные для человека и всей биосферы физико-химические свойства свежего воздуха неоднократно обращали внимание А. Л. Чижевский, А. А. Минх и другие известные ученые.

Наконец, интенсивное излучение воздуха искусственно осуществляется в различных приборах и аппаратах, используемых для измерения загрязнения атмосферы или в физико-химических исследованиях. Так, в одном из приборов к анализируемому воздуху добавляется струя озонированного кислорода, возникающее свечение практически мгновенно регистрируется фотоэлектронным умножителем. Прибор позволяет с высокой чувствительностью определять в воздухе или других газах концентрации окиси и двуокиси азота. В аналогичных приборах к анализируемому воздуху добавляется этилен или другие вещества, что позволяет мгновенно определять концентрации озона с чувствительностью, недостижимой с помощью других методов⁹. В портативном варианте вес хемилюминесцентного автоматического анализатора озона в атмосферном воздухе не превышает 1 кг. Таким образом, многолетние исследования, начавшиеся со случайного наблюдения, уже сейчас показывают, что собственное излучение воздуха представляет собой весьма интересную и практически

важную проблему. В то же время наиболее существенные результаты, по-видимому, будут получены лишь в будущих исследованиях.

⁹ Дмитриев М. Т. — «Гигиена и санитария», 1976, № 2; Дмитриев М. Т., Китросский Н. А. — «Журн. физ. химии», 1968, т. 42.

Астрофизика

Открыта гигантская радиогалактика

Международная группа астрономов (А. Бридл, М. Дейвис, Э. Фомалонт, Р. Стром и А. Виллис), используя для координированных наблюдений телескопы обсерваторий Вестерборк (Нидерланды) и Аресибо (Пуэрто-Рико), открыли новую радиогалактику. По величине (1,7 Мпс в поперечнике) она занимает второе место среди известных на сегодня четырех объектов такого рода.

Радиогалактика имеет необычные очертания, напоминающие букву Z. Ее радиоизлучение зарегистрировано на нескольких частотах, что позволило построить довольно подробную карту распределения яркости.

Обычно радиогалактики имеют двойную структуру, иногда с перемычкой наподобие гантели. Как правило, посредине наблюдается оптическая галактика — в данном случае такой галактикой является NGC 315. Области радиоизлучения образно называют «радиоушами» — из-за их конфигурации. Принято считать, что внешние области радиогалактики представляют собой потоки релятивистских электронов, выброшенных из центральной галактики. Искривление «радиоушей» до очертаний буквы Z для NGC 315 считается свидетельством взаимодействия выброшенных релятивистских частиц с областями повышенной плотности межгалактического вещества. Ориентация потока истекающего вещества, как полагают участники наблюдений, опровергает модель «гравитационной прайи», или «рогатки», объясняющей выброс вещества из центра галактики взаимо-

действием сил гравитации и вращения самой галактики. Названная группа астрономов считает, что более вероятной причиной выброса служат магнитные силы.

«Nature», 1976, v. 262, № 5565, p. 179—182 (Великобритания).

Биология

Колонии синезеленых водорослей в кварцитах Антарктиды

И. Фридман и Р. Окампо (Университет штата Флорида, США), изучая доставленные из Антарктиды образцы геологических пород, обнаружили внутри них колонии одноклеточных синезеленых водорослей.

Образцы были взяты на горных склонах, окружающих так называемые сухие долины, т. е. свободные от льда оазисы, встречающиеся среди антарктических ледников. Полосовидные колонии синезеленых водорослей толщиной 1,5 мм располагались в ортокварцитах на глубине 1—2 мм. Поверхностный слой этих пород обладает значительной пористостью, и водоросли заполняют пространство внутри пор. Слабая прозрачность породы позволяет свету проникать к водорослям. Очевидно, такая своеобразная защищенность способствует существованию микроорганизмов в суровых условиях Антарктиды.

Ранее ученым уже случалось обнаруживать подобные эндолитические водоросли в породах жарких пустынь Неgev и Синай (Ближний Восток). В условиях Антарктиды это первая находка, кроме того, это вообще первый случай обнаружения фотосинтезирующих растений в экологи-

ческой системе Антарктиды, вне ее немногочисленных озер и ручьев.

Исследователи считают, что это открытие показывает целесообразность поисков жизни на Марсе не только в его грунтовом слое, как это делалось космическими аппаратами «Викинг-1 и -2», но и внутри геологических пород, находящихся на поверхности планеты.

«Science», 1976, v. 193, № 4259, p. 1247—1249 (США).

Геология

Ископаемый океан Яфет

В соответствии с гипотезой новой глобальной тектоники, Лавразия — некогда единая континентальная масса — около 200 млн лет назад разделилась на континенты, между которыми возник нынешний Атлантический океан.

В 1970 г. американские геологи Дж. Дьюи и Дж. Берд показали, что и до этого происходили процессы «раскрытия» и «закрытия» океанов в результате расхождения и сближения ограничивающих их материков¹. В строении Аппалачских гор Северной Америки они обнаружили свидетельства, что некогда этот район был дном ископаемого океана, служившего предшественником нынешней Атлантики. Этому древнейшему водному бассейну было присвоено наименование океан Яфет.

Продолжая исследование этой проблемы, Д. Ренкин, (Управление геологической службы США) нашел, что

¹ Подробнее см.: Зоненшайн Л. П., Горюничев А. М. Палеоокеаны и движение континентов. — «Природа», 1976, № 11.

в южной части Аппалачских гор в ходе соприкосновения континентальных плит Африки и Северной Америки весьма обширные участки первой оказались надвинутыми на поверхность второй. Ныне эти участки Африканской плиты образуют геологическую провинцию Пьемонт (Предгорье), протянувшуюся вдоль восточной окраины Аппалачей в штатах Мэриленд, Виргиния и Северная Каролина.

Результаты недавних исследований Ренкина позволили ему связать пять крупных четко выраженных изгибов в структуре Аппалачских гор (два из них — на юго-западе Виргинии и по одному — в Пенсильвании, в юго-восточной части штата Нью-Йорк и на юге провинции Квебек в Канаде), уже давно вызывавших дискуссии у специалистов, с процессом первоначального разлома докембрийского суперконтинента, начавшегося еще примерно 820 млн лет назад и сопровождавшегося возникновением океана Яфет.

Очевидно, повторные «раскрытия» и «закрытия» океанского бассейна Яфет — Атлантика происходили почти по совпадающим границам. Геометрия, местоположение и геологическая история ископаемого и нынешнего океанов, несмотря на длительный период, разделяющий эпохи их существования, имеют много общего.

«Journal of Geophysical Research», 1976, v. 81, No 32, p. 5605—5619 (США).

Геология

Тектоническая карта юга СССР

Советскими геологами составлена уникальная тектоническая карта¹, охватываю-

щая огромную территорию юга нашей страны — от Карпат на западе до Илийской впадины на востоке; северная рамка карты проходит по районам Центрального Казахстана, Прикаспийской низменности и Белоруссии.

Тектоническое районирование произведено по возрасту главной складчатости. На карте отражены структуры равнинных платформенных пространств, показанные изогипсами поверхности фундамента и маркирующих горизонтов внутри осадочного чехла; возраст и мощность отдельных комплексов осадочного покрова платформ; вещественный состав пород складчатых горных систем; локальные структуры полной, промежуточной и прерывистой складчатостей; время заложения и активного роста локальных поднятий. Разрывные нарушения разделены по значимости, амплитуде смещения и морфологии (сбросы, взбросы, надвиги и сдвиги). На карте представлены все известные локальные поднятия (более 800) и разрывные нарушения (с номерами и названиями); для каждого из них приведен принципиальный поперечный разрез, на котором отображены главные структурные параметры. На специальной мелкомаштабной врезке показаны основные элементы тектонического районирования и региональные структуры юга СССР.

Тектоническая карта, изданная на 28 листах, сопровождается комплектом палеотектонических карт² для раннесреднеюрского, позднеюрского, мелового и палеоцен-эоценового времени. На них отражены площади распространения соответствующих данному времени комплексов пород, их мощности, формации и генезис (платформенные или геосинклинальные). Еще одна спе-

циальная карта³ передает новейшие движения земной коры юга СССР. Методика составления указанных карт и основные теоретические и практические выводы по ним содержатся в объяснительной записке⁴.

Тектонические карты имеют прежде всего нефтегазоносную направленность. На охватываемой ими территории сосредоточены главные осадочные бассейны, содержащие огромные запасы горючих полезных ископаемых. Конкретные условия залегания осадочных комплексов в этих бассейнах, их вещественный состав, возрастной диапазон и другие представленные на картах данные будут служить объективными критериями для прогноза новых месторождений этих важнейших полезных ископаемых.

Впервые в истории мировой картографии создан столь информативный документ, раскрывающий все особенности тектонического строения и развития крупного региона.

А. Е. Шлезингер
Доктор геолого-минералогических наук

Москва

Геохимия

Температурная история Земли

Американские геохимики С. Эпстайн (Калифорнийский технологический институт, Пасадена) и Л. П. Нот (Университет штата Луизиана, Новый Орлеан) изучали относительное содержание изотопов кислорода и водорода в 66 разновозрастных образцах кремнистой породы, взятых в западных и центральных райо-

³ Карта новейшей тектоники юга СССР. Масштаб 1:1 000 000. Гл. ред. Л. П. Полканова. ГУГК, М., 1974.

⁴ Тектоника нефтегазоносных областей юга СССР. — «Труды ВНИГНИ», 1973, вып. 141.

¹ Тектоническая карта юга СССР. Масштаб 1:1 000 000. Ред. Г. Х. Дикенштейн. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. М., 1975.

² Палеотектоническая карта юга СССР, ранняя и средняя юра. Масштаб 1:2 500 000. Гл. ред. В. Е. Ханн. ГУГК, М., 1974.

нах США, а также в Канаде, Англии и Южной Африке. Содержание изотопов оказалось сходным для образцов одного и того же геологического возраста, независимо от места, где эти образцы были взяты.

Поскольку содержание изотопов кислорода и водорода зависит от температуры воздуха в период образования пород, полученные данные позволяют судить о палеоклиматических условиях на Земле.

Исследователи пришли к выводу, что около 3 млрд лет назад средняя температура воздуха на Земле была, по-видимому, близка к 71°C ¹. В период, отстоящий от нашего времени на 1,2 млрд лет, температура снизилась до 32° . В палеозое (600—225 млн лет назад) она упала до 20° . В триасовом периоде (225—190 млн лет назад) произошло потепление до 40° , а в следующие периоды мезозоя и в кайнозой наступило новое похолодание — температура снизилась примерно до 17° . Величины, полученные авторами для еще более позднего периода, если и не совпадают полностью, по крайней мере близки к цифрам, полученным палеонтологами и другими специалистами.

Причины столь высоких, по сравнению с нынешними, температур остаются пока неясными. В качестве одной из них некоторые специалисты называют, например, более высокую температуру Солнца.

Новые данные о температурной истории Земли, возможно, помогут объяснить, почему развитые формы жизни появились в столь позднюю геологическую эпоху. Очевидно, лишь бактерии и синезеленые водоросли могли существовать в обстановке, царившей на Земле 3 млрд лет назад.

«Science News», 1976, v. 110, № 15, p. 229 (США).

Палеонтология

Озон и исчезновение видов

Палеонтологам известно, что около 700 тыс. лет назад произошло внезапное вымирание многих видов морских микроорганизмов¹. Искапаемые остатки их отсутствуют в образцах соответствующих пород, взятых в различных районах Земли, представлявших собой дно океана в ту геологическую эпоху.

Новое предположение о причинах такого явления сделали специалисты по химии атмосферы Дж. С. Рэйд, И. С. А. Айзексен и П. Дж. Крутцен (Национальный центр атмосферных исследований, Боулдер, штат Колорадо). Они связывают его с исчезновением или значительным уменьшением плотности озонового слоя в атмосфере Земли. На мощность этого слоя, в свою очередь, возможно, повлияло ослабление магнитного поля Земли, которое (по не совсем еще ясным причинам) происходит примерно через каждые несколько сот тысяч лет, в период, непосредственно предшествующий обращению магнитного поля, т. е. смене его направленности на обратную.

Когда магнитное поле ослаблено, заряженные частицы космического происхождения беспрепятственно бомбардируют стратосферу и вызывают химические реакции, в результате которых появляется окись азота. Это вещество разрушает озон; оно обладает способностью сохраняться в верхних слоях атмосферы в течение длительного времени. В отсутствие же озона интенсивность ультрафиолетового излучения Солнца оказывается выше предела, допустимого для сохранения многих форм жизни на Земле.

По мнению исследователей, новое ослабление магнитного поля Земли, достаточное для существенного повышения уровня ультрафиолетовой радиации, произойдет не раньше чем через 2 тыс. лет. Более реальной угрозой, полагают они, является увеличение объема окиси азота, содержащейся в выхлопных газах реактивных самолетов, а также количества фторуглеродов, выбрасываемых в воздух как холодильной промышленностью, так и при пользовании бытовыми аэрозолями. Эти факторы, по мнению авторов, могут привести к «повреждению» озоносферы; последствия чего до конца предусмотреть невозможно.

«The Sciences», 1976, v. 16, № 1, p. 5 (США).

² Подробнее см.: Смирнов Б. М. Влияние человека на атмосферу Земли; Вольнов И. И. Антропогенное загрязнение атмосферы фреонами и его возможные последствия. — «Природа», 1977, № 4.

¹ Ныне средняя температура 14°C ; в Северном полушарии 15°C , в Южном 13°C (Хргиан А. Х. Физика атмосферы. Л., 1969, с. 192).

¹ О подобного рода катастрофах см. также: Почему вымерли животные в пермскую эпоху? — «Природа», 1976, № 12.

На Астауровских чтениях

Борис Львович Астауров внес огромный вклад в развитие советской генетики и цитогенетики, в решение фундаментальных вопросов современной биологии. О жизни и деятельности Б. Л. Астаурова было опубликовано немало статей в различных периодических изданиях, а за два года до его смерти вышла из печати его биобиблиография, содержащая основные даты жизни, краткий очерк научной и общественной деятельности и полный список его работ, кончая 1972 г. Поэтому здесь нет надобности излагать сколько-нибудь полно результаты научной деятельности Б. Л. Астаурова. Упомяну только некоторые важнейшие.

Еще будучи студентом, а позднее аспирантом, Б. Л. Астауров посвятил себя изучению генетики животных в лаборатории С. С. Четверикова, входившей в состав возглавлявшегося Н. К. Кольцовым Института экспериментальной биологии Наркомздрава РСФСР. Он участвовал в большой коллективной работе лаборатории по эволюционной генетике и одновременно провел ряд ценных исследований на дрозофиле по феногенетике, став одним из основоположников этого направления в современной генетике.

Главным объектом научной работы Б. Л. Астаурова становится тутовый шелкопряд. Именно на нем были достигнуты выдающиеся результаты, принесшие Б. Л. Астаурову международную известность. Разработка методов искусственного партеногенеза и андрогенеза позволила Б. Л. Астаурову первому в мире принципиально по-новому решить важную задачу генетики и селекции — получение желательного пола (мужского или женского) у животных. В дальнейшем Б. Л. Астауров применил разработанные им методы для получения уникальных ядерно-цитоплазматических и, наконец, тетраплоидных гибридов шелкопряда, способных размножаться в ряду поколений. Многие из исследований Б. Л. Астаурова уже стали классическими и включены в руководства и учебники по генетике, цитогенетике и общей биологии.

Занимаясь этими, казалось бы, очень специальными вопросами, Б. Л. Астауров оставался ученым широкого профиля, одновременно решая важнейшие общebiологические вопросы. Он продолжал ту принципиальную линию, с которой начал свою научную деятельность, а именно, изучение вопросов феногенетики, онтогенеза. В 1967 г. по его инициативе был организован институт биологии развития. Перед вновь созданным институтом была поставлена задача изучать закономерности индивидуального развития и роль в них наследственных факторов. Уже после смерти Б. Л. Астаурова Институту биологии развития было присвоено имя Н. К. Кольцова, первого и главного учителя Б. А. Астаурова. Таким образом, была восстановлена и продолжена связь времен, получили дальнейшее развитие принципы, заложенные Н. К. Кольцовым 60 лет назад при создании Института экспериментальной биологии. В ознаменование научных заслуг организатора и первого директора института Президиум АН СССР учредил Астауровские чтения, которые проводятся раз в два года, чередуясь с также проводящими раз в два года Кольцовскими чтениями. Публикуемые ниже статьи являются популярным изложением двух докладов, сделанных авторами на Астауровских чтениях и отражают круг идей и положений, развивавшихся как самим Б. Л. Астауровым, так и Институтом биологии развития и другими научными учреждениями, связанными с ним по тематике.

Астауровские чтения станут хорошей традицией. Выступления на них будут охватывать разнообразные вопросы современной генетики, цитологии, общей биологии и явятся данью уважения и памяти Б. Л. Астаурову, всей его громадной научной и общественной деятельности на благо нашей родины.

Академик Д. К. Беляев

Москва

Б. Л. Астауров и теоретические вопросы современной биологии

П. Ф. Рокицкий



Петр Фомич Рокицкий, академик АН БССР, заведует лабораторией теоретической генетики Института генетики и цитологии АН БССР. Автор ряда работ по феногенетике, искусственному вызыванию мутаций, теории селекции, математической генетике, общим вопросам биологии. Автор книг: Генетика. Общий курс. М., 1932, 1934, 1935, 1937; Биологическая статистика. Минск, 1964, 1967, 1973; Введение в статистическую генетику. Минск, 1974. Неоднократно публиковался в «Природе». Лауреат Государственной премии БССР.

В лице Бориса Львовича Астаурова советская наука потеряла выдающегося ученого, внесшего громадный вклад в развитие многих областей генетики, цитогенетики, биологии в целом. Широко известны экспериментальные исследования Б. Л. Астаурова по партеногенезу и гиногенезу у тутового шелкопряда, приведшие к уникальным результатам. Впервые в мире стало возможным получать желательный пол — мужской или женский. На этой основе были выведены тетраплоидные формы, до тех пор ни разу экспериментально не полученные ни у одного вида животных.

Но Б. Л. Астауров был не только тонким экспериментатором. Он всегда уделял большое внимание и биологической теории. Наряду с экспериментальными исследованиями им было опубликовано немало работ, посвященных различным теоретическим и общеметодологическим вопросам современной биологии.

Сейчас, к третьей годовщине со дня смерти Б. Л. Астаурова, хочется остановиться именно на этой, достаточно значимой и важной стороне его научной деятельности, на его вкладе в разработку теоретических вопросов биологии и генетики.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Исследования Б. Л. Астаурова 1927—1930 гг. были посвящены феногенетике — изучению фенотического проявления генотипа. Интересным объектом оказалась в этих экспериментах мутантная форма дрозофилы (*Drosophila melanogaster*), получившая название *tetraptera* (четырекрылая) и заключающаяся в изменении галтеров (жужжалец). Поразительная фенотипическая изменчивость этой мутации — от полного ее не проявления до развития почти настоящих крылышек (второй пары) дала Б. Л. Астаурову благодарный материал для целой цепи исследований и для существенных общетеоретических выводов¹. Сам по себе факт различий в проявлении (пенетрантности) и выражении (экспрессивности) мутантных признаков в ту пору уже не казался удивительным. Он был обнаружен на ряде мутаций и хорошо изучен в исследовании Н. В. Тимофеева-Ресовского², который предложил самые по-

¹ Астауров Б. Л. — «Журн. эксп. биол.», 1927, сер. А, т. III, вып. 1—2 (перепеч. в сб.: Астауров Б. Л. Наследственность и развитие. Избр. труды. М., 1974).

² Тимофеев-Ресовский Н. В. — «Журн. эксп. биол.», 1925, сер. А, вып. 3—4.

нения и термины (пенетрантность и экспрессивность) и показал зависимость этих свойств от генотипической и внешней среды. Но Б. Л. Астауров открыл совершенно новый факт — отсутствие связи в проявлении и выражении мутации *tetraptera* на разных сторонах тела одной и той же особи. В максимально возможных постоянных условиях внешней среды и однородности генотипа, в которых, казалось бы, фенотипическая реализация признака должна быть наиболее стойкой и определенной, корреляция между проявлением признака на правой и левой сторонах тела оказалась равной нулю или близкой к нему. Этот факт противоречил обычным представлениям о развитии целостного организма с глубокой корреляцией отдельных его частей, а также большому количеству биологических наблюдений о сходстве правой и левой сторон тела, в том числе и по таким сложным признакам, как окраска крыльев бабочек или птиц. Уже в одной из старых биометрических работ школы К. Пирсона были отмечены высокие коэффициенты корреляции между признаками правой и левой сторон тела, близкие к +1,0 при анализе случайных выборок из популяций человека³. Таким образом, случай с проявлением гена *tetraptera* казался каким-то исключением из правила.

Б. Л. Астауров решил проверить, наблюдается ли это явление в иных случаях. Он снова проанализировал ряд фактов из области феногенетики дрозофилы на мутациях, затрагивающих жилкование крыльев, и на развитии нормальных видов признаков⁴. Оказалось, что в отдельных сильно отселектированных линиях дрозофилы коэффициенты корреляции между показателями признаков на правой и левой сторонах тела, например, числа стерноплевральных щетинок или проявления отдельных щетинок на голове или груди, были очень незначительными и даже близкими к нулю. При изучении же материала, составленного из разных линий, коэффициент корреляции был очень высоким (+0,83), как и в упоминавшейся работе школы Пирсона. Далее Б. Л. Астауров показал самостоятельную изменчивость многократно повторяющихся структур на двух видах морских многощетинковых червей и одном виде подмосковных многоножек. Он проана-

лизировал литературные данные по однояйцевым близнецам человека и броненосца-армадилла и, наконец, по феногенетике пегостей и уродств, затрагивающих различные признаки млекопитающих.

В конечном счете Б. Л. Астауров пришел к важному выводу, меняющему обычные представления о категориях изменчивости — ненаследственной (модификационной) и наследственной (генотипической). По его мнению, ненаследственная изменчивость складывается из двух принципиально различных категорий: первой — **собственно модификационной**, представляющей собой результат многообразных ответов организмов на различные условия внешней среды, и второй — **случайной изменчивости, возникающей в силу вариации внутренних условий онтогенеза (или феногенеза)**. Эта последняя изменчивость признаков всегда должна существовать. В результате ее и возникает неустойчивость фенотипической реализации генотипа, выражающаяся в неполном проявлении генов, отсутствии при определенных условиях корреляции между признаками правой и левой сторон тела или признаков гомологичных органов и многих других. Если ранее казалось очевидным, что конечный результат развития особи всегда жестко детерминирован первоначальным генотипом организма и влиянием на него в процессе развития внешней среды, то при учете второй категории ненаследственной изменчивости — случайной вариации, вызываемой внутренними условиями развивающейся живой системы, конечные результаты развития могут оказаться неодинаковыми, несмотря на один и тот же генотип и одинаковые условия развития.

В статье, опубликованной в 1971 г.⁵, Б. Л. Астауров писал: «В силу существования объективной случайности, вторгающейся в процессы осуществления сложнейшей программы индивидуального развития, создается некоторый спектр случайной изменчивости признака, изменчивости, не сводимой ни к изменениям наследственной основы, ни к колебаниям условий среды». И далее: «...таким образом, строго говоря, любой сформировавшийся признак есть результат трех

³ Пирсон К. Грамматика науки. СПб, 1911, гл. X.

⁴ См. сб.: Астауров Б. Л. Наследственность и развитие.

⁵ Астауров Б. Л. *Homo sapiens et humanus* — Человек с большой буквы и эволюционная генетика человечности (по поводу статьи В. П. Эфроимсона об эволюционно-генетических основах этики). — «Новый мир», 1971, № 10.

Борис Львович Астауров. 14[27].
X.1904—21.VI.1974.



групп факторов — наследственности, среды и случайностей формообразовательного процесса. Это своего рода шум, вносящий некоторую неопределенность в передачу наследственной информации».

Новые идеи Б. Л. Астаурова, высказанные им еще в начале 30-х годов, тогда остались незамеченными. Однако генетики вновь пришли к ним, но уже на другой основе. От общей формулы, что фенотип есть результат совокупного действия наследственности и среды, перешли к более точному определению изменчивости, расчленению ее на отдельные составляющие: генетическую, в свою очередь подразделяемую на аддитивную, доминантную и эпистатическую компоненты, и средовую и соотношения между ними, выражающегося в виде коэффициента наследуемости. Установить удельный вес

отдельных компонентов изменчивости можно было только по мере разработки математических методов анализа изменчивости. Если оставить пока в стороне вопрос о структуре генетической доли изменчивости и ее соотношения со средовой, то в отношении изменчивости, обычно понимаемой как средовая, последующий ее анализ пошел по пути, предвиденному Б. Л. Астауровым много лет назад. Так, Д. Фальконер⁶ предложил разделять средовую дисперсию σ_E^2 (дисперсия — определенная математическая величина, характеризующая изменчивость) на общую σ_{Eg}^2 , которая измеряет изменчивость между

⁶ Falconer D. S. Introduction to Quantitative Genetics. L., 1960.

особями, и частную $\sigma_{E_s}^2$ выражающую вариацию внутри особей. Если первая вариация находится полностью под влиянием контролируемых факторов внешней среды, то вторая отражает влияние неконтролируемых условий среды. Однако такое разделение средовой вариации можно сделать далеко не по всем признакам. В этом отношении оказалось выгодным изучение тех же метамерных (т. е. повторяющихся по длине тела) признаков, как это делал Б. Л. Астауров.

Мы совместно с А. И. Добининой исследовали соотношение отдельных компонент изменчивости на метамерных признаках — количестве щетинок на брюшных сегментах дрозофилы⁷. С помощью определенных математических методов удалось не только разложить средовую изменчивость (измеряемую дисперсией) на две компоненты — характеризующую чисто модификационную изменчивость и вызываемую вариациями в процессе онтогенеза, но оценить их роль количественно. Оказалось, что если первую компоненту можно значительно уменьшить и даже сделать близкой к нулю, то вторая всегда присутствовала и во всех случаях составляла не менее 50% общей средовой дисперсии. Таким образом, общий вывод Б. Л. Астаурова оказался совершенно верным. Само собою разумеется, конечно, что он относится прежде всего к признакам, обладающим автономностью развития в отдельных частях тела. На признаках же, развитие которых находится под контролем общеорганизменных факторов, например гормональных, случайная вариация в процессе развития будет менее заметной и трудно уловимой, хотя она по-прежнему будет существовать.

После 1930 г. Б. Л. Астауров перестал заниматься вопросами изменчивости и перешел к экспериментальной разработке на тутовом шелкопряде проблем партеногенеза, гиногенеза и методов получения желательного пола. Но в 1971 г. он вновь вернулся к вопросам изменчивости, правда в чисто теоретическом плане, и высказал ряд мыслей о природе изменчивости.

В основе современных знаний о на-

следственности и развитии любых живых существ, в том числе человека, лежит элементарно простое положение, что все свойства каждой особи в своем конкретном, неповторимом, только ему присущем проявлении создаются при участии наследственности и среды. Этот непреложный, фундаментальный закон, который не всегда достаточно глубоко осознается, ведет к множеству важных следствий. Впрочем, в определении конечных признаков организмов наследственностью и средой нет абсолютного детерминизма. Однако этот третий фактор — случайность в процессе онтогенеза — при всем его принципиальном значении для сферы биологических явлений практически не отражается, как указал Б. Л. Астауров, на решении главной задачи о становлении признаков человека. Закон формообразовательного взаимодействия наследственности и среды касается любых признаков и свойств — морфологических, физиологических, особенностей высшей нервной деятельности и поведения, в частности психики животных. Этому закону подвластно, как пишет Б. Л. Астауров, становление и таких интегративных характеристик, как инстинкты, темперамент, возбудимость, ум и память, склонность к определенному виду деятельности, способности и таланты, общие черты характера и особенности эмоциональных реакций. Нельзя противопоставлять, так сказать, «душевные» признаки «телесным», ибо форма и функция находятся в неразрывной связи. Все «духовные» проявления психики зиждятся на структурных особенностях нервных клеток, анатомии и архитектонике мозга, гормональной деятельности желез внутренней секреции, т. е. в значительной степени покоятся на совокупности тех морфологических признаков конституции человека, относительно которых никто и никогда не усомнится, что они определены наследственностью и средой. Б. Л. Астауров сделал особый акцент на том, что факторы становления организации — наследственность и среда — представляет собой подлинное единство противоположностей. Не «наследственность или среда», а «и наследственность, и среда», не «природа или воспитание», а «и природа, и воспитание». Б. Л. Астауров отметил, что хотя эти положения проверены и доказаны всей практикой биологии бесчисленное число раз, но вокруг уже разрешенного вопроса вновь и вновь разгораются бои. Сторонники обеих позиций доводят свои взгляды до абсурда, неправильно абсолютизируют их, взаимно

⁷ Добина А. И., Рокицкий П. Ф. — В сб.: Проблемы экспериментальной генетики. Минск, 1971; Рокицкий П. Ф. — В сб.: Теоретические и экспериментальные исследования по математической генетике. Минск, 1973.

обвиняя своих противников во всех смертных грехах.

В настоящее время вполне правомерен вопрос, на который может ответить точное научное исследование: каков удельный вес наследственности и среды, участвующих в формировании каждого конкретного свойства. Б. Л. Астауров не упоминает о математических методах, применяемых для этой цели, но очевидно, что именно их он имеет в виду. По роли наследственности и среды различные признаки можно сгруппировать в ряд, на одном конце которого находятся такие, в развитии которых превалирует значение наследственности, а на другом — роль внешних условий. Б. Л. Астауров разобрал ряд случаев большей или меньшей доли наследственности в общей вариации признаков и в то же время указал, как сложна и трудна бывает эта оценка. Даже в тех случаях, когда казалось бы, очевидна роль средовых факторов, например при нарушениях, вызванных недостатками в питании, оказывается, что небезразлична и роль наследственности.

При разборе этого вопроса Б. Л. Астауров оставляет в стороне характер наследования отдельных признаков, но предостерегает от упрощенных подходов. Часто забывают, что в подавляющем большинстве случаев свойства психофизиологической организации покоятся на сложнейшей наследственной основе из многих генов и что эта основа — продукт миллионов лет эволюционного процесса. Понятие «среда» также надо понимать в широком, всеобъемлющем значении. Когда речь идет о человеке, то приобретают первенствующее значение не столько абиотические условия (с ними обычно имеет дело биолог, изучающий факторы развития животных), сколько среда социальная, сущность влияния которой также очень многообразна. Б. Л. Астауров упомянул также о так называемом социальном наследовании и указал, что было бы правильнее не употреблять этот чисто биологический термин, а говорить, вслед за С. Н. Давиденковым, о **социальной приемственности**.

Свою статью (*Homo sapiens et humanus* — Человек с большой буквы и эволюционная генетика человечности), начатую с анализа вопросов изменчивости, Б. Л. Астауров закончил оптимистической мыслью, что «в этой социальной фазе эволюции человека сохранится и приумножится тенденция прогрессивного нарастания разумности и гуманности, даль-

нейшего накопления генетических и средовых предпосылок для формирования Человека с большой буквы, не только мудрого, но и гуманного.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Под редакцией Б. Л. Астаурова вышел в 1970 г. переведенный с английского сборник «На пути к теоретической биологии»⁸. В предисловии к нему он писал, что в прошлом был создан ряд «частных теорий» (эволюции, клеточная, теория наследственности), важных для построения теоретической биологии. Но они рассматривали различные стороны явлений или уровней жизни, но не раскрывали «главной первоосновы, определяющей специфику органического мира, сравнительно с неорганическим, если только такая первичная основа основ существует». Были также попытки более глубоко осмыслить и теоретически осветить самые сокровенные глубины жизни, ее сущность (Бауэр, Бергаланфи, Шредингер). Однако Б. Л. Астауров считает, что при всей значительности этих попыток фундаментальная и всеобъемлющая теория жизни в настоящее время, по существу, отсутствует, если только не удовлетворяться взамен подлинной теории распространенными сейчас чисто описательными определениями того, что мы называем жизнью (обмен веществ, способность к воспроизведению и другие критерии живого). Однако сейчас мы являемся свидетелями перехода на новый уровень глубины познания жизни, участниками вторжения в новую область — область молекулярного микромира. Поэтому и вопрос о построении теоретической биологии переводится в существенно иную плоскость. В выражение «теоретическая биология» начинают вкладывать примерно тот же смысл, какой вкладывают в понятие теоретической физики, а именно: задачей теоретической биологии является познание самых фундаментальных и общих, но в то же время специфических свойств и законов, присущих той качественно особой форме движения материи, которую мы именуем жизнью.

В 1972 г. в специальной статье о теоретической биологии⁹ Б. Л. Астауров вы-

⁸ Астауров Б. Л. На пути к теоретической биологии. Прологомены. Под ред. и с предисл. Б. А. Астаурова. М., 1970.

⁹ Теоретическая биология и некоторые ее очередные задачи. — «Вопросы философии», 1972, № 2.

сказал ряд мыслей с позиций не теоретика, а экспериментатора. Очевидно, что сейчас, в связи с усилившимися темпами развития биологии, а также переходом ее на молекулярный уровень, увеличилась потребность в теории биологических явлений. Но жизнь бесконечно разнообразна. Отсюда множественность, разнокалиберность и разнонаправленность биологических теорий.

Как же происходит переход от фактического изучения объективно существующей реальности к выявлению закономерностей? Если обнаруженные закономерности не знают исключений, говорят о биологических законах, а объяснение этих закономерностей или законов возводят в ранг более или менее общей теории. Учитывая сложность явлений жизни, Б. Л. Астауров счел необходимым выделить десять наиболее существенных и крупных блоков, из которых складывается здание общей биологии, начиная с химического состава субстрата жизни и кончая поведением живых существ, рефлексов, сознания и разума. Несмотря на произвольность и несовершенство деления общей биологии на указанные автором подразделения, оно дает возможность различать в каждой из них фактическую и теоретическую части. Конечно, арифметическая сумма частных теорий еще не составляет теоретической биологии, но последняя обязательно нуждается в частных теориях, так как она не есть нечто отдельное от общей биологии, а должна составлять неотъемлемую часть общей биологии. Построение общей теории биологии должно состоять главным образом в познании и вскрытии реальных связей между, казалось бы, несвязанными сторонами жизни, для того чтобы понять ее как единое целое, систему высшего порядка. Примером построения общей теории биологии из первоначально раздельных крупных блоков может быть синтез данных теории наследственности и теории эволюции на основе реального познания микроэволюционных процессов, включающих и теории гена, и мутационную теорию, хромосомную теорию наследственности и менделизм и, наконец, теорию естественного отбора. С переходом же на молекулярный уровень возникли предположки и для синтеза с теорией происхождения жизни. Второй пример создания очень важных звеньев теории биологии Б. Л. Астауров видит на стыке областей наследственности и индивидуального развития с широким привлечением молекулярной биологии и цитологии. Однако

проблемы биологии развития целесообразно рассмотреть отдельно, так как автор разбирает их более детально как во второй части статьи в «Вопросах философии», так и в других статьях.

Б. Л. Астауров обращает особое внимание, что на общие методологические подходы теоретической биологии должны оказывать влияние гносеологические принципы философии диалектического материализма и дальше развивает эту тему на примере биологии развития.

БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ

Биология развития как синтетическая область в том широком понимании, которое сейчас в нее вкладывается, родилась только в середине нашего столетия. До этого существовали различные виды эмбриологий (описательная, сравнительная и экспериментальная), а также ряд других областей биологии, имевшие отношение к вопросам индивидуального развития, но никак с эмбриологией не связанные. Б. Л. Астауров ссылается на известную статью Н. К. Кольцова¹⁰, в которой Н. К. Кольцов писал, что расцвет новых и при этом экспериментальных областей биологии — генетики, биохимии, физиологии развития и цитологии должен был дать мощный толчок развитию синтетической биологии развития. Но этого не случилось.

Особенно тягостный разрыв существовал между областями изучения индивидуального развития и наследственности, хотя наследственность и реализуется через индивидуальное развитие. Причина заключалась в незрелости самих наук, в реальном отсутствии звеньев в причинной цепи ген — признак. Они появились много позже, когда родилась молекулярная биология. Исследования наследственности и развития переплелись, как писал Б. Л. Астауров, «в том глубинном пункте, где от генеративной линии ауторепродукции матричных молекул ДНК в процессе транскрипции и трансляции генетического кода отвечает линия осуществления генетической информации, ведущая к синтезу специфических белков — первому и, вероятно, решающему шагу от гена к признаку».

Б. Л. Астауров отмечает две особенности современной биологии развития. Не-

¹⁰ Кольцов Н. К. Роль гена в физиологии развития. — «Биол. журн.», 1935, т. 4, № 5.

смотря на обилие фактов, нет удовлетворительной теории, не только общей для всего индивидуального развития, но зачастую и для сравнительно частных явлений. Подходы к ней лежат, наряду с молекулярными основами развития, также в области теории регуляции и управления живыми системами. И второе — немислимо представить себе решение любой ключевой проблемы биологии развития без молекулярной биологии. Б. Л. Астауров перечисляет девять таких проблем биологии, требующих молекулярного подхода. Поэтому неудивительно, что в области биологии развития устремились интересы многих исследователей¹¹.

В конкретных исследованиях по биологии развития очень рельефно проявляется методология диалектического материализма, ибо эта область биологии стремится познать сущность процесса развития, а саморазвитие, самодвижение есть сама душа диалектики.

Далее автор статьи останавливается на ряде особенностей диалектической методологии, таких, как обязательность исторического подхода, комплексный, синтетический подход, единство противоположностей в процессе индивидуального развития. Нельзя познать онтогенез, не познав истории его формирования, его генезиса. Значение исторического подхода важно и для понимания¹ системы организм — среда. В процессе развития надо анализировать две прямо противоположные тенденции: с одной стороны, прогрессирующее усложнение организации, дифференцировку и специализацию частей, а с другой — сохранение единства и целостности организации. Если изучение явлений дифференцировки предполагает обычный аналитический эксперимент, то познание целостности требует синтетических подходов.

В других Б. Л. Астауров¹² уделяет большое место специальным вопросам биологии развития: значению фенотипических исследований и представлений, роли молекулярной структуры хро-

мосом и других составных частей клетки, ядерно-цитоплазматическим отношениям (здесь значительное место занимают работы самого Б. Л. Астаурова и его учеников), синтезу ДНК, взаимоотношениям ДНК, РНК и белков, а также современному состоянию и истории исследований по биологии развития в СССР. В последние годы своей жизни Б. Л. Астауров сделал многое для восстановления в памяти биологов поучительной истории биологии и генетики в СССР и подчеркивания приоритета советской науки и советских ученых в разработке ряда важнейших биологических проблем, в том числе биологии развития.

В одной из статей Б. Л. Астауров упомянул, что среди современных биологов происходит дифференциация на две категории: экспериментаторов и теоретиков, и сам он причислял себя к экспериментаторам. Но из написанного выше видно, что Б. Л. Астауров, был не только замечательным экспериментатором, но и глубоким теоретиком. В нем счастливо сочетались обе стороны научного творчества. Проводя эксперименты по партеногенезу и гиногенезу, Б. Л. Астауров всегда видел и те теоретические последствия, которые из них вытекают, и старался дойти до глубины вещей. За пределами нашего краткого очерка остались еще многие из его теоретических исканий, такие, например, как вопрос о путях эволюционного создания полиплоидных форм животных, о различной чувствительности ядра и цитоплазмы к влиянию ионизирующих излучений и значении этого факта для понимания природы лучевой болезни, о значении опытов по мерогонии и андрогенезу для теории наследственности, о теории стимулирующего действия температурных воздействий и ряд других. Все они заслуживают специального освещения на страницах наших журналов.

¹¹ См., например: Боннер Дж. Молекулярные основы развития. М., 1967; Уотсон Дж. Молекулярная биология гена. М., 1967.

¹² Астауров Б. Л. Проблемы индивидуального развития. — Журн. общей биологии, 1967, т. 29, № 2; Генетика и проблемы индивидуального развития. — Онтогенез, 1972, т. 3, № 6.

Гены и признаки

Л. И. Корочкин



Леонид Иванович Корочкин, профессор, доктор медицинских наук, заведует лабораторией генетических основ индивидуального развития Института цитологии и генетики СО АН СССР, и кафедрой физиологии и физиологической генетики Новосибирского государственного университета. Занимается проблемами генетики развития и генетики изоферментов. Автор книг: Дифференцировка и старение вегетативного нейрона. М.— Л., 1965; Взаимодействие генов в развитии. М., 1977. В «Природе» опубликовал статью «Гены и дифференцировка» (1970, № 3).

Индивидуальное развитие организмов — онтогенез заключается в последовательном появлении все новых и новых признаков в результате функционирования соответствующих генов. Существует специальная отрасль генетики — фенотипика (или генетика развития), которая изучает закономерности реализации наследственной информации в развитии, иными словами — путь от гена к признаку.

Уже в 1930-е годы учениками нашего выдающегося биолога С. С. Четверикова — Б. Л. Астауровым, Н. В. Тимофеевым-Ресовским, П. Ф. Рокицким, Н. К. Беляевым были сформулированы два общих принципа действия гена на признак: с одной стороны, «... каждый ген влияет на все признаки организма, хотя его влияние на некоторые из них может быть исчезающе мало, и с другой — любой признак зависит от всех генов всего генотипа в целом, хотя бы зависимость от некоторых генов и была незаметна»¹.

У такого хорошо генетически изученного объекта, как знаменитая плодовая мушка дрозофила, обнаружен ген *Notch* (N). Он локализован в половой хромосоме

и у гетерозиготных самок N/+ обуславливает развитие вырезки на краях крыльев, утолщение жилок на крыльях и неправильное распределение волосков на груди мухи. Гомозиготные самки N/N и самцы, несущие мутантный ген N, погибают. Оказалось, что на фенотипическое выражение гена *Notch* влияют и другие гены. Примером таких генов-модификаторов служит ген *short-Notch*, который не проявляется без гена *Notch*, а только усиливает его выражение.

Еще один ген-модификатор *slight-Notch*, локализованный в 3-й хромосоме, ослабляет действие гена *Notch*.

Способность гена проявиться в фенотипе зависит и от внешних условий — температуры, влажности, обилия корма. Генетики школы Т. Моргана показали, что выражение гена *Abnormal Abdomen* (ненормальное брюшко) у той же *Drosophila melanogaster*, сильное при обильном корме, ослабляется в случае скудного питания.

Значит, развитие каждого признака представляет собой цепь последовательных генных взаимодействий, проявляющихся в определенных условиях среды. Это заключение было сделано на основании анализа формирования морфологических признаков в онтогенезе. В те годы еще не были известны природа и механизмы действия генов, а молекулярные события, со-

Рисунки автора.

¹ Астауров Б. Л. Проблемы индивидуального развития. — «Журн. общ. биол.», 1968, т. 29, № 2.

ставляющие путь от гена к признаку, оставались не исследованными.

Б. Л. Астауров писал в связи с этим, что давно знакомые, но еще нерешенные или недорешенные проблемы индивидуального развития теперь можно решать на ином уровне, и для их решения создались большие научные предпосылки.

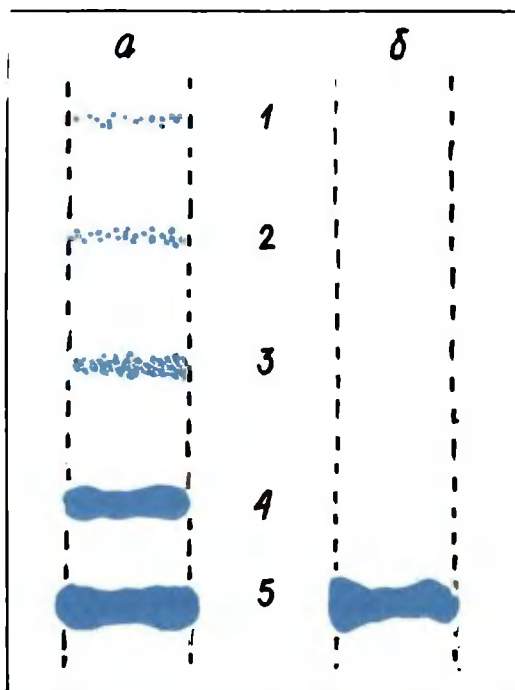
«Понять, «как работает ген», как контролирует генотип процессы биосинтеза, клеточную физиологию, метаболизм, дифференцировку, морфогенез и весь сложный целостный онтогенез.

И, наоборот, как работает «обратная связь», как продукты биосинтеза, особенности цитоплазматической дифференцировки и всей целостной развивающейся системы дирижируют инструментами генного оркестра.

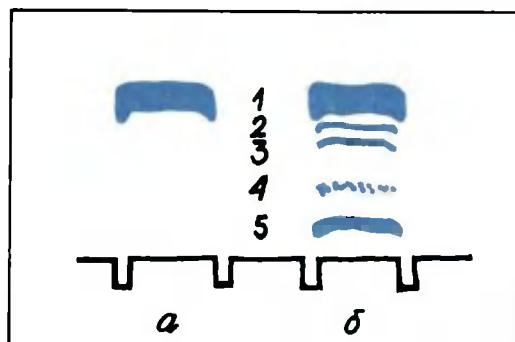
Или, лучше сказать, как на основе динамического взаимодействия ядра и цитоплазмы кибернетическая система регуляторных связей онтогенеза осуществляет наследственную программу развития».

И действительно, успехи молекулярной биологии пролили свет на многие загадки хранения и реализации наследственной информации: расшифрован генетический код, до мельчайших деталей разработана схема биосинтеза белка.

Сейчас мы знаем, что конкретный ген — это участок ДНК, кодирующий активную макромолекулу, чаще всего структурный белок или фракцию фермента (изофермент)², и молекулярная феноменология дифференцировки клеток сводится к образованию в определенные периоды развития специфических продуктов — белков, изоферментов. Их появление свидетельствует об активации соответствующих, кодирующих их, генов. При этом каждый орган, ткань и даже клеточный тип характеризуется своим строго определенным набором белков и изоферментов. Так, разделив клетки печени крысы с помощью центрифугирования в сахарозном градиенте на паренхимные (составляющие основную массу органа) и ретикуло-эндотелиальные (вспомогательные), можно легко убедиться, что их биохимическая характеристика различна. В частности, в клетках паренхимы присутствует только один медленный изофермент лактатдегидрогеназы³, в то время как в ре-



Сравнение спектра изоферментов лактатдегидрогеназы в ретикуло-эндотелиальных [а] и паренхимных [б] клетках печени крысы. Видно, что в клетках паренхимы присутствует только медленная фракция фермента [пятая], в то время как в ретикуло-эндотелии присутствуют в достаточном количестве 3, 4 и 5-й изоферменты и в следовых количествах 1 и 2-й.



Изоферменты ЛДГ ранних зародышей мыши. Применение водной экстракции белков позволяет увидеть только быстрый изофермент ЛДГ [а]. В случае экстракции с детергентом [б] удается обнаружить все пять фракций фермента.

² Корочкин Л. И. Гены и дифференцировка. — «Природа», 1970, № 3.

³ Уилкинсон Дж. Изоферменты. М., 1968.

тикуло-эндотелиальных клетках удается обнаружить пять фракций этого фермента, различающихся по подвижности в ходе электрофоретического разделения. На этом примере видно, что специфика любого морфологического образования основывается на специфичности, уникальности набора составляющих его элементарных химических компонентов.

В связи с этим встает вопрос, чем обусловлено участие многих генов в формировании одного морфологического признака — его многокомпонентностью, наличием на пути его развития многих элементарных биохимических актов, каждый из которых связан с появлением одного белка и, соответственно, активацией одного гена? Или осуществление каждого такого элементарного акта, появление каждого нового белка также требует взаимодействия многих генов?

До недавнего времени считали, что появление в развивающемся организме многих типов клеток, дифференцирующихся в разных направлениях, определяется дифференциальной активностью генов, кодирующих синтез белков, специфичных для каждого клеточного типа. Если, например, в клетках эритроидного ряда синтезируется молекула глобина, а в клетках нервной ткани образуются нейроспецифические S-100 и 14—3—2 белки, то согласно классической схеме это означает, что в первом случае активен «глобиновый» ген, а во втором — гены, кодирующие нейроспецифические белки. В клетках других органов эти белки отсутствуют, потому что соответствующие гены там не функционируют⁴.

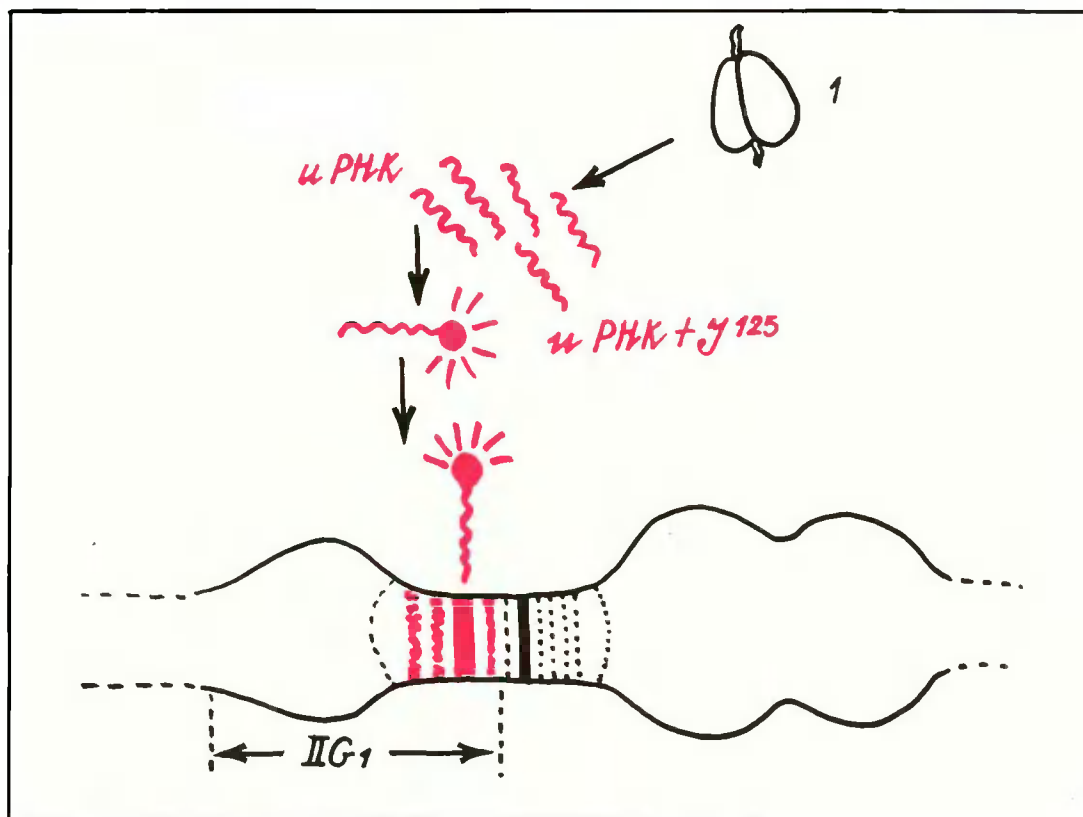
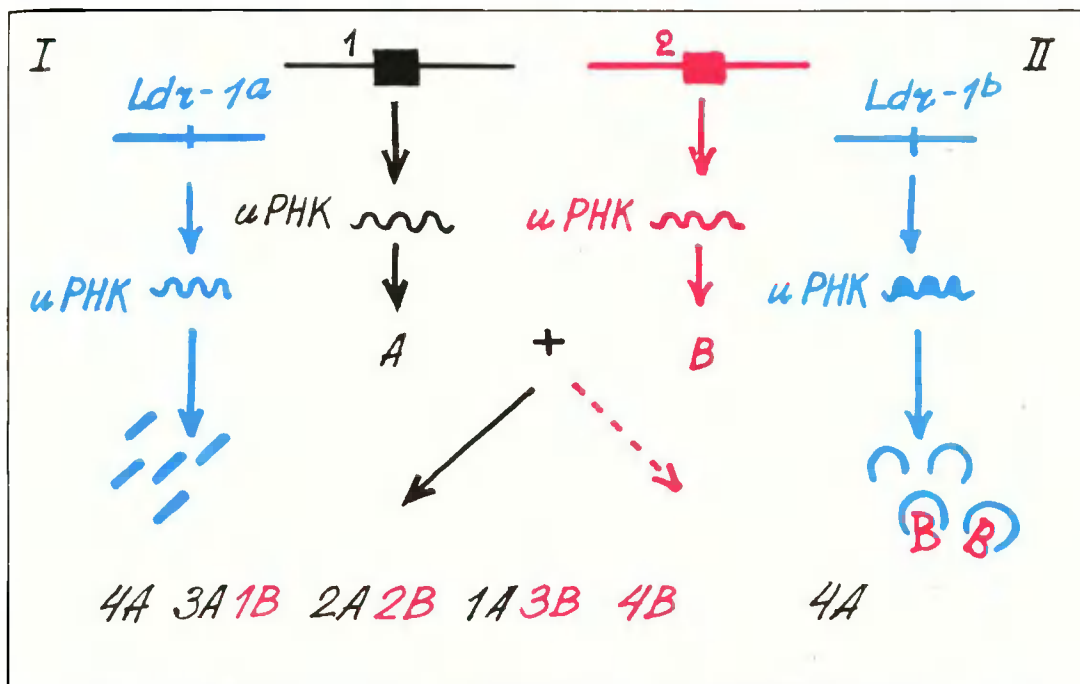
Однако в последнее время появились новые факты, говорящие, что дело обстоит не так-то просто. Так, в своей сенсационной работе Е. Хамфри и др.⁵ сообщили, что у мыши глобиновая РНК синтезируется практически во всех типах клеток. Если эти данные подтвердятся, значит глобиновый ген активен во всех клетках организма, а глобин образуется только в одном типе клеток — эритроидных. Следовательно, для синтеза глобина недостаточна активация только одного кодирующего его (структурного) гена. Необходимо

Схема, демонстрирующая формирование спектра изоферментов ЛДГ и роль гена *Ldr* в этом процессе. I — ген *Ldr* контролирует синтез белка, неспособного связывать субъединицы фермента; II — ген *Ldr* контролирует синтез белка, реагирующего с субъединицей В; 1 — структурный ген, кодирующий субъединицу А; 2 — структурный ген, кодирующий субъединицу В.

Схема метода прямого картирования гена, кодирующего органоспецифическую эстеразу самовоспроизводящей луковичи дрозифилы. Из семени луковичи [1] выделяется поли-А-содержащая мРНК. Эта РНК метится радиоактивным йодом и гибридизуется с ДНК полигенных хромосом слюнных желез *D. virilis*. Сплошным красным цветом на хромосоме показан диск, в котором предположительно локализован ген, кодирующий органоспецифическую эстеразу. Красными точками обозначены смежные диски, с которыми та же гибридизуется меченая РНК. В них, возможно, локализованы гены, кодирующие три остальные изофермента эстеразы. IIG₁ — обозначение участка хромосомы на цитологической карте.

⁴ Маркерт К., Уршпрунг Г. Генетика развития. М., 1973.

⁵ Humphries S., Windass J., Williamson R. — «Cell», 1976, v. 7.



включение еще каких-то генов, контролирующих последующие этапы на пути от гена к белку.

Существование таких генов было показано в ряде опытов по изучению органоспецифических особенностей изоферментов лактатдегидрогеназы (ЛДГ) у различных млекопитающих. Известны линии мышей, у которых в эритроцитах определяется лишь медленный изофермент ЛДГ. Этим они отличаются от других линий мышей, характеризующихся наличием всех пяти фракций ЛДГ в клетках эритроидного ряда. Спектры изоферментов ЛДГ в других органах у мышей разных линий похожи. Оказалось, что наблюдаемые в клетках эритроидного ряда различия контролируются одним геном, которые обозначили *Ldr* — ген-регулятор лактатдегидрогеназы. Сначала предполагали, что ген обладает способностью включать или выключать структурный ген, кодирующий образование быстрого изофермента ЛДГ. В последующем выяснилось, что механизм его действия иной. Известно, что для образования активной молекулы ЛДГ необходимо соединение в тетрамер (гомополимер или гетерополимер) двух полипептидов А и В, каждый из которых кодируется отдельным геном.

Оказывается, в эритроцитах, содержащих только «медленную» ЛДГ, состоящую из четырех молекул одного полипептида (4А), второй полипептид (В) тоже присутствует, но с ним соединяется другой белок, который препятствует его ассоциации в гомотетрамерную молекулу и его соединению с полипептидом А для образования гетеротетрамерных изоферментов. Следовательно, ген *Ldr* взаимодействует со структурными генами ЛДГ не на транскрипционном уровне, а на уровне посттрансляционных событий, когда уже прошла трансляция — синтез специфических полипептидов А и В. Этот ген, по видимому, активен только в эритроцитах и контролирует синтез белка, который у одних линий мышей не способен соединяться с полипептидом в ЛДГ, а у других — соединяется с ним и препятствует его участию в образовании фермента. Значит, в данном случае появление активной молекулы фермента зависит не только от активности структурного гена, но по крайней мере от активности еще одного гена, взаимодействующего со структурным на уровне конечных продуктов. И, следовательно, транскрипция какого-то локуса вовсе не гарантирует проявление в феноти-

пе контролируемого им продукта (белка, изофермента).

Более того, когда в результате такого взаимодействия генов в клетке образуется активная молекула фермента, она может находиться в разных состояниях — «свободном» или связанном с клеточными мембранами. Так, когда белки из преимплантационных зародышей мыши или крысы экстрагируют обычным способом (водная экстракция), то в экстракте находят только быстрый изофермент ЛДГ. Раньше предполагали, что только эта фракция фермента содержится в ранних эмбрионах, а медленный изофермент появляется сразу после имплантации зародыша. Однако, применив более жесткую экстракцию, т.е. используя детергент с тритоном X-100, «отрывающий» белки от мембран, наряду с быстрым изоферментом в нашей лаборатории удалось обнаружить медленную фракцию ЛДГ и в небольшом количестве гетеротетрамерные изоферменты. Особенности этого внутриклеточного распределения также контролируются специальными генами. Они могут лежать не только в основе межклеточных и межтканевых, но и межвидовых биохимических различий. Вместе с М. Б. Евгеньевым и Н. М. Матвеевой мы определили различия в активности одного из изоферментов карбоксилэстераз между *D. virilis* и *D. texana* — видов, принадлежащих к одной группе и скрещивающихся между собой. С помощью генетико-биохимических методов было установлено, что активность фермента зависит от его внутриклеточного распределения: у *D. virilis* он находится в цитоплазме в водорастворимой форме, а у *D. texana* в форме, связанной с мембранами. Это внутриклеточное распределение контролируется не структурным геном, расположенным во 2-й хромосоме, а генами-модификаторами, локализованными в 5-й хромосоме.

Мутация такого гена может привести к существенным морфологическим нарушениям в развитии зародыша. У аксолотлей, в частности, известна мутация *d*, которая в гомозиготном состоянии ведет к недоразвитию жабер, гиперпигментации и гибели развивающихся животных. А. Томкинс установил, что механизм действия этой мутации объясняется неспособностью одной из фракций эстераз прикрепляться к клеточной мембране.

Наконец, если принять в расчет еще один параметр фенотипического проявления фермента (или его фракции) — актив-

ность, то придется признать наличие по крайней мере еще двух систем генов-модификаторов, которые контролируют, во-первых, скорость синтеза и, во-вторых, скорость распада данного фермента. Такие гены найдены при изучении многих ферментов как животных, так и растений.

Чтобы проиллюстрировать всю сложность взаимодействий, определяющих активность фермента, приведу в качестве примера генную систему, контролирующую конечную реализацию активности глюкуронидазы в почках мышей⁶. Эта активность зависит от следующих генов:

структурный ген (Gus), кодоминантный, локализованный на конце 5-й хромосомы и определяющий структуру и каталитические свойства фермента;

процессинг-гены, определяющие функции метаболического аппарата, ответственного за посттрансляционные изменения фермента (структурные модификации, присоединение к соответствующим клеточным структурам, деградация фермента). Выявлен белковый фактор эгозин, кодируемый структурным геном Eg, локализованным в 8-й хромосоме. Этот фактор необходим для присоединения фермента к мембранам эндоплазматического ретикула и лизосом;

регуляторные гены (Gur), которые определяют скорость синтеза глюкуронидазы в ответ на физиологические взаимодействия гормонов;

временные гены (Gut) определяют программу экспрессии структурного гена в процессе роста и развития организма;

ген *bg*, локализованный в 13-й хромосоме и влияющий на секрецию глюкуронидазы через каналы почек;

ген *Tfm* (X-хромосома), отвечающий за синтез белкового рецептора, опознающего гормон андростерон, который изменяет активность структурного гена.

Итак, путь от гена к кодируемому им элементарному химическому признаку достаточно сложен. Этот признак (белок, фермент) реализуется в фенотипе в результате взаимодействия многих генов и

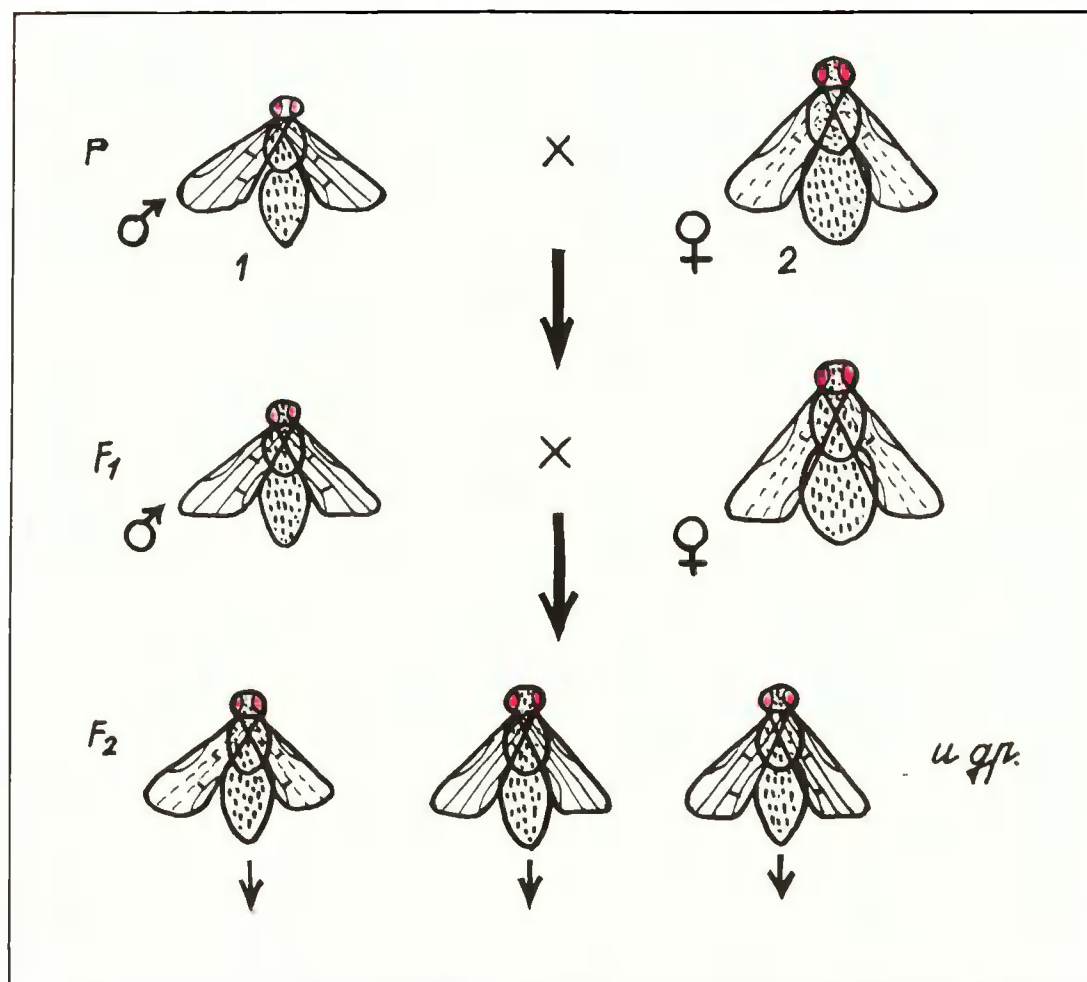
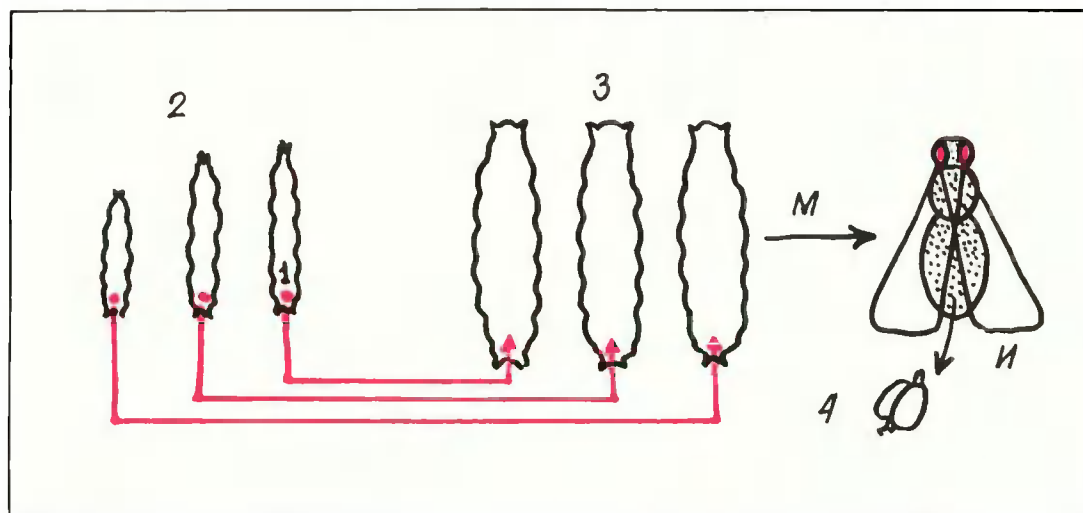
на многих уровнях (начиная от транскрипционного и кончая уровнем конечных продуктов). Отсюда можно сделать заключение, что взаимодействие генов необходимо при формировании морфологического признака не только потому, что этот признак многокомпонентен и развивается на основе нескольких элементарных биохимических актов, но и потому, что каждый этот элементарный акт, заключающийся в появлении определенного белка и в определенном количестве (в нужный момент и в нужном месте), также зависит от многих генов, взаимодействующих на разных уровнях.

С другой стороны, если говорить о становлении морфологического признака, то оно проявляется как многоступенчатый процесс последовательных детерминаций и дифференцировок. Встает вопрос, обусловлена ли эта многоступенчатость в развитии признака последовательной активацией все новых и новых генов и последовательным появлением новых белковых молекул, или синтез каждого белка тоже требует последовательного включения целой системы генов?

Рассмотрим этот случай на примере модели, хорошо изученной в лаборатории генетических основ онтогенеза Института цитологии и генетики СО АН СССР. Имеется в виду синтез органоспецифического изофермента эстеразы у *D. virilis*. Этот изофермент обнаружен только у самцов и содержится лишь в семевыносящих луковицах. Он играет важную функциональную роль: попадая при копуляции в половые пути самки, он разрушает там жировые вещества и способствует оплодотворению. Его структурный ген локализован во 2-й хромосоме в положении 192.1 единицы карты и тесно сцеплен с тремя генами, кодирующими синтез других изоферментов эстераз. Совместно с М. Б. Евгеньевым, В. В. Кульгускиным (Институт молекулярной биологии АН СССР) и с Г. И. Карасик и Л. Ф. Максимовским нами была предпринята попытка прямого картирования эстеразных генов на цитологической карте дрозофилы. Для этой цели из семевыносящих луковиц выделяли «эстеразную» РНК и метили ее радиоактивным иодом, затем гибридизовали с ДНК политемных хромосом слюнных желез⁷.

⁶ Paigen K., Swank R., Shiro T., Ganschow R.—*J. Cell Physiol.*, 1975, v. 85.

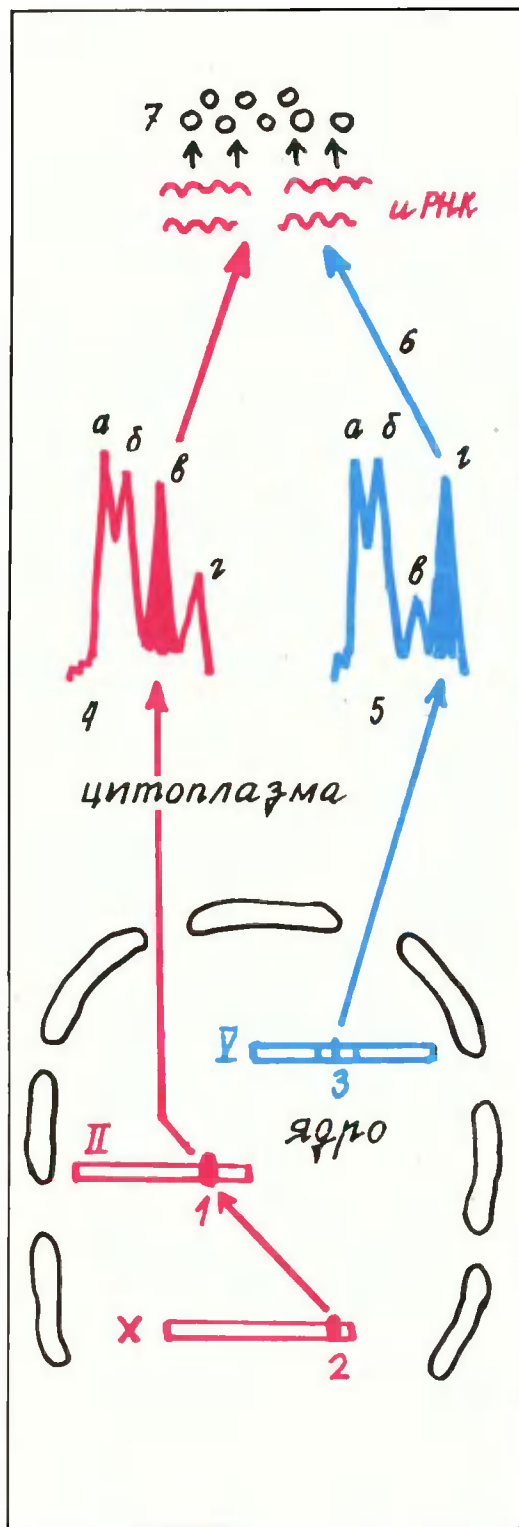
⁷ О принципе ДНК—РНК гибридизации см.: Спигелман С. Гибридные нуклеиновые кислоты.—В сб.: Молекулы и клетки. М., 1966, с. 49—63.



Определение времени детерминации клеток генитальных имажинальных дисков к синтезу органоспецифической эстеразы. Генитальные имажинальные диски [1], выделенные из личинок дрозофилы через разные промежуточные времена после второй линьки [2], трансплантировали в личинки третьего возраста перед онкуливанием [3]. В этот период развития устанавливается соотношение гормонов, преобразующее процесс детерминации в индуцирующее дифференцировку, поэтому в клетках формируются только те структуры, к образованию которых они уже успели детерминироваться. Развившиеся из трансплантатов самовыносящие луковички [4] мы исследовали электрофоретически, чтобы найти момент, когда клетки имажинальных дисков приобретают способность к синтезу органоспецифического изофермента эстеразы. М — метаморфоз, И — имаго [взрослая муха].

Чтобы выяснить роль различных хромосом в регуляции активности органоспецифического изофермента эстеразы, скрещивали мух [Р — родители], взятых из линий [1 и 2], которые различаются по активности этого изофермента или началу его синтеза. Кроме того, хромосомы одной из линий были мечены рецессивными морфологическими мутациями, каждая из которых проявляется только в том случае, если соответствующий ген находится в гомозиготном состоянии [2]. На рисунке схематически представлены некоторые из мутантных признаков: яркие глаза [4-я хромосома], прерванная продольная жилка на крыле [3-я хромосома], отсутствие поперечной жилки на крыле [2-я хромосома]. В первом поколении [F₁] все мухи нормальные, дикого типа, так как мутантные признаки рецессивны. Их снова скрещивают с мечеными особями. В результате этого во втором поколении [F₂] получают мух разного фенотипа. По внешнему виду этих мух мы можем определить, в каких сочетаниях получили они хромосомы от двух сравниваемых линий. Если, например, у особи отсутствует поперечная жилка на крыле, значит обе вторые хромосомы — от меченой линии. Если эта жилка присутствует, значит одна 2-я хромосома — от меченой линии, а другая — от немеченой. Зная хромосомный «состав» наших мух, мы с помощью электрофореза определяем в самовыносящих луковичках активность эстеразы.

Схема взаимодействия генов, приводящего к появлению органоспецифического фермента в самовыносящей луковичке дрозофилы. X — X-хромосома, II — 2-я хромосома, V — 5-я хромосома. 1 — структурный ген Est-5; 2 — ген, активирующий транскрипцию иРНК для синтеза органоспецифической эстеразы; 3 — ген, предположительно кодирующий один из видов транспортной РНК; 4 — электрофоретический профиль РНК, синтезированной в самовыносящей луковичке мухи сразу после вылета; 5 — электрофоретический профиль РНК, синтезированной в самовыносящей луковичке мухи на 3—7-й день после вылета; 6 — «разрешение» начать трансляцию; 7 — синтез органоспецифической эстеразы; а — 28S рибосомная РНК, б — 18S рибосомная РНК, в — эстеразная иРНК, г — транспортная РНК.



Оказалось, что радиоактивная метка обнаруживается только в дисках (в междисках ее нет) и мечеными оказываются четыре смежных диска во 2-й хромосоме, которые, согласно предварительным цитогенетическим данным, были заподозрены на предмет локализации эстеразных генов. Любопытно, что четырем генам, кодирующим эстеразы, соответствуют четыре меченых диска. По-видимому, каждый эстеразный ген занимает свой диск.

Итак, структурный ген органоспецифической эстеразы дрозофилы можно, так сказать, «пощупать». Судя по определенному нами генетически порядку размещения эстеразных генов, он, по-видимому, находится во втором справа (из четырех) диске. Каков же путь от этого гена к соответствующему признаку — органоспецифической эстеразе? Прежде всего, в какой момент онтогенеза ген приобретает способность начать транскрипцию специфической информационной РНК? Иначе говоря, когда клетки генитальных имгинальных дисков (личиночные образования, из которых формируются половые органы взрослой мухи) детерминируются к синтезу органоспецифической эстеразы? Б. А. Кузин в нашей лаборатории поставил интересный эксперимент, который дал ответ на этот вопрос. Он пересаживал генитальные диски от личинок после второй линьки в личинки третьего возраста перед окукливанием. Затем у взрослой мухи, развившейся из трансплантатов, выделяли семейноносущую луковицу и определяли активность эстеразы с помощью электрофореза. Оказалось, что детерминация к синтезу органоспецифической эстеразы наступает очень рано — у ранней личинки третьего возраста через 10—12 ч после второй линьки, т. е. задолго до синтеза фермента (он начинается лишь после вылета взрослых мух).

Для выявления генов, принимающих участие в реализации детерминированного состояния, т. е. в регуляции фенотипического проявления фермента, были найдены в диких популяциях или получены с помощью обработки мутагеном различные мутантные линии *D. virilis*. Обнаружено два типа межлинейных различий: различия в активности фермента (получены линии с высокой и низкой его активностью, межлинейные различия в активности могут быть десятикратными); различия по началу трансляции. Получены линии, у которых органоспецифический синтез начинается сразу после вылета и линии, у ко-

торых этот синтез начинается только на 5—7-й день после вылета.

Какие хромосомы контролируют эти различия? Чтобы ответить на этот вопрос, мы скрещивали полученные нами линии дрозофилы с маркерными линиями *D. virilis*, у которых разные хромосомы были помечены рецессивными мутациями. Полученные результаты свидетельствуют, что высокий или низкий уровень фермента определяется не структурным геном, а геном-модификатором, расположенным в проксимальном конце X-хромосомы. Этот ген дает сразу после вылета мухи сигнал к интенсивной транскрипции структурного гена, начинается активный синтез специфической информационной РНК (и РНК). Однако самое любопытное заключается в том, что, несмотря на присутствие достаточно большого количества этой специфической РНК, синтез эстеразы отсутствует. Он начинается позднее, на 3—7-й день после вылета (по-разному у разных линий) под влиянием небольшого сегмента A5-B2 5-й хромосомы. Каков механизм этого влияния? Оказалось, что в сегменте локализуется ген *Minute*, предположительно отвечающий за синтез транспортной РНК⁸. Оказалось, также, что синтезу специфической эстеразы предшествует резкая интенсификация синтеза транспортной РНК. Возможно потому, что ген (или гены) 5-й хромосомы, синтезируя некий специфический вид транспортной РНК, дает «разрешение» начать специфический синтез.

Таким образом, формирование элементарного биохимического признака (в данном случае это специфический белок — фермент) так же многоступенчато, как становление морфологического признака, и требует участия и взаимодействия по крайней мере нескольких генов.

Из изложенного материала хорошо видно, сколь сложен путь от гена к признаку, даже элементарному биохимическому. Даже такой элементарный биохимический признак, как специфический белок, зависит в своем становлении от взаимодействия достаточно большого количества различных генов, а не только от активации одного структурного гена.

Соприкасаясь с такой многоступен-

⁸ О роли различных фракций РНК в синтезе белка см.: Олфри В., Мирский А. Как клетки создают молекулы. — В сб.: Живая клетка. М., 1962.

частотой генных взаимодействий, сопровождающих клеточную дифференцировку, невольно задаешься вопросом, как структурно организована в геноме система генов, осуществляющих эти взаимодействия?

Во-первых, как топографически связаны структурные гены и регуляторные гены, модифицирующие их фенотипическое проявление? В лаборатории Човника (США) показано, что регуляторный ген *gūh*, контролирующий количество молекул ксантиндегидрогеназы (КДГ) *D. melanogaster*, тесно сцеплен со структурным геном КДГ, локализован в 3-й хромосоме. Однако другие гены-модификаторы, влияющие на активность КДГ, локализованы в других участках 3-й хромосомы (*lxd*) или даже в других хромосомах (*ma-I* — в X-хромосоме). Точно так же гены, контролирующие количество молекул органоспецифической эстеразы у *D. virilis*, как уже отмечалось, локализованы в X-хромосоме.

Следовательно, строгого соответствия во взаимном расположении структурных и регуляторных генов нет, и гены могут располагаться, по-видимому, случайно.

Что касается распределения по хромосомам структурных генов, активируемых в последовательные периоды онтогенеза, то мыслимы три возможных варианта их взаимного расположения: гены распределены по хромосомам случайно; гены, функционирующие на одной и той же стадии развития, тесно сцеплены в единый блок; гены, контролирующие последовательные стадии развития, расположены последовательно, в соответствии с порядком стадий развития, которые они регулируют.

Первый вариант наименее привлекателен, поскольку уже классиками фенотипетики была обнаружена известная тенденция генов, контролирующих развитие того или иного морфогенетического процесса, к упорядоченности⁹.

Второй вариант кажется весьма логичным, однако имеются факты, которые ему противоречат. Например, гены, кодирующие различные изоферменты эстеразы у *D. virilis*, тесно сцеплены, а контролируемые ими продукты появляются в разные периоды развития¹⁰. Точно так же локусы *Amy*³ и *Amy*⁶ у *D. melanogaster*

тесно сцеплены, а соответствующие изоферменты амилазы выявляются на разных этапах онтогенеза.

С другой стороны, гены, кодирующие синтез А и В субъединиц лактатдегидрогеназы у мыши, активируются синхронно, а расположены они в разных группах сцепления. Подобных примеров можно привести много. Следовательно, так называемый пространственный характер упорядоченности генов не может рассматриваться как некий универсальный принцип.

Будучи далеким от мысли, что существуют какие-то очень жесткие правила распределения генов в хромосомах, я все же хочу обратить внимание на некоторые факты, указывающие на возможность предполагаемого в третьем варианте «временного» принципа организации генов, регулирующих развитие.

Так, при анализе мутаций, вызывающих нарушение эмбриогенеза дрозофилы, можно обнаружить блоки достаточно тесно сцепленных генов, контролирующих последовательные стадии эмбриогенеза и организованных, по-видимому, как раз по временному принципу.

В частности, в 1-й хромосоме *D. melanogaster* около локуса *scute* сгруппировано пять тесно сцепленных генов, контролирующих последовательные стадии развития — от мейоза до 5—9-часового эмбриогенеза (первичный органогенез). На расстоянии полуморганиды от них локализован ген, активируемый на 8—10-й час эмбриогенеза. Во 2-й хромосоме на протяжении двух морганид локализованы три гена, контролирующие 3—16-й часы развития.

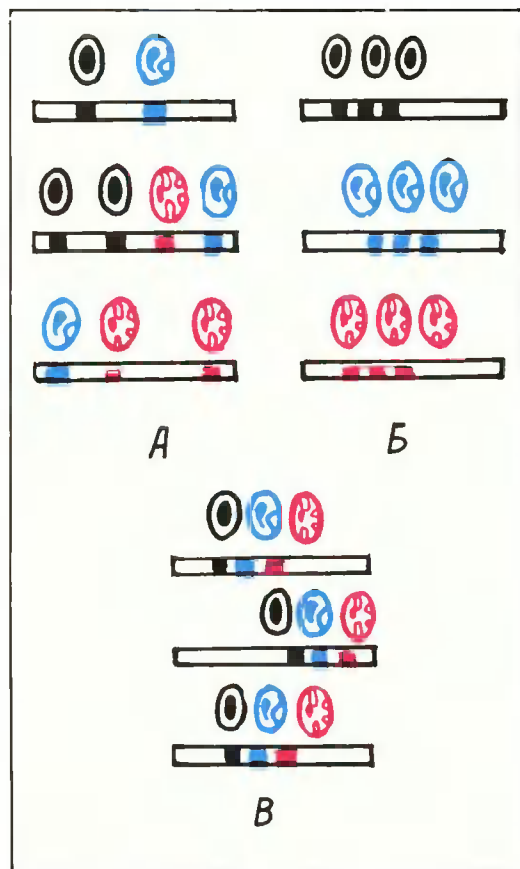
Т. Кауфман и соавторы¹¹ определяют время летального эффекта нехваток смежных участков X-хромосомы различной длины. Оказалось, что нехватки, эффект которых проявляется позднее в процессе онтогенеза, расположены правее нехваток, оказывающих летальное действие в более ранний период развития.

Кроме того, последовательность появления различных изоферментов эстераз у *D. virilis* соответствует последовательности расположения генов, их кодирующих. Если описанная здесь особенность группировки генов не случайна, то можно представить себе, что каждая

⁹ Голубовский М. Д. — «Генетика», 1972, т. 8, № 5.

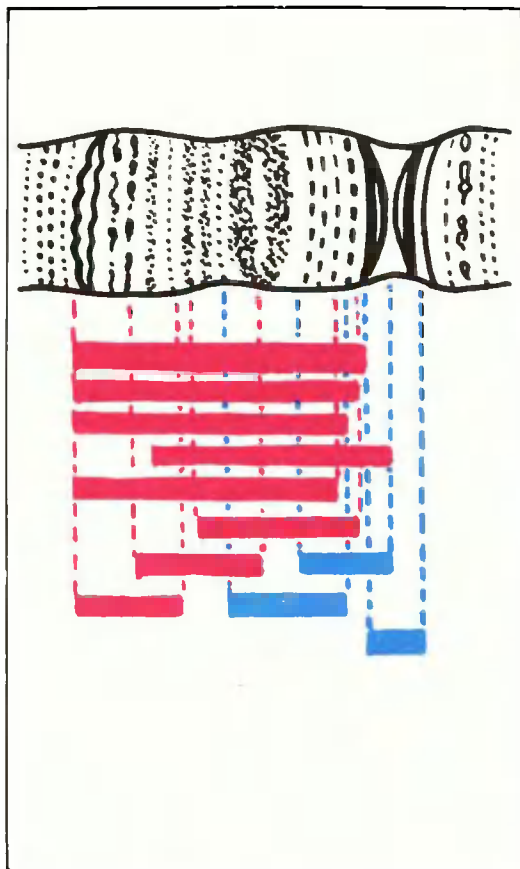
¹⁰ Корочкин Л. И. Взаимодействие генов в развитии. М., 1977.

¹¹ Корочкин Л. И. — «Журн. общ. биол.», 1976, т. 37.



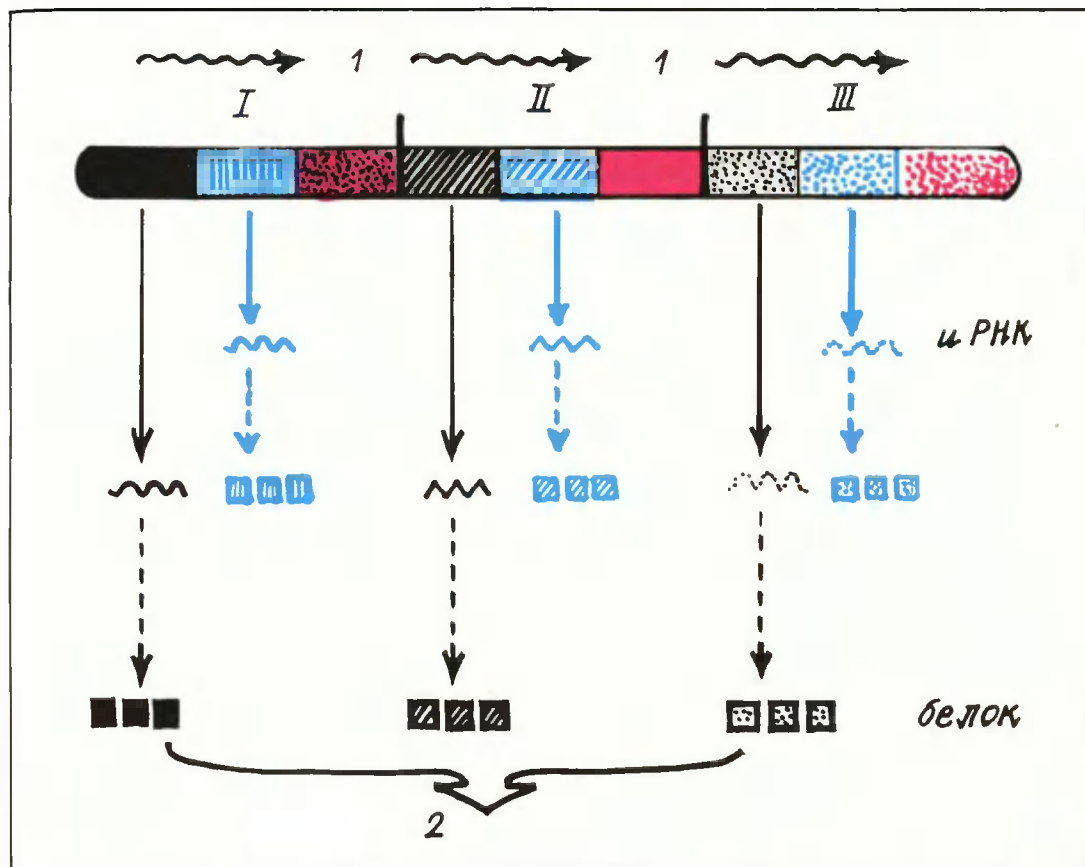
Различные возможные варианты взаимного расположения генов, контролирующих последовательные стадии индивидуального развития. А — гены расположены случайно; Б — гены, функционирующие на одной и той же стадии развития, сцеплены в один блок; В — гены, контролирующие последовательные стадии развития, расположены последовательно, в соответствии с порядком стадий развития, которые они регулируют.

хромосома разделена на относительно автономные функциональные сегменты. По мере развития в каждом сегменте распространяется волна транскрипции (или процесс изменения состояния ДНК, приобретения его «готовности» к транскрипции). В результате этого морфологическая дифференцировка клеток сопровождается (или определяется) синтезом белков, время появления которых соответствует последовательности располо-



Схематически представленные результаты экспериментов Т. Кауфмана и др. Авторы изучали значение нехваток различной длины в X-хромосоме для развития дрозофилы. Размеры нехваток показаны на рисунке под исследованным авторами хромосомным сегментом. Красные — нехватки, при наличии которых особи гибнут в эмбриональном периоде, синие — в личиночном периоде.

жения структурных генов в пределах данного функционального сегмента. В таком случае становится понятным столь странное, на первый взгляд, соседство генов, контролирующих, например, цвет глаз и форму крыла у дрозофилы или цвет плода и форму листьев у растений. В случае временного принципа организации генетического материала вовсе необязательно совместное расположение генов, контролирующих один и тот же признак



Функциональная организация хромосомы по «временному» принципу. I, II, III — функциональные сегменты хромосомы. В черный, красный и синий цвет «окрашены» гены, последовательно активирующиеся в ходе развития. 1 — «волна» транскрипции, 2 — посттранскрипционные взаимодействия.

и, напротив, раздельное положение генов, контролирующих разные признаки. Необходимо только, чтобы совпадало время активации тех участков автономных функциональных сегментов хромосом, которые контролируют синтез продуктов, взаимодействующих в нужный момент времени и в нужном месте для обеспечения какой-либо морфогенетической реакции.

Анализ биохимико-генетических и молекулярно-генетических особенностей

развития позволит, по-видимому, в ближайшее время более точно выяснить принципы «топографии» генов, которые контролируют индивидуальное развитие. Независимо от того, какими эти принципы окажутся, следует обратить внимание на то, что исследования молекулярных аспектов взаимодействия генов и роли этих взаимодействий в регуляции онтогенеза преемственно возросли на основе идей основоположников феногенетики. Они непосредственно развивают те два положения о действии генов на признак, которые были высказаны еще в начале 30-х годов.

Об охране природы в Швеции

П. П. Второв



Петр Петрович Второв, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела заповедников Центральной лаборатории охраны природы Министерства сельского хозяйства СССР. Изучает проблемы биогеографии, экологии сообществ, орнитологии, охраны природы.

В июне 1976 г. мне пришлось посетить некоторые районы Швеции и учреждения, занятые исследованиями в области охраны живой природы. Я полагаю, что некоторые сведения очевидца могут быть полезными для развития природоохранительной деятельности в нашей стране, так как ландшафтные и климатические условия в центре Швеции очень сходны с условиями нечерноземных областей Европейской части СССР.

Наша делегация состоит всего из двух человек и возглавляется К. П. Гинюнасом — председателем Государственного комитета по охране природы Литовской ССР. Через два часа полета — аэропорт Арланда под Стокгольмом. Весна под Москвой запоздала — сейчас, в середине июня, только начинает цвести рябина и сирень. В окрестностях Стокгольма — та же картина, погода стоит столь же прохладная и неустойчивая. Нас встречают сотрудники Государственного ведомства охраны природы Швеции У. Вэйнберг и Т. Ларссон. Оба они занимаются вопросами заповедного дела, охотничьего хозяйства и рекреации. В течение недели все мы постоянно с утра до позднего вечера разъезжали на

автомобилях, осматривали, знакомились, обсуждали...

Государственное ведомство по охране природы организовано в 1967 г. Оно занимается координацией мероприятий и исследований по широкому кругу вопросов, связанных с охраной природы, включая проблемы отдыха на природе, загрязнения окружающей среды, рационального использования ресурсов охотничьих животных, охраны редких видов растений и животных и т. д. Большое место занимает пропаганда идей охраны природы. В Швеции ряд других ведомств также связан с проблемами охраны и рационального использования природных богатств, например Лесная служба. Однако постепенно Государственное ведомство охраны природы все более концентрирует в своих руках соответствующие полномочия. Так, например, к 1977 г. предполагалось передать все национальные парки из подчинения Лесной службы в руки этого ведомства.

Существуют также различные общественные добровольные организации, из которых крупнейшая — Шведское общество охраны природы. Ему принадлежит важная роль в создании общественного мнения, с которым очень считаются в парламенте при выработке соответствующих законов. Кроме того, в руках этого обще-

ства находятся 24 участка земли площадью около 5 тыс. га, на которых учреждены резерваты для охраны дикой природы.

Наконец, следует упомянуть Шведское отделение Всемирного фонда охраны дикой природы, которое финансирует различные проекты по спасению редких видов во всем мире и занимается просветительской деятельностью.

Исследовательские работы в рамках Государственного ведомства охраны природы в различных экологических проектах потребовали в 1974 г. около 24 млн шведских крон, а с учетом совместных проектов с другими правительственными институтами (университеты, музеи природы и т. п.) — еще больше, около 50 млн крон (т. е. около 10 млн руб.). Учитывая сравнительно небольшое население страны (8,2 млн человек), эта цифра воспринимается как внушительная. Более того, затраты с каждым годом возрастают, так как до полного благополучия с охраной природы еще далеко.

Проблема охраны природы или даже только охрана животного мира включает в себя множество аспектов. Я останавлиюсь лишь на тех, которые мне кажутся наиболее интересными.

РЕЗЕРВАТ БУЛЛЕРЕ

Резерват Буллерё, учрежденный в 1967 г., расположен на восточной окраине Стокгольмского архипелага. Цель резервата — одновременно сохранять нетронутый эталон природы и использовать территорию для отдыха. Резерват Буллерё занимает площадь 4450 га (акватория — 4000, суша — 450) и включает множество мелких скалистых островков и более крупных островов, называемых шхерами.

Шхеры около Стокгольма образованы очень древними докембрийскими породами Балтийского щита — главным образом гранитами и гнейсами. Поверхность их несет следы последнего оледенения — скалистые выступы сглажены (курчавые скалы, бараньи лбы и т. п.), а сами острова испытывают сильное изостатическое поднятие. В среднем за столетие поверхность суши поднимается на 45 см, из воды появляются новые островки, береговая линия отодвигается. Мелкие островки практически лишены древесной растительности, но более крупные острова (Буллерё, Рогскер, Лонгскер, Брунскер, Коскерен и др.) в центральной части покрыты хвойно-лиственными лесами (из сосны, березы, осины

и ели), зарослями можжевельника, вереска, ольхи, голубики, шикши, а скалы и валуны — лишайниками и мхами. Встречаются здесь и интересные локальные виды, характерные или для более северных, или для более южных регионов (например, морошка, ягодный тисс).

В резервате постоянно обитают заяц-беляк, лиса, ряд видов мелких грызунов и насекомоядных, особенно интересно присутствие морских млекопитающих — нерпы (*Phoca hispida*), длинномордого тюленя (он же серый тюлень, тевак — *Nalichoeerus grypus*). Численность тюленей за последние годы неуклонно падает, поэтому сейчас шведские ученые усиленно исследуют их биологию и пытаются установить причины снижения численности. По всей видимости, среди неблагоприятных факторов на первом месте стоит загрязнение среды тяжелыми металлами, пестицидами, нефтью. Охота на тюленей в Швеции запрещена.

Очень разнообразна орнитофауна больших островов. Она представлена самыми различными видами мелких воробьиных (например, зяблики, зеленушки, обыкновенные овсянки, серые славки, черные и певчие дрозды, белые трясогузки, городские ласточки и др.), водоплавающих птиц (гаги, крохали, серые гуси, лебеди-шипуны, различные чайки и крачки, кулики) и др. Наиболее многочисленна из уток обыкновенная гага. На всей площади архипелага насчитывают не менее 50 тыс. пар в весеннее время. Популяция гаги близка к возможному насыщению и находится в процветающем состоянии. Значительно хуже обстоит дело с хищными птицами. Пока еще сохранились считанные экземпляры орлана-белохвоста, скопы, более обычен сокол-чеглок, гнездится также редкий в стране филин.

Фауна рыб интересна одновременным присутствием и морских, и пресноводных видов (сельдь, треска, щука, окунь, угорь).

Животный мир резервата пополнился нежелательными вселенцами — американской норкой. Эти зверьки, сбегав со звероводческих ферм, образовали дикоживущую популяцию и в большом количестве уничтожают гнезда водоплавающих птиц.

До создания резервата Буллерё значительная часть земель находилась в частном владении и была выкуплена государством за 4,6 млн шведских крон (примерно 800 тыс. руб.). Кроме того, еще 30 тыс. крон (около 50 тыс. руб.) было израсходовано на благоустройство территории.



Растительный покров о-ва Буллерё приурочен к углублениям между оголенных камней и образует пеструю мозаику.

Ближе к центру о-ва Буллерё расположено здание музея природы. Здесь поверхность лучше задернована, луга чередуются с участками леса.



Для удобства отдыхающих на Буллерё есть дом, где можно переждать непогоду, приготовить на печке еду, переодеться, но ночевать можно лишь в аварийных случаях. Есть еще один большой дом, предназначенный для проживания исследователей или художников, работающих в резервате. В особом помещении размещен музей природы, истории края и этнографии. В музее можно приобрести красочные брошюры, проспекты и путеводители по острову. Выделен специальный экскурсионный маршрут с остановками в особо интересных местах.

В пределах резервата выделено три участка полного покоя, где гнездится особенно много птиц. В эти участки с 1 марта по 15 августа вход полностью запрещен (нельзя даже приближаться к берегу на лодке). В остальных местах отдыхающим разрешено находиться, ставить палатки. Костры можно разводить только на голой поверхности камней. Запрещено охотиться, гулять с собаками или кошками, беспокоить птиц (нельзя, например, фотографировать птиц на гнездах), рвать и выкапывать растения, нарушать дерновый слой и почву, устраивать игры и спортивные состязания, военные учения, возводить строения.

Постоянных научных кадров в резервате нет. Однако здесь проводятся исследования и инвентаризация растительного



В естественных каменных вазонах разрастаются красочные картины диких анютиных глазок (трехцветных фиалок).

В сырых понижениях цветет багульник.

Местами в растительном покрове доминируют папоротники.

и животного мира силами различных учреждений — Музея естественной истории, университетов, сотрудников Государственного ведомства по охране природы. В резервате проводят мероприятия по ограничению численности животных, уничтожающих кладки птиц: лис, норок, крупных чак, некоторых врановых.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАНЦИЯ ГРИМСЕ

К западу от Стокгольма, в провинции (лене) Вестманланд, среди обширных лесов (преимущественно из сосны, березы и ели), покрывающих берега озер и уступы скал, расположена Исследовательская станция по изучению диких животных — Гримсе.

Основное внимание уделяется изучению биологии охотничье-промысловых животных, однако при этом характерен широкий экологический подход, учитывающий все другие компоненты живой природы. В частности, проводится общая инвентаризация флоры и фауны, изучение кормовых достоинств различных растений, учет в течение многих лет мышевидных грызунов. Охотничья фауна Гримсе представлена лосем, косулей, зайцем-беляком, лисой. Именно эти виды наиболее интенсивно изучаются. Встречается рысь, и в больших загонах (несколько гектаров), устроенных прямо на природе, проводятся исследования по этологии этого вида.

В среднем в угодьях Гримсе на 1000 га приходится 10 лосей, 40 косуль; зимой 1974/75 г. насчитывалось 10 беляков, а зимой 1975/76 г. — 20. Численность зайцев год от года сильно колеблется. В годы малой численности мышевидных грызунов (в основном рыжей полевки) большое количество зайцев уничтожает лисица.

Работы по биологии охотничьих животных и по запасам кормов используют количественный и балансовый подход. Основной упор делается на детальную популяционную биологию, причем в течение всего года. Широко применяют исследование индивидуальных участков с использованием мечения и радиотелеметрии (радиопеленгование точек нахождения и автоматическая запись суточной активности конкретной особи — зайца, косули, лося).

Радиотелеметрические работы показывают, что в течение года каждая особь (самцы и самки) косуль обитает на площади примерно 100 га. Но внутри этой площади имеются небольшие «центры актив-

ности». В течение суток выделяется двухфазный ритм активности — утром и вечером. Индивидуальный участок зайца-беляка в течение года охватывает площадь 200 га, однако в течение одного сезона равен 60—100 га (меньше летом, больше зимой).

Большое место занимают наблюдения за животными, содержащимися в неволе. Выполняется, в частности, очень подробное эколого-физиологическое исследование питания зайцев. Беляк средним весом 3,5 кг в сутки потребляет 550 г (свежий вес) корма, из которого усваивает 100 г. Содержание беляков в клетках с решетчатым дном позволяет резко снизить их зараженность гельминтами и легко разводить их в неволе.

Все исследования на базе Гримсе проводят ученые разных учреждений. Постоянный же штат станции включает только пять человек административно-технических работников. Все научные работы выполняются по крупным многолетним проектам.

Исследования ведутся в главном здании и лабораторных корпусах, где имеются кабинеты для исследователей, а также многочисленные лаборатории: морозильная комната, холодильная комната, комната для вскрытия, комната для очистки скелетов (можно очищать скелеты лосей), химические лаборатории (характерно широкое использование автоматических приборов для химических анализов, в том числе органических веществ), фотолaborатории, кинозал, физиологическая лаборатория, помещение для хранения проб и для их разборки, комната звукозаписи, помещение для наладки и сборки радиопередатчиков и приемников для радиотелеметрии; такое же оборудование размещено на башне высотой 16 м и на другой башне — пониже, а также в специальном автомобиле (типа радиотеодолита); в особом помещении содержатся зайцы-беляки. В одном большом загоне (10 га) содержатся молодые лоси и изучается их поведение. В другом загоне — несколько рысей.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ РЕДКИХ ХИЩНЫХ ПТИЦ

За последние десятилетия численность многих видов дневных хищных птиц и сов в Швеции, несмотря на полный запрет их острела и охраны некоторых гнездовых территорий, неуклонно уменьшается. Под угрозой исчезновения находятся сокол-сапсан, орлан-белохвост и филин. Причин, видимо, несколько. Основная же



Устройство плавучих гнездовий для диких уток резко уменьшает гибель гнезд и ведет к быстрому восстановлению численности пернатой дичи.

связана с интенсивным использованием в сельском хозяйстве различных пестицидов и препаратов, содержащих ртуть. Хищные птицы стоят на вершине экологической пирамиды, они замыкают кормовые цепи и более всего накапливают в себе токсические вещества. Это ведет и к гибели птиц, и к гибели кладок во время насиживания из-за чрезмерного утончения скорлупы под влиянием тех же ядов.

С 1965 г. на юго-западе страны, в районе Гетеборга и других частей побережья Северного моря, были организованы специальные исследования и проведение мероприятий, направленные на спасение от полного исчезновения филина. В последние годы подобные работы начаты и по спасению сокола-сапсана и орлана-белохвоста.

Проблема восстановления численности филина, однако, изучена значительно полнее и уже имеются положительные практические результаты. Опыт Швеции может оказаться очень полезным и для

аналогичных работ в некоторых районах нашей страны.

Все работы, связанные с восстановлением численности филина, объединены под названием «Проект филин юго-запада». Координирует работы Зоологический институт Гетеборгского университета. В осуществлении проекта принимают участие также многочисленные любители природы. Финансируется проект из различных источников (включая государственные и частные пожертвования). Годовые затраты составляют примерно 30 тыс. шведских крон (около 5 тыс. руб.).

В начале нашего века филин в Швеции считался вредителем, так как иногда нападал на домашних или охотничьих животных. В 1923—1925 гг. выплачивались премии за убитых филинов, но уже в 1931 г. был установлен запрет на отстрел этих птиц. С тех пор до 1950 г. численность филинов была стабильной, но затем стала резко падать. Это совпало по времени с широким применением пестицидов и препаратов ртути в сельском хозяйстве. В 1966 г. ртутные препараты были запрещены. Если в 1958—1960 гг. в печени филинов содержалось около 14,6 мкг ртути, то в 1967—1971 гг. это количество снизилось до 8,6 мкг. Однако к моменту запрещения применения ртутных препаратов общее поголовье филинов уже было



Ручные рыси живут в больших загонах среди настоящего леса. Это позволяет проводить длительные исследования поведения рыси почти в естественных условиях.



Дом фермера на о-ве Эльгён.

Этологические наблюдения в условиях больших загонв начаты за молодыми лосями. Предполагается проследить за их взаимоотношениями на протяжении ряда лет.



Побережье о-ва Эльгён, на котором сохранились филины и проводятся работы по разведению филинов и соколов-сапсанов в неволе.







Численность филина в Швеции в последние годы стала восстанавливаться.

катастрофически подорвано. По мнению координатора проекта Б. Бру, до 1950 г. во всей Швеции насчитывалось около 1000 гнездовых участков, в 1965 г. — всего 175, а на юго-западе Швеции к этому времени насчитывали всего 3 гнездовых участка филинов (в прошлом здесь обитало 30—50 пар этих птиц).

Проект по спасению филина в первую очередь включал разведение этих птиц в неволе. Для этого в разных участках юго-западной Швеции на территории земельных участков любителей природы были оборудованы различного типа вольеры. В сравнительно небольших по размеру помещениях (площадью 10—20 м² и высотой 2 м) содержались пары. В больших, так называемых охотничьих вольерах пло-

щадью около 50 м² и высотой 4 м молодые птицы, выведенные в неволе, приучались к ловле живой добычи. После тренировок в «охотничьей» вольере выпущенных птиц необходимо было подкармливать в течение одной-двух недель. Кроме того были созданы различные загоны, в которые помещали самку с подрезанным крылом или привязывали ее за лапу к кольцу, легко скользящему вдоль проволоки. Лишенная возможности улететь, самка привлекает дикого самца в загон и спаривается с ним. В дальнейшем вылетевшие из гнезда молодые птицы докармливаются и приучаются к жизни в природе диким самцом. Этот способ оказался очень удачным.

В природе средний размер кладки филина обычно 3 яйца, в неволе — чаще 4 яйца. Ряд экспериментов показал возможность успешной искусственной инкубации, при этом взамен взятой кладки птицы откладывают новую и успешно ее высидывают. В инкубаторе поддерживалась температура 37,5° при относительной влажности 60%. Каждые 5 часов яйца поворачи-

вали. Ежедневно при инкубации яйца теряют в весе в среднем 0,43 г. Через 33 дня вылупляются птенцы, через сутки их вынимают из инкубатора и помещают в специальные боксы, где поддерживается температура 30°. Чтобы птенцы не повредили себе лапы, подстилка в боксе делается из земли. Первое время птенцы едят очень мало, затем начинают охотно брать кусочки печени и мяса белых крыс, а после десятого дня поедают также кусочки кожи и кости крыс. Птенцы покидают гнездо в возрасте 8 недель. Четырехмесячные молодые филины начинают пугаться человека, и их можно готовить к выпуску в природу. В это время самцы весят 2,2—2,5 кг, а самки — 2,7—3,2 кг.

В 1976 г. в вольерах выведено около 50 птенцов. Процент возврата окольцованных молодых из естественных гнездовых и выпущенных после разведения в неволе одинаков и составляет примерно 50% в течение первого года. Это показывает, что смертность в обоих случаях практически одинакова.

Сейчас на юго-западе Швеции отмечено около 40 гнездовых участков, на которых обитает по меньшей мере 60 взрослых птиц. Успех проекта вселяет надежду и на восстановление численности других редких пернатых хищников.

Для выяснения причин падения численности филинов ведется исследовательская работа, направленная на определение содержания ядовитых веществ в пище и в теле погибших птиц. Установлено очень большое разнообразие в питании. Так, в одном и том же районе один филин предпочитает кормиться серыми крысами (этот корм чаще всего выступает как главный), а другой — чайками. В любом случае в питании филинов преобладают жертвы, имеющие высокую численность в окружающем гнездовой участок антропогенном ландшафте. Средний размер (диаметр) гнездового участка филина близок к 1 км. Филин маркирует участок вырытыми в земле ямками, около которых он часто поедает добычу, отдыхает и дает погадки (отрыжку из непереваренных костей и шерсти жертвы). Позже в одной из таких ямок устраивается гнездо. Границы гнездового участка определяются также брачными криками птиц.

Ночные (филин, другие совы) и дневные хищные птицы (сокол-сапсан, орлан-белохвост) — неперенменные компоненты живой природы, имеющие очень высокую эстетическую ценность. Однако этих птиц следует рассматривать также и как весьма

чувствительный индикатор загрязнения среды, своевременно реагирующий на присутствие опасных и для человека токсических веществ. Поэтому регулярные наблюдения за популяциями этих птиц могут быть весьма полезными при проведении биосферного биологического мониторинга. Однако прежде во многих районах мира и в нашей стране следует позаботиться о восстановлении былой численности этих птиц. Это тем более необходимо, что указанные хищники хорошо уживаются рядом с человеком и часто усиленно уничтожают вредных и чересчур размножившихся животных (серых крыс, сизарей, некоторых врановых и чаек). В нашей стране в первую очередь следовало бы обратить внимание на восстановление хищных птиц в нечерноземных областях, сельское хозяйство которых быстро переходит на интенсивные методы.

В небольшой статье трудно рассказать о том, что делается в Швеции в области организационных и исследовательских работ по охране живой природы. Все же некоторые из отмеченных выше подходов весьма целесообразно применить и в наших условиях.

Явно выраженная тенденция концентрации полномочий по проблемам охраны природы в рамках особого ведомства, видимо, оправдана не только в таких странах, как Швеция, но и в нашей стране. При этом хотелось бы отметить тесное взаимодействие организационных функций с исследовательской работой на широкой экологической основе. Подобные исследования в нашей стране уже довольно давно проводятся в Центральной лаборатории охраны природы Министерства сельского хозяйства СССР, которая фактически выросла до уровня особого института. Весьма целесообразно в наших условиях шире привлекать к разработке одной проблемы (и на одной научной базе в природе) сотрудников разных научных учреждений.

Целесообразна также организация в ближайших окрестностях наших больших городов резерватов, подобных Буллерё, где было бы возможно сочетать отдых на природе с познавательными экскурсиями и охранять для этого участки дикой природы.

Водяной смерч в Сочи

М. Г. Найшуллер

Кандидат географических наук
Москва

11 сентября 1975 г. Н. И. Алексееву удалось сфотографировать водяной смерч — атмосферное явление, которое довольно редко наблюдается в умеренных широтах Советского Союза. Один из районов зарождения водяных смерчей — Черноморское побережье Кавказа.

Смерч — это вихрь с вертикальной, иногда изогнутой осью вращения, диаметр которого колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Максимальные скорости вращения воздуха в смерчах непосредственно измерить невозможно, но по косвенным оценкам они составляют 200—300 м/с. Огромные скорости вращения развивают в смерчах центробежные силы, вызывающие резкое понижение давления в его центре. По разрушительной силе смерчи представляют собой самые грозные явления природы. Обычно смерч опускается из кучево-дождевого облака к поверхности суши или моря, всасывая в себя пыль, песок, воду и т. д. Водяной смерч, зарождающийся над водной поверхностью, естественно, всасывает в себя только воду.

Возникновению водяного смерча 11 сентября 1975 г. благоприятствовала следующая синоптическая ситуация. Над восточной частью Азовского моря располагался циклон с давлением в центре около 1009 мбар. Этот циклон представлял собой холодное барическое образование, которое хорошо прослеживалось во всей тропосфере, до высот 10—12 км. Над всем Черноморским побережьем Кавказа

отмечалась большая неустойчивость атмосферы, днем активно развивалась мощная кучевая и кучево-дождевая облачность, а в вечерние и ночные часы гремели грозы.

12 сентября циклон сместился к востоку, а вдоль побережья один за другим проходили связанные с ним вторичные холодные фронты. При их прохождении неустойчивость атмосферы еще больше увеличивалась, а большая неустойчивость — необходимая предпосылка образования смерчей. Однако даже при большой неустойчивости смерчи образуются крайне редко. Их возникновению должны благоприятствовать еще и особенности циркуляции, а именно — характер эволюции и движения облачных систем и отдельных мощных облаков. По-видимому, такое благоприятное для возникновения смерча сочетание макро- и мезомасштабных факторов было в районе Сочи 12 сентября. Днем, во время прохождения вторичного холодного фронта, ветер в Сочи перешел с южного на северо-восточный и усилился, температура воздуха быстро понизилась с 16 до 12°. Именно в это время из огромного темного облака, так называемого материнского, к воде вытянулся хобот смерча, и вода начала быстро всасываться в облако. На снимке видно, как с поверхности моря брызги воды затягиваются в ствол смерча. Сам ствол имеет изогнутую форму и наклонен в сторону направления движения облака. На переднем плане снимка видны силуэты корпусов, расположенных на берегу моря. Смерч прошел от них в непосредственной близости. Можно считать, что этим зданиям и их обитателям повезло, так как если бы смерч прошел над ними, то здания могли бы быть повреждены или даже разрушены. Дело в том, что в момент прохождения смерча над до-

мом внутреннее давление объема воздуха в помещении становится намного больше наружного. Из-за резкого перепада давления строение как бы взрывается изнутри — срывается крыша, выдавливаются оконные рамы и двери, все это уносится ураганным ветром. Правда, следует отметить, что подобные разрушения случаются лишь при прохождении сравнительно мощных и крупных смерчей.

С поверхности моря брызги воды затягиваются в ствол смерча, который имеет изогнутую форму и наклонен в сторону движения облака.

Пройдя несколько километров вдоль берега, смерч разрушается.

Фото Н. И. Алексеева.



«Каменные монетки» египетских пирамид

Г. И. Немков

Материал палеонтолога, сухой и безжизненный, при близком знакомстве с ним оказывается занимательным почти для любого человека, обладающего хотя бы минимальным интересом к природе.

Ю. А. Орлов.
В мире древних животных



Георгий Иванович Немков, доктор геолого-минералогических наук, профессор Московского геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе. Специалист в области исторической геологии и микропалеонтологии. Автор многих научных статей по био-стратиграфии и ряда монографий, в том числе «Нуммулитиды Советского Союза и их биостратиграфическое значение» (М., 1967).

Много книг посвящено архитектурным особенностям и строительству египетских пирамид. Но мало кто знает, что массивные каменные блоки, из которых сложены пирамиды, состоят из огромного количества окаменелых раковин простейших одноклеточных организмов — нуммулитов. Раковинки нуммулитов имеют округлую форму, напоминающую небольшую монетку. Так и переводится на русский язык родовое название *Nummulites*, предложенное в 1801 г. французским ученым Ж. Ламарком — «камен-

ные монетки». Оно точно характеризует форму нуммулитов — окаменелых вымерших организмов, в изобилии населявших моря палеогенового периода (67—26 млн лет назад)¹.

Большой научный интерес к «каменным монеткам» объясняется прежде всего ролью, которую сыграли они для расшифровки геологической истории многих участков нашей планеты в течение

Цветные иллюстрации любезно предоставлены профессором Г. Шаубом (Швейцария).

¹ Палеогеновый период — время жизни нуммулитов — начался после мелового периода, 67 млн лет назад, и его продолжительность оценивается геологами в 41 млн лет. За палеогеновым следовал неогеновый период. Палеогеновый период подразделяется на три эпохи: палеоценовую, эоценовую и олигоценовую.

палеогенового периода, для установления возраста слоев морских палеогеновых отложений и расчленения мощной толщи этих отложений на более дробные подразделения. Незаменимыми оказались нуммулиты и при разработке стратиграфии палеогеновых отложений, покрывающих значительные участки поверхности земли. Учитывая большое значение нуммулитов, французские геологи еще в конце прошлого столетия предложили называть палеогеновые отложения «нуммулитовой системой» и до сих пор используют этот термин. Исследования последних лет внесли много нового в познание этих окаменелостей.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ

Нуммулиты с древних времен привлекали к себе внимание. Во многих областях южных провинций Европы, а также в Северной Африке ими сложены большие горные массивы нуммулитовых известняков. Сравнительно легкая обработка таких известняков позволила добывать из них строительный камень хорошего качества. В Южной Европе, Северной Африке и у нас в Крыму нуммулитовые известняки давно применяются для строительства зданий. В Египте они использовались не только для строительства пирамид, из нуммулитовых известняков высечены сфинксы и фигуры правителей Египта, в них выдолблены гробницы фараонов.

Естественно, люди не могли не обратить внимания на то, что горная порода состоит из огромного количества мелких каменных частичек. Египтяне издавна считали нуммулиты, хорошо заметные в известняке пирамид, окаменевшими чечевицами — остатками пищи рабов, строивших пирамиды. У словаков и поляков нуммулиты считались окаменевшими зернами пшеницы и чечевицы. Северо-восточнее Парижа известняки, переполненные раковинками нуммулитов, называют «лиардовым камнем» (лиард — старинная мелкая медная монета). Крестьяне в окрестностях Ниццы называют нуммулиты «пуговицами от гетр» («bouton de gilet»). Одно из сел Джульфинского района Нахичеванской АССР даже получило свое название от нуммулитов — Парадаш (пара — мелкая монета, даш — камень). Местная азербайджанская легенда рассказывает о скупом богаче, отказавшем в милостыню нищему, из-за чего все его деньги окаменели.

Правильная линзовидная форма нуммулитов привлекла внимание еще антич-

ных ученых. Первые упоминания о них имеются в трудах древнейших историков Геродота, Страбона, Плиния, которые сообщили о находках нуммулитов в основаниях египетских пирамид и в породах, слагающих горы в долине Нила.

Краткие сведения о нуммулитах позже можно найти в трудах известного немецкого ученого Агриколы (1558), а швейцарец Гесснер в своей «Истории животных» (1565) впервые указал на их присутствие в окрестностях Парижа, считая эти оригинальные формы «игрой природы». Долго считали их неорганическими остатками, «странными загадками природы». Находки расколотых раковин и знакомство с их внутренним строением привело к мысли об органическом происхождении этих окаменелостей. Но только в начале XVIII в. ученые признали органическое происхождение нуммулитов, и более 100 лет потребовалось, чтобы установить их систематическое положение как представителей одноклеточных организмов. Из-за больших размеров раковин и особенностей их строения нуммулиты долго не относили к типу простейших (Protozoa). Их считали представителями разных типов органического мира — кишечнополостных, моллюсков, червей и даже иглокожих. К. Линней в первых изданиях своей «Системы природы» считал их крышечками кораллов или отпечатками медуз, а в десятом издании (1758) отнес к головоногим моллюскам — наутилусам. Много десятилетий ученые придерживались этого мнения, хотя уже в начале 70-х годов XVIII в. в научной литературе появились доказательства его ошибочности (указывалось на отсутствие у нуммулитов сифона и ротового отверстия). Описывая нуммулиты из окрестностей Парижа в начале XIX в., Ж. Ламарк тоже относил их к наутилусам, лишенным сифона. Лишь к середине XIX в. в результате многолетних исследований французский палеонтолог Ф. Дюжарден (1835—1848) убедительно показал, что нуммулиты принадлежат к простейшим одноклеточным организмам и являются аналогами давно известных, но существующих без раковины амев. Впоследствии нуммулиты были отнесены к фораминиферам — морским одноклеточным организмам, обладающим известковой раковиной. Большинство фораминифер имеет раковину микроскопических размеров, пронизанную множеством мельчайших пор, через которые протоплазма в виде тончайших нитей — псевдоподий



Пирамида Хеопса близ Каира, постройка из нуммулитовых известняков.

Кафедральный собор в Жероне (Испания). Фасад и лестница сложены нуммулитовыми известняками.



Кусочек известняка от пирамиды Хеопса с раковинками *Nummulites gizehensis*. Увел. в 1,5 раза.

Известняк из Жероны, с раковинками *N. perforatus*.

Известняк с раковинками *Assilina major* из юго-восточной Турции.

Песчаник с *A. exrolens* из Швейцарии.



выходит наружу и сообщается с внешней средой.

Еще в середине прошлого столетия известные французские геологи А. Аршиак и Ж. Гэм в своей «Монографии о нуммулитах» (1853) указали 128 авторов, написавших около 200 работ о нуммулитах или упомянувших об их находках в различных участках земного шара. После выхода в свет монографии прошло более 120 лет. За этот период было опубликовано много сотен работ о нуммулитах и о содержащих их отложениях, список работ ежегодно значительно пополняется.

В процессе многолетнего изучения нуммулитов палеонтологи расширяли детали строения их раковины, восстанавливали условия их обитания, образ жизни и эволюцию, нашли много новых местонахождений этой древней фауны. Большой вклад внесли и советские палеонтологи.

СТРОЕНИЕ РАКОВИНЫ

С первого взгляда может показаться, что знакомство с раковиной простейшего одноклеточного организма представляется малоинтересным. Однако его раковина построена совсем непросто. Даже под лупой видны разнообразные и нередко сложные элементы, а применение электронного микроскопа раскрыло мельчайшие детали строения раковины, о которых трудно было предположить.

Раковина нуммулитов известковая, двусторонне-симметричная. Мелкие нуммулиты имеют чечевицеобразную или почти шарообразную форму раковины, а более крупные похожи на неравномерно вздутый диск. По своим размерам они сильно варьируют от мелких (менее 5 мм) и средних (5—15 мм) до крупных (более 15 мм). Большинство имеет средние размеры, иногда встречаются настоящие гиганты, достигающие 100—120 и даже 160 мм в диаметре. Наименьшие размеры — у древних примитивных видов, диаметр их раковины составляет всего 0,2—0,5 мм.

Сама раковина образована спиральным навиванием тонкой известковой пластинки (она так и называется — спиральная пластинка). Инволютность оборотов — главное отличие нуммулитов от близких им родов — полуинволютных ассилин и эволютных оперкулин, у которых обороты не охватывают друг друга.

Раковина нуммулитов хорошо раскалывается по плоскости симметрии и пер-

пендикулярно к ней. В этих экваториальном и осевом сечениях хорошо видно внутреннее строение раковины. Основу ее составляет спиральная полоса, от нее отходят перегородки — септы, делящие раковину на многочисленные камеры. Соседние камеры сообщаются между собой аперттурами — отверстиями в виде щели в основании септ. По краевой части раковины, называемой спиральным валиком, она раскалывается на две половинки.

Спиральная полоса может раскручиваться быстро или медленно, равномерно или неравномерно, ее обороты могут быть правильными или неправильными. Степень раскручивания раковины определяется расстоянием между соседними оборотами (шаг спирали). Каждому виду свойствен определенный характер шага спирали: чем больше шаг спирали, тем быстрее раскручивается раковина, и наоборот.

Форма септ и камер — также отличительные признаки различных видов нуммулитов. Септы бывают прямыми или изогнутыми в той или иной степени. Как правило, каждый вид имеет определенную форму септ и камер, мало изменяющуюся по мере раскручивания раковины. Форма камер, зависящая от формы септ, может быть близкой к прямоугольнику, квадрату или ромбу (при прямых септах) или быть серповидной (при изогнутых септах). Различают три главных группы нуммулитов по форме камер: оперкулиноидные, ассилиноидные и нуммулитоидные.

На поверхности раковины нуммулитов всегда наблюдаются прямые или извилистые септальные линии в виде швов или ребер. Это следы боковых продолжений септ, отражающие их строение. По форме септальных линий все нуммулиты делятся на три группы: с радиальными, с меандровидными и с сетчатыми септальными линиями. Вид *Nummulites gizehensis* Forskal, раковинками которого сложены пирамиды Египта, имеет сложно построенные меандровидные септальные линии.

Кроме септальных линий, на поверхности раковин многих видов нуммулитов наблюдаются небольшие округлые бугорки, называемые гранулами. Они являются окончаниями плотных известковых столбиков, которые пронизывают последовательно несколько оборотов и служат для укрепления раковины. Строение и взаимное расположение этих столбиков хорошо видно в осевом сечении.

Для каждого гранулированного вида характерны определенные размеры,

форма и расположение гранул на поверхности раковины. Крупные или мелкие гранулы могут покрывать всю поверхность, быть собранными в центральной части, располагаться беспорядочно или же по спирали, могут находиться на септальных линиях, примыкать к ним или располагаться между ними.

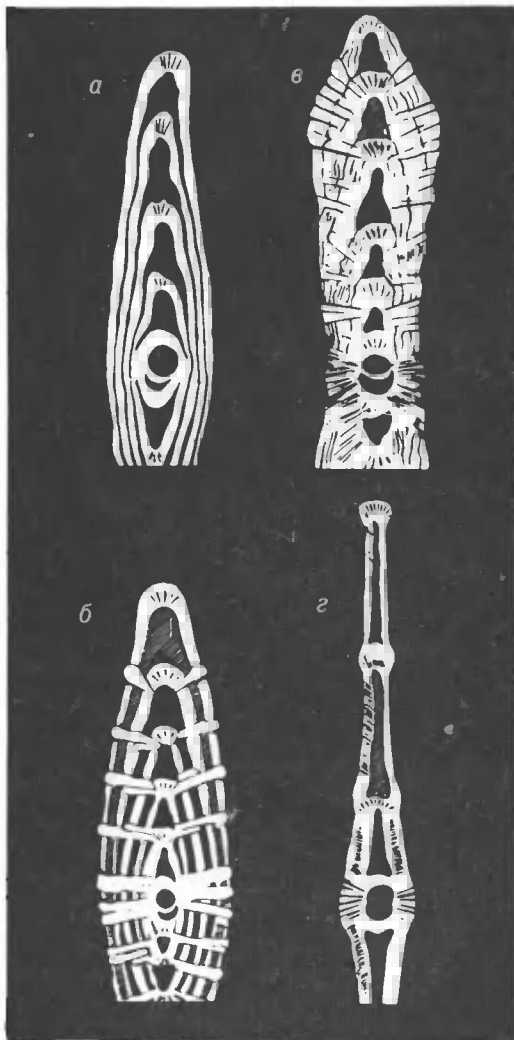
Важная особенность раковины нуммулитов — это пронизанность стенок ее оборотов огромным количеством мельчайших пор, посредством которых происходило сообщение протоплазмы с внешней средой. Округлые поры, равномерно распределенные на поверхности раковины, хорошо видны под электронным микроскопом. Вместе с тем ряд элементов раковины состоит из плотного неперфорированного кальцита — септы, столбики, гранулы, спиральный валик. Эти неперфорированные элементы имеют сложную разветвленную систему канальцев, диаметр которых значительно превышает диаметр микроскопических поровых канальцев. Система каналов не была связана с перфорацией стенок раковины и, по-видимому, выполняла функцию выделительной системы.

ДИМОРФИЗМ

Нуммулиты, как и большинство других фораминифер, имеют сложный жизненный цикл, сопровождающийся чередованием полового и бесполого поколений (генераций). При бесполом размножении происходит деление материнской клетки и образование эмбрионов, развивающихся в дальнейшем в новые особи. При половом размножении образуются половые элементы — зооспоры, которые затем сливаются попарно и также образуют новые особи. Следствием этого является своеобразный диморфизм раковины — наличие у одного и того же вида двух раковин, имеющих много общих черт строения, но резко отличающихся друг от друга размерами раковины и величиной начальной камеры. В процессе полового размножения возникает раковина крупных размеров с маленькой центральной камерой — микросферой; в процессе бесполого размножения — раковина гораздо меньших размеров, но с крупной начальной камерой — мегасферой. Первая генерация называется микросферической и обозначается латинской буквой В, вторая — мегасферической и обозначается буквой А. В качестве примера можно привести вид *N. gizehensis* F., раковинки которого

слагают египетские пирамиды. Микросферическая генерация (А) имеет диаметр до 60—70 мм, а мегасферическая (В) — всего 6—7, редко 8 мм, т. е. в 10 раз меньше. Самое большое различие между генерациями наблюдается у вида *N. millecarut* Voubée, микросферическая генерация которого имеет диаметр 100—120 и даже до 160 мм, а мегасферическая не превышает 7—8 мм, т. е. в 20 раз меньше.

Идея о диморфизме у нуммулитов была высказана еще в 1880 г., но научное обоснование этого явления дано только

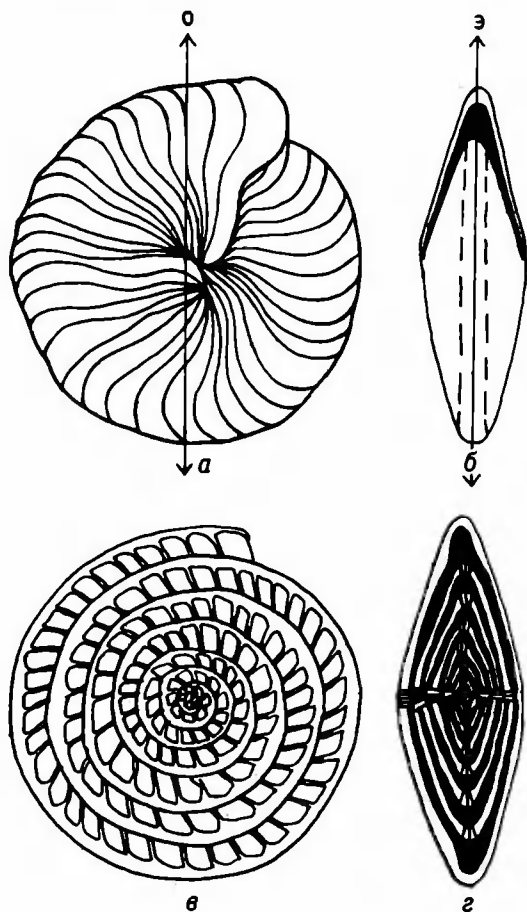


Строение раковины нуммулитов и близких им родов. а, б — инволютные обороты у нуммулитов, в — полунинволютные обороты у ассилли, г — эволютные обороты у оперкули.

после экспериментальных работ над современными фораминиферами. До этого времени обе генерации считались разными видами и поэтому обозначались различными видовыми названиями, что было неверно и приводило к недоразумениям. После открытия диморфизма обе генерации обозначаются одним видовым названием с прибавлением буквы А или В в зависимости от генерации.

ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ МУММУЛИТОВ

Нуммулиты принадлежат к числу вымерших организмов, поэтому их образ жизни и условия обитания восстановить трудно. Однако наблюдения за современными родственными организмами и тщательное изучение пород, в которых содержатся раковинки нуммулитов, позволили



Раковина нуммулита: а — поверхность раковины с радиальными септальными линиями, 0 — линия осевого сечения; б — вид сбоку, з — линия экваториального сечения; в — экваториальное сечение, на котором видны спираль, септы и камеры; г — осевое сечение, на котором видны инволютивные обороты.

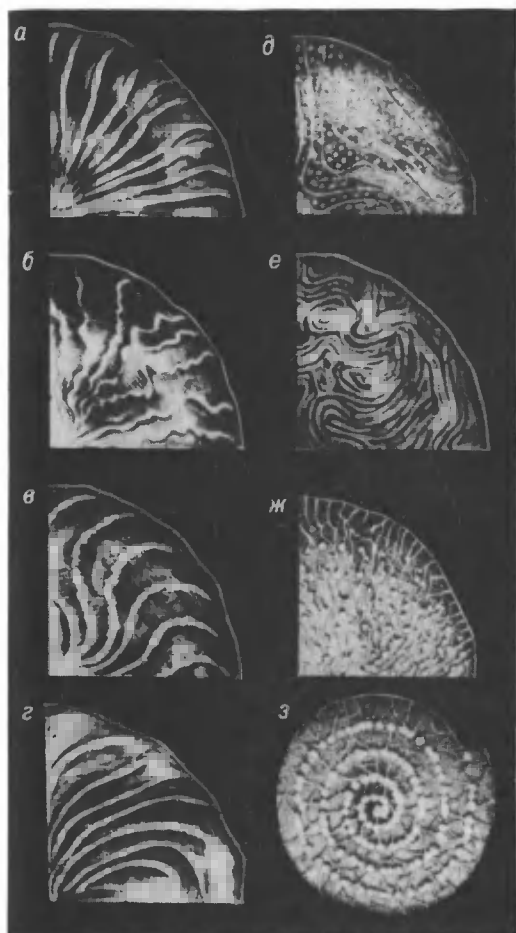
Экваториальные сечения раковины нуммулитов: сверху — с правильной спиральной полосой [*N. orbignyi*], внизу — с неправильной спиральной полосой [*N. irregularis*].

сделать определенные выводы об их палеоэкологии.

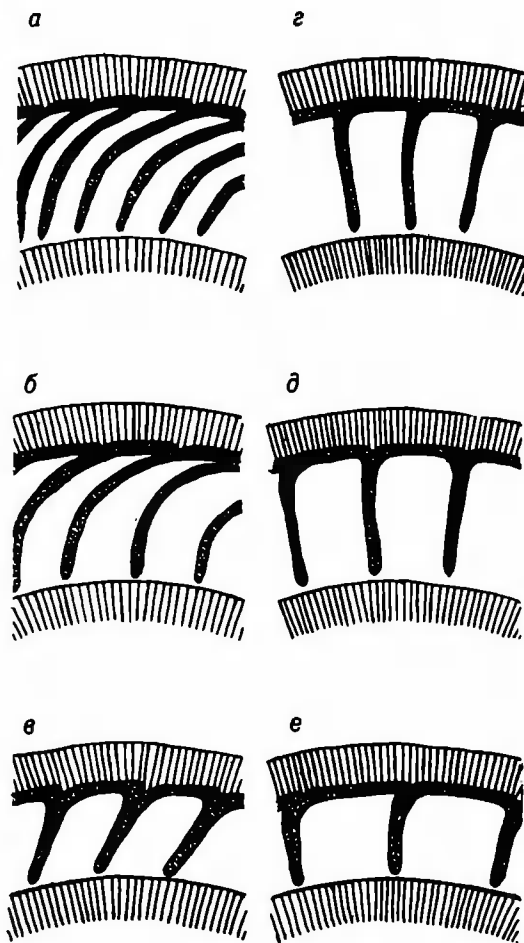
Несомненно, это были теплолюбивые организмы, обитавшие в морях с повышенной температурой воды (как в современных тропических и экваториальных областях). Общее понижение температуры, которое имело место в конце палеогенового периода, явилось одной из главных причин вымирания нуммулитов.

Нуммулиты обитали в морях с нормальной соленостью воды. Даже небольшое изменение солености приводило к уменьшению не только количества экземпляров, но и числа видов нуммулитов, а иногда и к полному их вымиранию.

Существенное влияние оказывала глубина морского бассейна. Современные потомки нуммулитов встречаются только в мелководьях. Значит, и палеогеновые



Нуммулиты с радиальными [а—г], меандровидными [д, е] и сетчатыми [ж, з] септальными линиями. а — прямые, б — вихреобразные, в — S-образные, г — изогнутые.



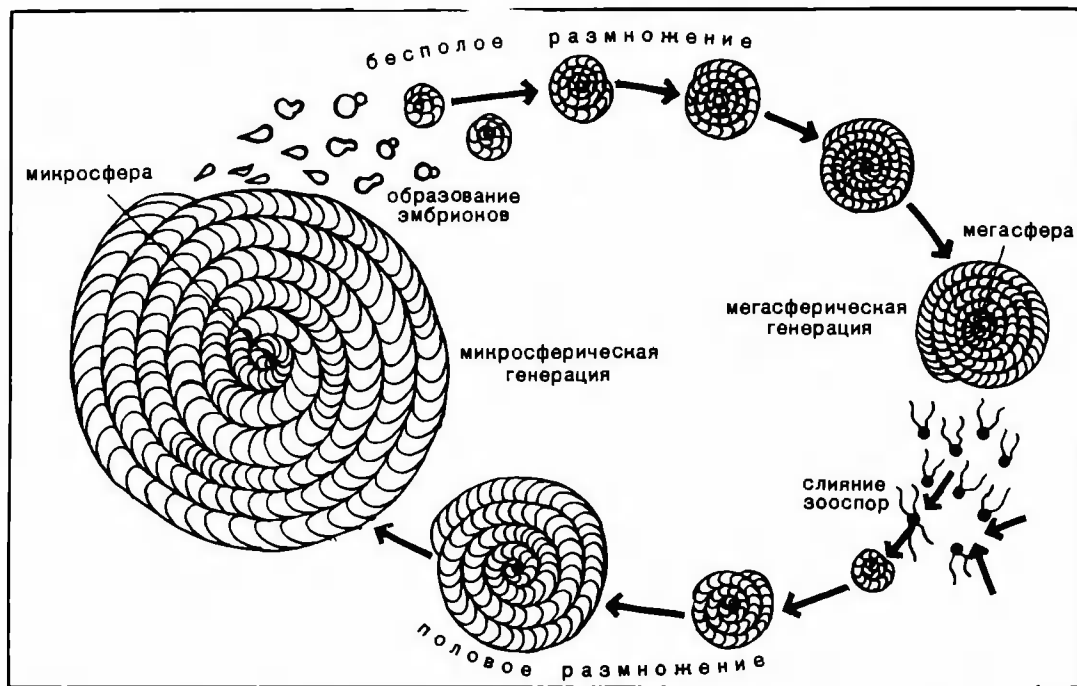
Форма камер у нуммулитов: а — серповидные узкие [оперкулиноидные], б — серповидные широкие, в — ромбовидные, г — прямоугольные высокие [ассилиноидные], д — квадратные, е — прямоугольные длинные [нуммулитонидные].

нуммулиты обитали в сходных условиях — на глубинах до 50—60 м. Наиболее благоприятными для жизни нуммулитов были мелководные, сравнительно удаленные от побережья участки открытого моря, на которых и шло формирование нуммулитовых известняков. В меньшем количестве нуммулиты обитали на песчаных и глинистых грунтах, где нередко образовывали скопления, но, как правило, не являлись породообразующими организмами. В прибрежную зону заносились прибоем и приливами лишь раковинки отмерших орга-

к этим водорослям, известковый скелет которых имеет большую прочность.

ЭВОЛЮЦИЯ НУММУЛИТОВ В ТЕЧЕНИЕ ПАЛЕОГЕНА

Единичные примитивные формы нуммулитов появились еще в конце мелового периода и позже они населяли моря палеогенового периода в течение всех трех эпох. Палеоцен и ранний эоцен охватывают начальный этап развития нуммулитов, средний эоцен и начало позднего



Схема, поясняющая процесс размножения нуммулитов.

низмов. Размеры и форма раковин, таким образом, полностью зависят от характера осадка.

Нуммулиты — малоподвижные организмы, обитавшие в придонном слое воды на водорослях, обволакивая их своими псевдоподиями, и лишь изредка они передвигались по дну. Поскольку в породе мы часто встречаем нуммулиты с остатками багряных водорослей, можно предположить, что раковины прикреплялись именно

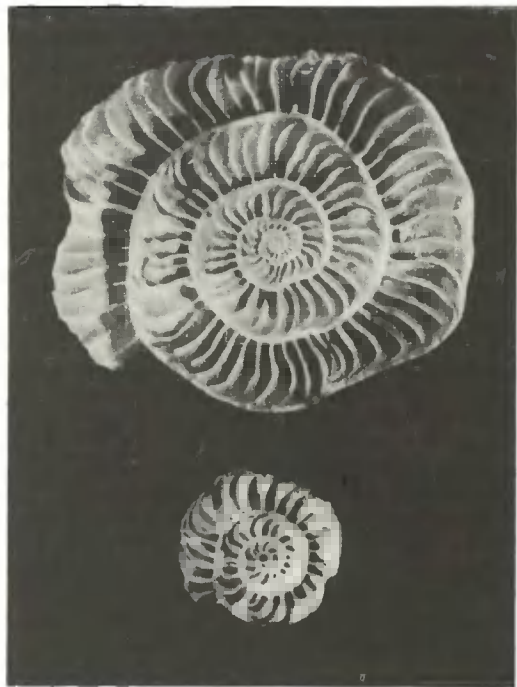
эоцена — это время их расцвета, а в конце эоцена и олигоцене они постепенно вымирали. В Восточном полушарии в конце палеогенового периода вымерли все нуммулиты, а в Западном — в самом начале неогена на ограниченном участке (о-в Три니다д) еще продолжали существовать очень редкие виды.

Самые примитивные меловые нуммулиты обнаружены в Восточных Карпатах, Азербайджане и в Таджикистане, палеоценовые виды найдены в Карпатах, Грузии, Азербайджане, на Мангышлаке и в Таджикистане; большое стратиграфическое значение имеют эоценовые нуммулиты, распространенные повсеместно на юге СССР; что касается олигоценых форм, то они встречены в массовом коли-

честве только на юге Армении и в виде единичных экземпляров на Карпатах.

Палеоценовые виды немногочисленны и примитивны по своему строению. Они имеют раковину малых размеров (0,5—3 мм в диаметре) с простыми радиальными септальными линиями на поверхности, преобладают виды с оперкулиноидным типом строения камер, гранулированные формы отсутствуют.

Раннеэоценовые виды достаточно разнообразны и многочисленны. Большинство имеет раковину малых размеров (до



Две генерации вида *N. praemurchisoni*: сверху — микросферическая, внизу — мегасферическая. Увел. в 3 раза.

5 мм в диаметре) с радиальными септальными линиями, появляются виды с меандровидными септальными линиями и с грануляцией на поверхности раковины; виды с сетчатыми септальными линиями отсутствуют.

Средний эоцен был временем максимального развития нуммулитов. Многие виды имели раковину крупных размеров (более 10—15 мм в диаметре), широко были развиты гранулированные фор-

мы и виды со сложной системой меандровидных септальных линий, появились виды с сетчатыми септальными линиями. Форма камер и септ достигла наибольшего разнообразия. Конец среднего эоцена ознаменовался вымиранием многих видов, имевших раковину крупных размеров.

В позднем эоцене количество видов уменьшилось, преобладали формы средних и мелких размеров. Большинство из них имело простое строение раковины — это негранулированные формы с радиальными септальными линиями. Лишь в начале позднего эоцена кое-где обитали еще нуммулиты крупных размеров со сложными меандровидными септальными линиями. В течение всего позднего эоцена существовали редкие виды с сетчатыми септальными линиями.

Олигоцен — время угасания и вымирания нуммулитов; в эту эпоху обитали единичные виды с раковинной простого строения. Высшей степени развития достигли редкие формы с сетчатыми септальными линиями и прямоугловой нуммулитовидной формой камер.

Даже беглое знакомство с характером изменения септальных линий у нуммулитов с начала палеогенового периода до его окончания свидетельствует об определенной направленности в эволюции нуммулитов.

Нуммулиты не только получили широкое распространение в морях палеогена, они в течение этого периода очень быстро эволюционировали. Большой и разнообразный фактический материал, собранный в течение многолетнего всестороннего изучения нуммулитов, позволил уже в начале нашего столетия сделать первые выводы об их эволюции. В 1906 и в 1911 г. французскими палеонтологами А. Дувилле и Ж. Буссаком были опубликованы первые схемы эволюции нуммулитов. С появлением новых материалов и введением более совершенных методов изучения нуммулитов предложенные ранее схемы уточнялись и изменялись. С момента публикации первой схемы и до нашего времени, т. е. в течение 70 лет, в печати появилось немногим больше десятка различных схем, большинство из них — во Франции и Советском Союзе. В качестве примера возьмем схему эволюции одной из групп нуммулитов, составленную автором.

Для установления эволюционных связей между отдельными видами и разработки общей схемы эволюционных взаимоотношений были учтены:



Карта распространения нуммулитов. Кругами показаны главнейшие местонахождения.

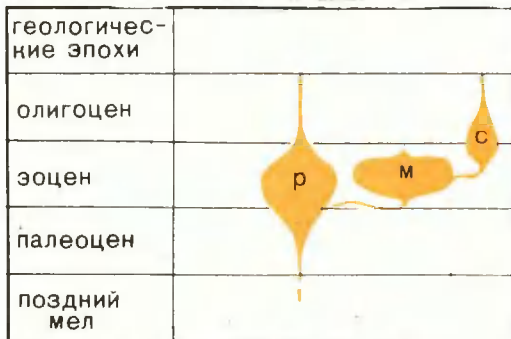
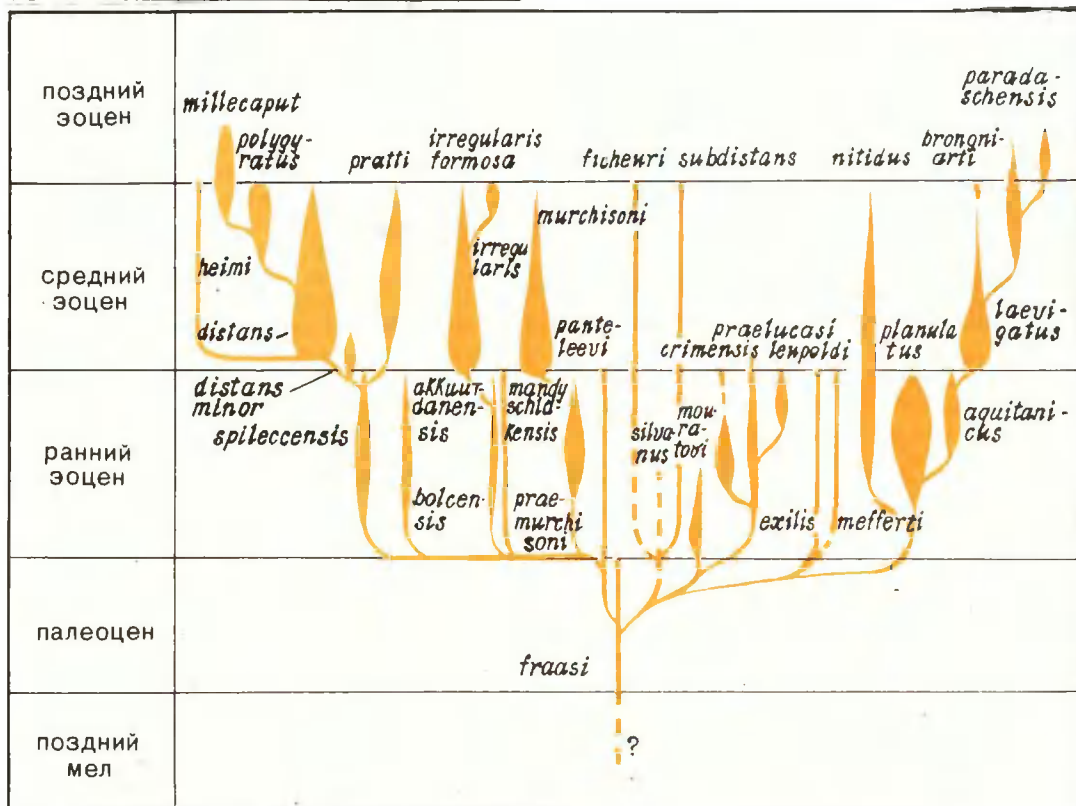


Схема эволюции нуммулитов с радиальными (р), меандрированными (м) и сетчатыми (с) септальными линиями.

Схема эволюции одного из подродов нуммулитов (упрощено).



сходство в строении основных элементов раковины: а) на ее поверхности — характер септальных линий и расположение гранул; б) в экваториальном сечении — форма септ, камер, спиральной полосы;

стратиграфическое распределение видов нуммулитов по разрезу палеогеновых отложений различных регионов;

конкретные эволюционные ряды, установленные на основании комплекса данных: послойного сбора и сравнения видов нуммулитов из одного и того же разреза; изучения онтогенеза² на хорошем материале с учетом того, что взрослая раковина нуммулитов сохраняет все стадии индивидуального развития; изменчивости некоторых элементов строения раковины в определенных направлениях септальных линий — от радиальных до меандридных и сетчатых, камер — от узких серповидных (оперкулиноидных) до изометрических (ассилиноидных) и широких прямоугольных (нуммулиноидных).

Кроме того, были проанализированы отдельные, ранее установленные различными авторами, эволюционные ряды и существующие схемы эволюции, изучены площадь распространения того или иного вида, принадлежность к определенной зоогеографической провинции и экологические критерии (уменьшение размеров при ухудшении условий обитания, увеличение формирования грануляции, появление неправильностей в строении оборотов и т. п.).

Однако исследования продолжают-ся, появляются новые материалы, и в эту схему, конечно, будут вноситься определенные коррективы.

Наша схема свидетельствует об очень быстрой эволюции нуммулитов. Эволюция привела к возникновению большого числа видов, существовавших в течение сравнительно коротких отрезков времени палеогенового периода. Такие виды в геологии называют руководящими и используют для точного установления геологического возраста слоев осадочных горных пород, в которых их находят.

Среди нуммулитов много руководящих видов. Еще в прошлом столетии

геологи стали широко использовать их для определения возраста слоев палеогеновых отложений и для расчленения этих отложений на ярусы и зоны. И в настоящее время нуммулиты используют для подобных целей. Широкое пространственное распространение нуммулитов на территории земного шара позволяет геологам производить сопоставление одновозрастных слоев на весьма больших расстояниях.

Наконец, немаловажное значение имеют нуммулиты для строительных целей, являясь пороодообразующими организмами. Об этом говорилось уже в самом начале статьи.

Заканчивая краткий рассказ о нуммулитах — одноклеточных организмах, относимых к типу простейших, — хочется подчеркнуть, что детальное изучение позволило расшифровать сложности строения их раковины, сложности жизненного цикла и эволюции.

² Онтогенезом называется индивидуальное развитие любого организма, включающее все изменения, которые претерпевает организм от момента его зарождения до смерти. Изучение зародышевых стадий организма помогает сделать выводы о его предках, установить эволюционные связи.

«Горячие точки» Земли

В. Г. Казьмин

Проблема так называемых «горячих точек» — одна из наиболее интересных в современной геодинамике, но, пожалуй, и одна из самых дискуссионных. Она оживленно обсуждается в зарубежной геологической печати. «Горячие точки» — это сильно нагретые области, постепенно перемещающиеся относительно поверхности Земли. Рядом зарубежных авторов происхождение таких областей обычно связывается с выделением горячего материала в мантии под астеносферой, на глубине в 200—300 км и более. Проходя через астеносферу, такой материал внедряется в литосферный слой, что приводит к появлению вулканической области — «горячей точки» — на поверхности Земли. При перемещении литосферы относительно мантии под астеносферой область проявления вулканизма также перемещается относительно поверхности Земли, все время оставаясь расположенной над областью выделения горячего материала под астеносферой.

Эта гипотеза весьма интересна, однако ее доказательство встречается со значи-

тельными трудностями. Прежде всего, для большинства выделенных до настоящего времени «горячих точек» надежные датировки возраста вулканических излияний отсутствуют. В ряде случаев к «горячим точкам» относят просто цепи вулканов, возраст которых точно неизвестен, или совокупности двух-трех вулканических областей разного возраста. Говорить о «горячей точке» можно только в том случае, когда имеется последовательность вулканов, возраст которых вдоль такой длинной цепи все время возрастает. Однако таких областей известно крайне мало, и различные датировки для них зачастую расходятся в несколько раз. Поэтому по рассматриваемому вопросу до сих пор нет единого мнения, причем нельзя не отметить, что ряд авторов подходит к концепции «горячих точек» критически. Тем не менее проблема заслуживает того, чтобы читателям нашего журнала о ней было известно. Автор статьи — приверженец так называемой тектоники плит, что и нашло отражение в его подходе к проблеме.



Владимир Григорьевич Казьмин, старший научный сотрудник Лаборатории геологии зарубежных стран Министерства геологии СССР. Занимается проблемами геологии Аравийского п-ва, альпийской складчатой области. В последние годы изучает рифтовые структуры Северо-Восточной Африки. Автор работ по геологии разных районов зарубежной Азии и Африки. Опубликовал статью в «Природе» (1975, № 8).

КАК ФОРМИРУЮТСЯ ЦЕПИ ПОДВОДНЫХ ГОР И ОСТРОВОВ?

В 1963 г. появилось интересное исследование канадского геофизика Т. Виль-

сона, посвященное возрасту островов в океанах. Исследователь подметил одну важную особенность: чем дальше вулканические острова расположены от срединно-океанического рифтового хребта, тем

они древнее. Это явление истолковывалось как доказательство движения океанического дна, в результате которого океаническая кора, образовавшаяся в рифтовой зоне, отодвигается вместе с возникшими на ней вулканическими островами от рифтового хребта к периферии океана.

В то же время, в Тихом океане были обнаружены цепи вулканических островов и подводных гор с закономерным изменяющимся возрастом вулканических построек. Так, в цепи Гавайских о-вов и Императорских подводных гор возраст древ-

него, Килауэа и др. В средних частях цепи имеются вулканические сооружения промежуточного возраста.

Важно, что современный, активный конец цепи (район о-ва Гавайя) расположен не у оси срединного хребта, а посредине Тихоокеанской плиты. Следовательно, «рождение» вулканических островов в данном случае связано не с рифтовой зоной, а с каким-то другим источником. Вильсон дал такому явлению следующее объяснение. Где-то на глубине находится фиксированный магматический очаг



Гавайско-Императорская цепь вулканических островов и подводных гор в Тихом океане. Северо-западный конец цепи начал формироваться 70 млн лет назад, возраст вулканических построек в месте резкого перегиба цепи — 25—30 млн лет назад, на восточном конце располагается область активного современного вулканизма на Гавайских о-вах. Эта область является современной проекцией мантийной струи на поверхность Тихоокеанской литосферной плиты, а Гавайско-Императорская цепь — «следом» этой струи. (показана стрелками), отражающим движение плиты над мантийной струей за 70—80 млн лет.

(«горячая точка»), над которым движется ложе океана — океаническая кора. При этом на ней возникают валлообразные поднятия и вулканы, активность которых по мере отодвигания от очага постепенно затухает. На океаническом ложе остается, таким образом, след в виде рубца-цепи вулканических гор и линейных поднятий.

По мере развития представлений о движениях литосферных плит идея Вильсона претерпела значительные изменения. В настоящее время многие геофизики предполагают, что литосферные плиты, подобно льдинам на реке, переносятся конвекционными потоками вещества, поднимающегося из недр Земли и затем «растекающегося» в стороны вблизи поверхности Земли. Первоначаль-

них вулканов на северо-западном конце цепи 67—70 млн лет, а на противоположном, восточном конце располагается район современного вулканизма со знаменитыми действующими вулканами Мау-

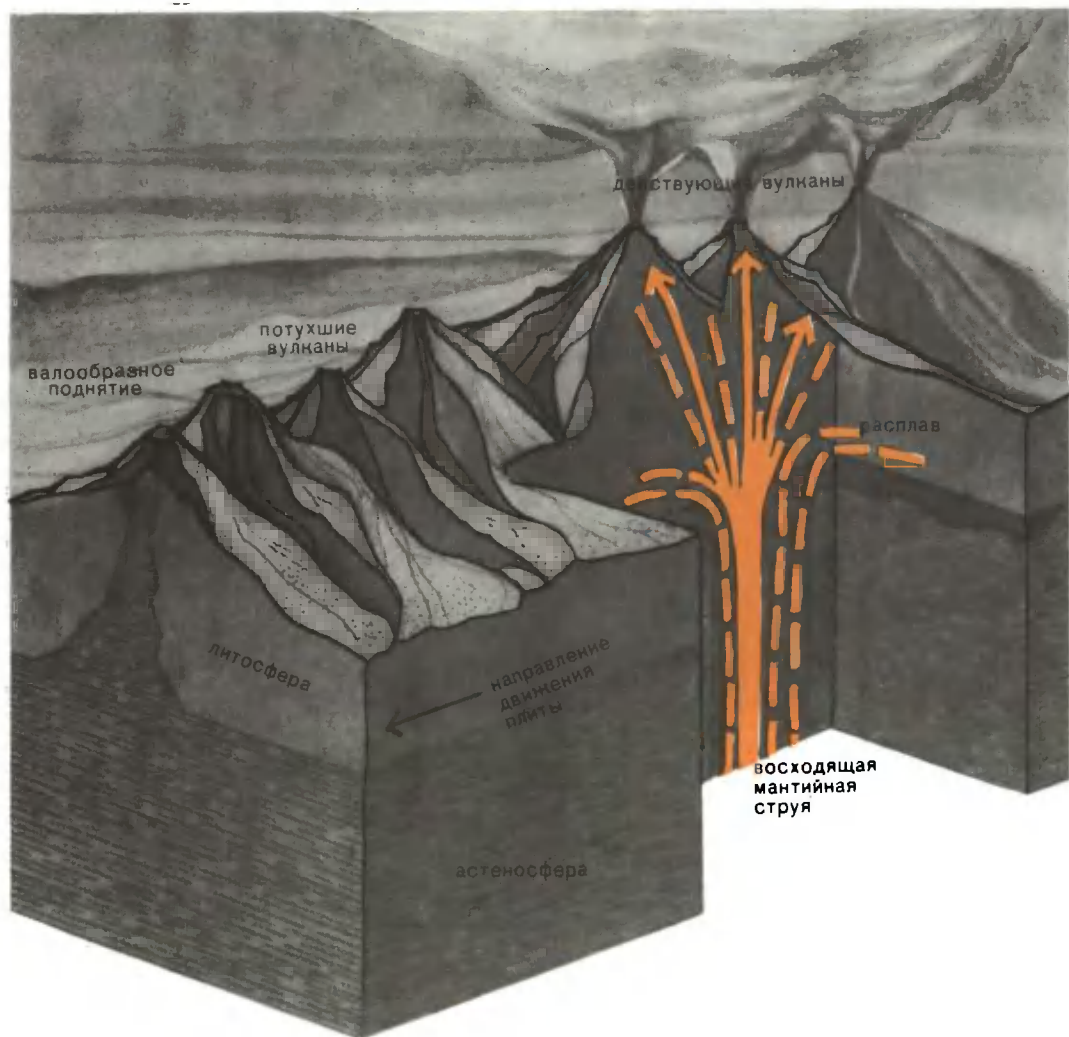
но считали, что восходящие конвекционные потоки имеют линейную форму и им на поверхности Земли соответствуют океанические рифтовые хребты. Позднее Дж. Морган обосновал также представление о потоках, поднимающихся из недр подобно столбам или струям в несколько сот километров в диаметре и затем растекающихся в виде плюмажей (подобно плюмажам дыма) в подошве астеносферы. Вот над такими-то восходящими струями разогретого глубинного материала и воз-

никают «горячие точки» на поверхности нашей планеты.

Если попытаться с этих позиций объяснить образование цепей островов и подводных гор типа Гавайско-Императорской, то получится картина, изображенная на нашем рисунке.

В РИФТОВЫХ ЗОНАХ И ВНЕ ИХ

Когда восходящий мантийный поток воздействует на литосферу, возможны два случая. В первом случае процесс не идет дальше «прокаливания» лито-



Возможная схема образования «следа» мантийной струи на литосферной плите. Над восходящей мантийной струей образуется поднятие, происходят извержения вулканов. По мере движения плиты (показано стрелкой) поднятие ото-

двигается от восходящего потока, вулканизм затухает. По мере движения плиты «след» все время наращается.

сферной плиты и валобразного вздутия ее поверхности. Этот случай иллюстрируется примером уже рассмотренной Гавайско-Императорской цепи и ряда других подобных структур в Тихом океане. К ним, например, относят цепи островов и подводных возвышенностей Туамоту—Лайн—Маркус—Неккер или Бас—Тубуаи—Самоа—Эллис—Гилберта—Маршалловых—Каролинских, а также другие образования подобного типа.

Но более обычен другой случай — когда над восходящей мантийной струей в результате напряжений, создаваемых растекающимся веществом, происходит раскол литосферы, формируется рифтовая зона. В этом случае «горячая точка» оказывается на оси рифтового хребта или в точке сочленения трех рифтовых зон, расположенных под углом 120° друг к другу. Теоретические расчеты показывают, что именно так должна раскалываться литосфера над восходящей струей и именно такие «тройные сочленения» действительно наблюдаются в природе (например, тройное сочленение рифтов Красного моря, Аденоского залива и Эфиопского¹). К числу примеров «горячих точек», расположенных на оси рифтовой зоны, по-видимому, можно отнести несколько подобных структур в Атлантике — районы вулканических о-вов Буве, Тристан-да-Кунья, Азорских о-вов, Исландии. В Тихом океане — «горячие точки» предполагаются в районе о-ва Пасхи, о-ва Ванкувер. Всего на осях рифтовых хребтов находятся свыше 20 предполагаемых «горячих точек».

Поскольку океаническая литосфера движется в обе стороны от рифтовой зоны, «горячая точка», находящаяся на оси хребта, может оставить два синхронно образующихся следа (цепи поднятий) на обеих плитах.

Примером таких следов являются подводные хребты Китовый и Риу-Гранди в Южной Атлантике. Образование обоих хребтов Вильсон и другие исследователи связывают с мантийной струей, расположенной (или располагавшейся в прошлом) в районе о-вов Тристан-да-Кунья и Гоф.

ЕСТЬ ЛИ СЛЕДЫ «ГОРЯЧИХ ТОЧЕК» НА КОНТИНЕНТАХ?

Если в океанах местоположение «горячих точек» можно определить по поло-

жению вулканических островов на «активном» конце островных цепей и подводных хребтов, а также в местах тройных сочленений, то на континентах дело обстоит значительно сложнее. Многие исследователи предлагают считать области активного вулканизма и поднятия следами «горячих точек» на поверхности континентальных частей литосферных плит. Таким образом, на земной поверхности удастся выделить около 40 «горячих точек» только в пределах континентов. Однако такой подход — чрезмерно упрощенный.

Обратимся для примера к Африке. Здесь известно несколько районов молодого, неоген-четвертичного вулканизма, сопровождающегося обычно неотектоническим поднятием. Такова обстановка в нагорьях Ахагар (Алжир) и Тибести (Центральная Африка), в центральных районах Ливии. Характерной особенностью всех этих районов является то, что вулканические ареалы и поднятия имеют изометрическую форму и не перемещаются, а остаются в одном и том же месте в течение нескольких десятков миллионов лет. А это возможно лишь в двух случаях. Либо Африканская плита остается в течение этого времени неподвижной, либо под указанными вулканическими районами нет мантийных струй. Неподвижность плиты — маловероятно. Об этом говорит факт расширения океанических рифтовых зон в Атлантике и к югу от Африки, а это вряд ли могло бы происходить при неподвижности Африканского континента. Остается, следовательно, другая возможность — источник вулканизма и поднятия (магматический очаг) расположен в подошве литосферы или в верхней части астеносферы и перемещается вместе с плитой. Естественно, такой очаг не может быть связан с фиксированной мантийной струей.

Если мы исключим из рассмотрения все «сложные горячие точки» и те которые прекратили свою активность к настоящему времени, то число «действующих» мантийных струй на Земле вряд ли превысит 15—20.

АФРИКАНСКИЙ РИФТ — ВОЗМОЖНЫЙ СЛЕД МАНТИЙНОЙ СТРУИ

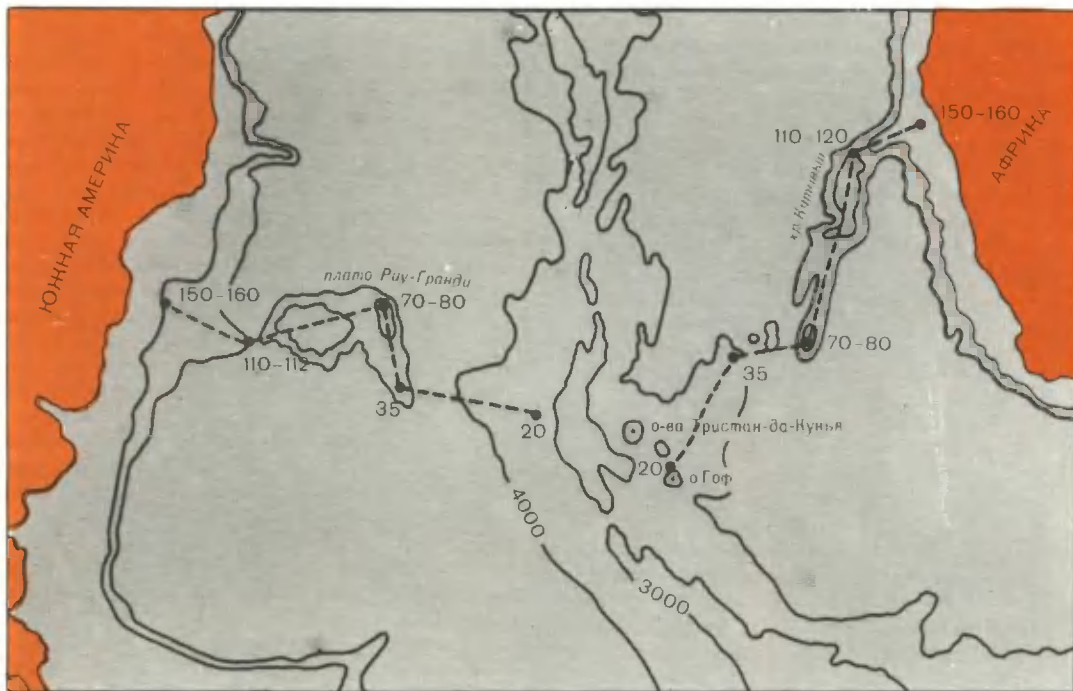
В отечественных и зарубежных работах не раз высказывалось предположение, что рифтовая зона Восточной Африки с ее мощным вулканизмом как-то связана с восходящим мантийным потоком.

В этой связи очень интересно распределение вулканических пород разного возраста вдоль Эфиопского и Кенийско-

¹ К а з ь м и н В. Г. Рифты континентов — зародыши молодых океанов. — «Природа», 1975, № 8.

го рифтов. Можно проследить, что раньше всего — в позднем мелу — вулканизм начался на северо-востоке, в области тройного сочленения Красноморского, Аденоского и Эфиопского рифтов. В олигоцене — раннем миоцене вулканическая область переместилась южнее, в район Эфиопского рифта, а в позднем миоцене (12—13 млн лет назад) она находилась уже в зоне Кенийского рифта. Наконец, 3 млн лет назад вулканизм начался на самом южном окончании рифтовой зоны в Северной Танзании. Если предпо-

сунке показаны разной штриховкой, можно рассматривать как проекции струи на поверхность плиты в разное время, а ось вулканического пояса — как траекторию дрейфа Африки. Если наши предположения верны, то, согласно траектории, величина перемещения Африки за 70—80 млн лет равна 1800 км, а средняя скорость движения составляет 2,2 см/год. Можно отметить также, что направление движения изменилось с восточно-северо-восточного (60°) на почти северное и что изменение это произошло где-то в олигоцене (пово-



Карта Южной Атлантики, показывающая хребты Китовый и Риу-Гранди. Оба хребта некоторыми геофизиками рассматриваются как «следы горячей точки», располагавшейся до нижнемiocенового времени на оси Срединно-Атлантического хребта. Литосферные плиты (Африканская и Южноамериканская) расходятся в стороны от хребта, как показано стрелками. При этом одновременно образуются два «следа» [по одному на поверхности каждой из них]. Пунктирная линия показывает движения плит, цифры обозначают время, когда данная точка находилась над мантийной струей. Формирование «следов» происходило в период от 160 млн лет до настоящего времени.

ложить, что распространение вулканизма на юг связано с продвижением Африканской плиты над «горячей точкой» в мантии, то области, которые на нашем ри-

рот вектора против часовой стрелки произошел в пределах области с началом вулканизма 30—35 млн лет назад).

В настоящее время мантийная струя должна располагаться по этой схеме где-то у южной оконечности Кенийского рифта — в районе высокой сейсмической активности и современного вулканизма (вулканы Килиманджаро, Хананг, Нгоронгоро, Ол-Доиньо-Ленгаи и многие другие).

ЧТО ЖЕ ДАЕТ ГИПОТЕЗА МАНТИЙНЫХ СТРУЙ?

В этом вопросе можно различать две стороны. Во-первых, если существование мантийных струй будет доказано (а для этого необходимы дальнейшие комплекс-

ные геофизические и геологические исследования), то значительно изменится наше представление о характере движения вещества в недрах Земли. Вместо замкнутых конвекционных ячеек, в которых вещество циркулирует от ядра к подошве литосферы и обратно, выявится более сложная система, включающая несколько восходящих струй грибообразно «расплывающихся» в астеносферном слое. Сами мантийные струи, возможно, удастся отождествить с поднимающимися массами менее плотного вещества — астенолитами, существование которых доказывалось рядом исследователей.

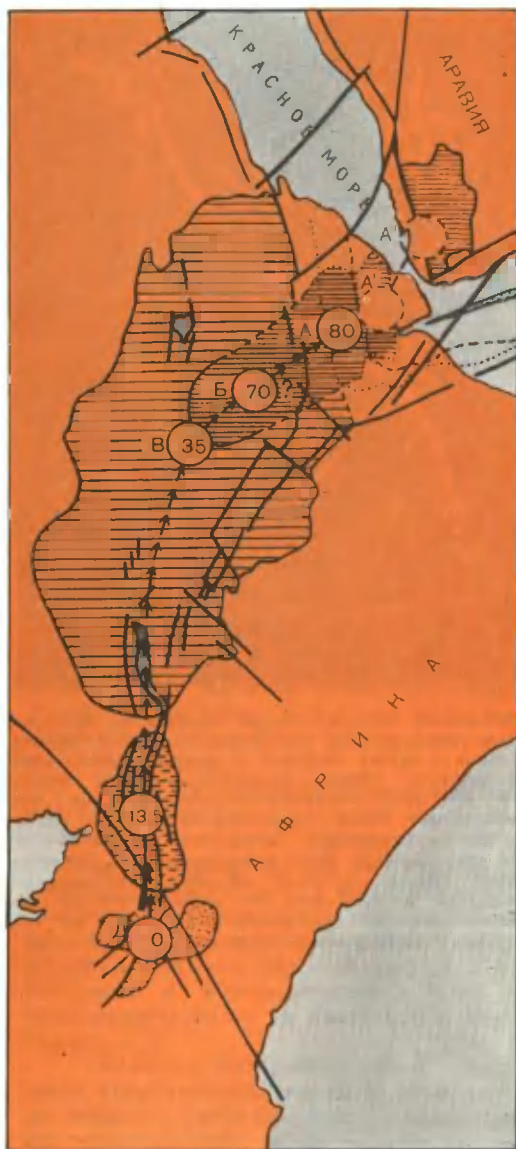
С другой стороны, открываются большие возможности для выяснения динамики движения литосферных плит и палеотектонических реконструкций. Обратимся к одному из интереснейших следов мантийных струй — хребту Китовому. Формирование этого следа началось с началом раскрытия Южной Атлантики, т. е. примерно 160 млн лет назад (океан проник в рифтовую зону несколько позже — 110—120 млн лет назад). Закончилось формирование следа примерно 20 млн лет назад — это возраст о-вов Тристан-да-Кунья и Гоф. Значит данный след отражает движение Африканской плиты за период 160—20 млн лет.

Траектория, полученная нами по зоне Восточного рифта, отражает движение Африки за период от 70—80 млн лет до настоящего времени. Теперь соединим эти две траектории (они частично перекрывают друг друга) и получим траекторию движения Африканской плиты за время от поздней юры до современной эпохи.

Если мы захотим узнать, например, где находилась Африка 160 млн лет назад, достаточно «вернуть» ее в исходное положение, следуя намеченной траектории. Важно отметить, что в соответствии с полученной траекторией меридиональная составляющая перемещения Африки за 110—120 млн лет равна 2400—2500 км. Вычисление палеоширот по остаточной намагниченности горных пород показало, что за это же время точка, соответствующая городу Найроби, переместилась с 20° ю. ш. до 1,3° с. ш., т. е. на 2100 км по меридиану. Как видим, величины меридиональной составляющей перемещения, вычисленные двумя независимыми методами, оказываются очень близкими.

Другое важное заключение, полученное в результате изучения следов «го-

Возможная интерпретация вулканической зоны Восточного рифта Африки как «следа горячей точки». Различной штриховкой показаны ареалы с разным временем начала вулканизма. Это время указано цифрами (в млн лет) в точках А, Б, В, Г и Д. Самый древний ареал образуется при слиянии областей развития позднемеловых базальтов Эфиопии и Йемена при сближении Африки и Аравии. Позднемеловое положение края Аравии показано точками, раннепалеогеновое — пунктиром. А' и А'' — перемещение точки А в процессе раскрытия Красного моря. Линия АБВГД со стрелками — траектория дрейфа Африки за 70—80 млн лет.



рячих точек», заключается в следующем. Траектория здесь не прямая и не является плавной кривой. Она состоит из двух отрезков восточно-северо-восточного направления (60°) и двух северо-северо-восточных отрезков ($20-30^\circ$). Ясно, что движение плиты было не прямолинейным и что направление движения периодически менялось. Изменения направления происходили каждые 35—45 млн лет и выражались в повороте вектора движения последовательно то по часовой стрелке, то против нее.



Суммарная кривая дрейфа Африки за 160 млн лет, построенная по двум «следам горячих точек» — хребту Китовый и вулканической зоне Восточного рифта. Цифрами указано время (в млн лет) прохождения данной точки над мантийной струей. Выделяются четыре эпохи дрейфа. В течение двух эпох [120—160 и 35—80] дрейф был субширотным, в течение двух других [0—35 и 80—120] — субмеридиональным. За 120 млн лет меридиональная составляющая дрейфа равна 2400 км, а по палеомагнитным данным — примерно 2100 км.

Скорость движения также была неравномерной: она то увеличивалась, то уменьшалась. Например, на отрезке 35—20 млн лет скорость движения Африканской плиты составляла 6,1 см/год, а на отрезке 20—13 млн лет — всего 2,5 см/год. Возможно, что периоды ускорения движения совпадают с периодами изменения направления.

Подобный характер движения характерен, по-видимому, и для других литосферных плит. Так, в следах тихоокеанских «горячих точек» можно увидеть резкие переломы, соответствующие эпохам изменения направления движения плиты. Судя по возрасту островов, в месте поворота (25—30 млн лет) изменение направления движения Тихоокеанской плиты произошло примерно в то же время, что и Африканской.

Эти факты имеют большое значение. Уже давно подмечено, что тектоническая активность на нашей планете протекает не равномерно, а импульсами. Советский геолог Г. Ф. Лунгерсгаузен суммировал данные о проявлениях складчатости, поднятий и опусканий, вулканизме и пришел к выводу, что интенсивность протекания всех этих процессов периодически усиливается, причем максимумы тектонической активности повторяются через 40—45 млн лет. Существование примерно сорокаmillionнолетнего ритма тектонической активности признается и рядом других исследователей. Если обратиться к рифтовым зонам, ограничивающим Африканскую плиту с запада и юга, к Африкано-Аравийской рифтовой системе и, наконец, к складчатому альпийскому обрамлению Африки и Аравии, то в развитии этих структур сорокаmillionнолетние ритмы выступают очень отчетливо. Например, эпохи 70—80 и 30—40 млн лет были эпохами максимальных деформаций сжатия в альпийском поясе. Одновременно — это эпохи наиболее интенсивного раскрытия рифтов Атлантики, Красного моря и т. д. Намечается, таким образом, возможность корреляции импульсов в движении литосферных плит с ритмичным протеканием тектонических процессов.

Многое в этой проблеме остается, разумеется, неясным. Неясно, прежде всего, чем обусловлен сложный характер движения плит, как далеко во времени прослеживается такой характер движения, имеются ли в этом движении более короткие и более длинные ритмы. Выяснение этих и других проблем — важная задача геодинамики.

Путешествие философии, или канцлер Бэкон и его переводчики

В. Я. Лакшин



Владимир Яковлевич Лакшин, кандидат филологических наук, историк литературы, критик. Занимается проблемами истории русской литературы XVIII—XIX вв. Автор книг: Толстой и Чехов. 2-е изд. М., 1975; Островский. М., 1976.

1

ПРЕДУВЕДОМЛЕНИЕ

Сейчас мне уже трудно вспомнить, когда и где увидел я впервые эту книгу. Быть может, на выставке редких книг в университетской библиотеке? Или в невероятном по богатству и полноте изданий XVIII в. домашнем книжном собрании профессора Александра Васильевича Корева?

Так или иначе, а книга эта немалого формата, одетая в свиную кожу, с красными буквицами на титульном листе осталась в памяти. Она была из тех книг, которые как-то особенно приятно держать в руках, перелистывать неторопливо. Бумага была толстая, пористая, с волоконцами, следами примитивной варки и неровностями по краям, и от нее исходил аромат почтенной и милой старины.

Но больше всего запомнилось витиеватое и чуть смешное современному уху название: «Житие...» и «Сокращение философии канцлера Франциска Бэкона Веруламского».

И неожиданное в соединении с этим именем — имя переводчика, славного российского поэта и профессора элоквенции Василия Тредиаковского.

Но я поглядел на эту двухсотлетнюю

книгу — и забыл ее. Забыл бы, наверное, прочно, если б не случай.

Разговаривал я как-то со своим старшим другом Игорем Александровичем Сацем. В молодые годы Сац был литературным секретарем Луначарского, на его руках Луначарский и умер в Ментоне, во Франции. Незадолго перед смертью, напомнил мне Сац, Луначарский, ушедший в последние годы от активной государственной работы и получивший почетную должность посла в Мадриде, куда он так и не доехал, составлял планы ближайших литературных работ. Среди них не последнее место должна была занять биография Фрэнсиса Бэкона.

Книга эта предполагалась для затейливой только что Горьким серии «Жизнь замечательных людей». Луначарский хотел разгадать загадку судьбы блестящего английского философа XVI в., современника Шекспира, которому одно время приписывали пьесы драматурга, человека Возрождения, достигшего вершин власти, но обвиненного в мошенничестве и едва не окончившего жизнь на плахе или в башне Тауэра.

Анатолий Васильевич успел написать лишь вступительные главы к этой книге, но работа у него шла вовсю. Литературу по «бэконовской теме» подбирал ему И. А. Сац, и он рассказывал, как ликовал



Франсис Бэкон. 1561—1626.

Луначарский, когда однажды на книжном развале у Сухаревки его секретарю удалось приобрести редчайшее издание XVIII в.—биографию Бэкона, переведенную Тредиаковским... Какие соблазнительные возможности исследования открывало неожиданное сочетание этих двух имен!

Я сказал Сацу, что тоже видел эту книгу, помню ее роскошный титул. Но после его рассказа разыгрался аппетит познакомиться с ней поближе. Любую плановую работу может перебить азарт случайной находки. Кажется, совсем близко лежит и подманивает соблазнительная загадка, удача будто сама плывет тебе в руки — это чувство знакомо любому исследователю. Мне, аспиранту университета, занимавшемуся тогда совсем иными литературными проблемами, вроде бы вовсе не с руки было браться за далекую и чужую область древностей российских. Но я заглянул в исследования по XVIII в., не нашел в них и следа упоминания об этой книге; не говорилось о ней почти ни слова и в биографиях Тредиаковского.

Тогда я выписал на свой абонемент в Научной библиотеке им. Горького «Житие» и «Сокращение философии канцлера Бакона» и незаметно ушел в их изучение с головой.

Судьба книги поразила меня. Почему перевел ее Тредиаковский? Кто анонимный автор (или составитель) оригинала? Отчего в конце книги «Сокращение философии», приплетенной к «Житию», стоит: «Конец первого тома». А где второй? Отчего книга прошла мимо внимания историков литературы и философии XVIII в.?

Вопросы обступали меня с разных сторон, я рылся в старинных каталогах и справочниках, листал уютные томики журналов XVIII столетия. Из России времен Елизаветы Петровны перебрался во Францию Людовика XV, а затем в старую Англию. За каждым следующим поворотом темы неожиданно открывался новый простор для исследований со своими тупиками и счастливыми догадками — и так всю зиму 1955/56 г. я провел, разматывая свиток судьбы старой книги.

Результатом стала эта работа.

Восемнадцатый век любил живописные и замысловатые названия. Была, помнится, в ту пору и такая книга: «Путешествие критики». Сюжет, который нам предстоит развернуть, подобало бы назвать: путешествие философии.

2

Изучение Тредиаковского приносит более пользы, нежели изучение прочих наших старых авторов.

А. С. Пушкин

Эти слова Пушкина до сих пор звучат укоризненным напоминанием для историков литературы и общественной мысли XVIII в. Судьба Тредиаковского — писателя и ученого, не признанного современниками, выносившего при жизни насмешки и оскорбления знатных покровителей, не была счастливой и в потомстве. Несмотря на усилия историков и литераторов (И. Введенского, П. Пекарского, А. С. Орлова), стремившихся вернуть Тредиаковскому заслуженное им место в летописях русской культуры и просвещения, многое в его творчестве и биографии остается гадательным и туманным.

Вряд ли найдется кто-либо, кто будет отрицать ныне бесспорные заслуги Тредиаковского в области филологии, рус-

ского стихосложения. Но другие важные стороны его литературной деятельности до сих пор остаются в тени. Мало знаем мы о Тредиаковском-просветителе и переводчике.

Для середины XVIII столетия особенно справедливо меткое словцо Пушкина: «Переводчики — почтовые лошади просвещения». Изучение переводной литературы XVIII в. — заманчивая задача. Ведь всякую книгу можно рассматривать и с точки зрения ее «абсолютной» ценности, как вклада в национальную и мировую культуру, сохраняющего значение для будущих поколений, и с точки зрения ее «относительной» исторической роли — влияния на современников. Переводная литература XVIII в. не имеет живого значения теперь. Но как факт исторический, как могучее в свое время средство воспитания и просвещения она бесспорно заслуживает внимания. Без учета переводной литературы нельзя сколько-нибудь полно очертить круг идей, культурных представлений русских людей, живших два столетия назад.

Итак, в 1760 г. из типографии Московского университета вышла книга о Бэконе в двух частях, совместно переплетенных. Первую часть составляло «Житие канцлера Франциска Бэкона», вторую — «Сокращение философии канцлера Бэкона». На титульном листе отмечено: «перевел с французского на российский Василий Тредиаковский, профессор и член Санкт-петербургския Императорския Академии Наук».

Книга, сохранившаяся в считанных экземплярах, выпала из поля зрения большинства исследователей литературы XVIII в. В академической «Истории русской литературы», где специальный раздел посвящен переводам Тредиаковского, нет даже упоминания об этом его труде. В наиболее полной и основательной биографии Тредиаковского, принадлежащей перу академика П. Пекарского, лишь мельком сказано о существовании перевода «Жития канцлера Франциска Бэкона», а вторая часть книги «Сокращение философии» не упомянута вовсе¹. Между тем

этот перевод Тредиаковского таит интереснейший неразведанный материал.

Книга Тредиаковского не имеет того академического, спокойно-поучительного характера, какой можно было бы ожидать по названию. Это не просто биография «великого мужа», изложение его философии и деяний. Книга о Бэконе тайно написана злобой дня. Мы находим здесь страницы жгучего социального памфлета, нелицеприятного «урока царям». Но повинен ли Тредиаковский в таком звучании книги? Ведь формально он числится лишь переводчиком. Конечно, нельзя приравнять роль переводчика к роли создателя, если... если только переводчик не проявляет слишком много самостоятельности в обращении с подлинником.

Не будем, однако, забегать вперед и назовем прежде французского автора книги, переведенной Тредиаковским. Имя его не значилось ни на обложке, ни в самом тексте русского перевода. Восемнадцатый век любил анонимность. Но французские справочники позволяют установить, что это был довольно известный в свое время литератор из круга «Энциклопедистов» Александр Делейр (Alex. Deleyre). Он составил краткое изложение философии Бэкона, к которому приложил и его биографию.

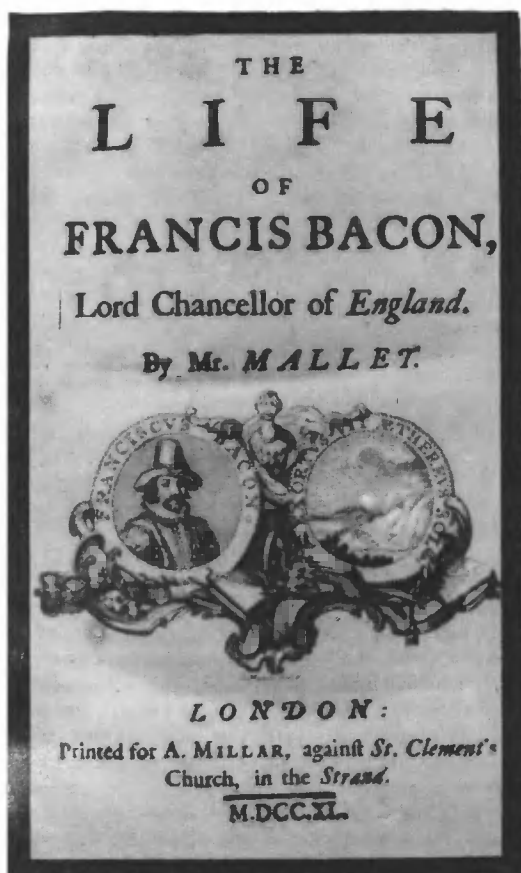
Однако французский источник перевода Тредиаковского не был в полном смысле слова оригинальным сочинением. В книге Делейра изложение философии Бэкона велось от лица самого философа, благодаря чему фрагменты из бэконовских сочинений (никак не выделенные в тексте) причудливо переплетались с толкованиями самого французского автора. Что же касается «Жития Бэкона» в книге Тредиаковского, то оно представляло собой — и в этом еще один сюрприз книги — перевод с перевода. Французы, как выяснилось из библиографических разысканий, заимствовали биографию философа у английского автора — Дэвида Моллета (D. Mallet).

Таким образом, при изучении книги Тредиаковского возникал эффект русской «матрешки»: перевод с французского имел более дальний английский первоисточник.

¹ См.: История русской литературы. Т. III. М. — Л., 1941.

В библиографических трудах (А. Смирдин, В. Сопиков и др.) даются неполные, а часто неверные сведения о переводе Тредиаковского. Единственным исключением является описание книги, данное в работе И. В. Шала «Тредиаковский как переводчик»

(«Труды Кубанского педагогического института», т. 2—3. Краснодар, 1928), где обследована вторая часть труда — «Сокращение философии» и при этом исключительно с лингвистической точки зрения.



Фронтиспис книги Д. Моллета «Жизнь Френсиса Бэкона, лорда-канцлера Англии» [1740].

За одним текстом просвечивал другой, за другим третий, но они не были идентичны и образовывали в книге как бы три слоя.

3

Франция, Италия, Германия, Англия, Россия восприняли его (Бэкона) в учителя и следуют наставлениям одного.

Из перевода
«Жития Бэкона»

В 1740 г. в Англии было предпринято издание первого полного собрания сочинений философа Френсиса Бэкона, по-

пулярность которого на его родине росла от десятилетия к десятилетию, поддерживаемая успехами опытных наук, развитием торговли и промышленного производства.

Вступительная статья к этому изданию была поручена молодому литератору и общественному деятелю Дэвиду Моллету, уже зарекомендовавшему себя в качестве поэта, критика и драматурга. Предисловие это разрослось в целую книгу, которая вышла в Лондоне в 1740 г. под названием «Жизнь Френсиса Бэкона, лорда-канцлера Англии»².

Об авторе бэконовой биографии британские энциклопедии рассказывают скупко. Дэвид Моллет (1705—1765) был сыном шотландского фермера. Нелегким трудом пробивал он себе дорогу к образованию и литературе. Служил швейцаром в Высшей школе Эдинбурга, потом домашним учителем в знатных семьях, чувствовал себя неуютно в гостининых английских аристократов. Его шотландское происхождение вызывало насмешки, и биографы отмечают, что поэт вынужден был сменить свою родовую «деревенскую» фамилию Моллош на звучащую более благородно — Моллет. Уже став признанным драматургом, автором известных баллад и песен, он продолжал нести ярмо зависимости от богатых покровителей, служил гувернером у герцога Монтроз и секретарем лорда Болинброка. Баллады и элегии Моллета не имели шумного успеха и при первом их появлении, ныне же совсем забыты; известностью пользуется в Англии до сих пор лишь одна из его баллад «Вильям и Маргарита». Впрочем, есть предположение, что Моллету принадлежит текст национального гимна «Правь, Британия». Но его неоспоримое значение в истории европейской культуры связано прежде всего с книгой о Бэcone, выдержавшей в течение XVIII в. более десяти изданий в Англии и за ее пределами.

Биография Бэкона не была для Моллета бесстрастным ученым трудом. Политические симпатии автора отчетливо проступали сквозь внешне объективную манеру письма. Дело в том, что в годы писания книги о Бэcone Моллет примыкал к якобитам, стоявшим в оппозиции к царствующему дому: они требовали возвращения Стюартов. Болинброк и его окружение, в которое входил и Моллет, были

² Mallet D. The life of Francis Bacon, lord chancellor of England. L., 1740.

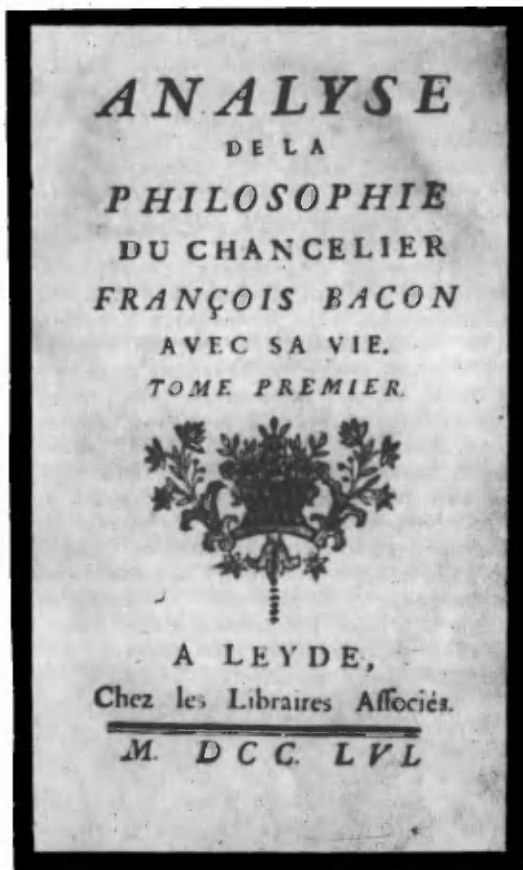
крайне враждебны королю Георгу II — жестокому и невежественному ганноверскому князьку, и его первому министру Уолполу. Про Уолпола шла молва, что он получил власть посредством интриг, подкупов и нечистых парламентских махинаций.

Партия Болинброка представляла интересы английской аристократии, но тем не менее сам он приобрел репутацию вельможи-вольнодумца, был ярким противником церкви и папства, дружил с Вольтером и внимательно следил за просветительскими веяниями на континенте. В политической борьбе с вигами Болинброк стремился использовать некоторые идеи, казавшиеся дерзкими и оппозиционными, в том числе реабилитировать наследие Бэкона.

Как раз в те годы в Англии побывал Вольтер. Увлечение философией и личностью Бэкона в кружке Болинброка он отметил в своих «Английских письмах». «Вольтер по возвращении из Англии еще под впечатлением разговоров с Болинброкком и его друзьями приветствовал Бэкона именем «отца экспериментальной философии», — пишет французский исследователь³.

Книга Моллета, ближайшего сподвижника и личного секретаря Болинброка, призвана была восславить Бэкона — человека и философа, выделив в его учении и биографии все созвучное политическим интересам оппозиции. Моллет воздаст должное философским заслугам Бэкона, который отважно выступил против представлений ученых, «состарившихся во мнениях». Ему импонирует, что Бэкон перенес внимание с иерархии понятий и идей на изучение самих вещей и их свойств, возведя в метод индукцию, основанную на опыте. Новый метод, поворачивающий умозрительную философию к практике, способствовал, по мысли Моллета, успеху Бэкона и в делах государственных. Деятельность канцлера основывалась на глубоком, всестороннем анализе положения нации и ее интересов.

Впрочем, Моллет очень скупо пишет о трудах Бэкона-философа, лишь кратко характеризует его теоретические взгляды. Это вызвало в свое время изящную насмешку одного из критиков — Варбуртона, заметившего, что «в своей прекрасно написанной книге о Бэконe Моллет забыл



Титульный лист книги А. Делейра «Анализ философии канцлера Франсиса Бэкона» [1756].

одну только вещь — что Бэкон был философом».

Зато в книге дана широкая историческая панорама, подробно и тщательно исполнены портреты королей, их любимцев, верховных судей, государственных послов и пэров эпохи двух царствований.

Моллет то и дело прерывает рассказ о Бэконe и на много страниц покидает своего героя, чтобы изложить, например, историю разорения королем Яковом своего вельможи — Уолтера или рассказать о причинах возвышения фаворита Вильера.

Не следует, впрочем, думать, что нанизывание биографий и длинные отступления были результатом литературной неопытности биографа. Композиция книги подчинялась сознательному замыслу. Вся

³ Fonçegrive G.-L. François Bacon. P., 1893, p. 320.

она выстроена по схеме, характерной для просветительского рационализма. Король — тиран, законопреступник, разоритель народа; с другой стороны, король — слуга нации, просвещенный властитель, ведущий народ к благоденствию. Лестцы-фавориты, «жадною толпой стоящие у трона»; и, как их антипод, мудрый (но обычно непризнанный) советник царей, патриот-просветитель.

Королева Елизавета изображена Моллетом как просвещенная и гуманная правительница. Она пользуется доверием нации, покровительствует наукам и искусству. Неумеренная идеализация сменяется грозным тоном обличения, как только Моллет принимается за описание царствования Якова. Яков, по Моллету, полная противоположность Елизавете. Это злой, неумный тиран, притесняющий народ, ведущий нацию к разорению и краху. Недалекий и малообразованный, он опьянен неограниченной властью, возможностью безнаказанного произвола. Он знает, что любой его шаг раболепно оправдают и восхвалят окружающие трон лестцы. Яков подбирает себе фаворитов, стараясь удалить от дел правления даровитых, умных и честных людей, и это отражается на состоянии науки, искусств и ремесел, пришедших в упадок в его царствование.

В характеристике Якова у Моллета, как и в его портрете Елизаветы, тщетно было бы искать исторической верности и точности; зато в Якове по многим приметам угадывался благополучно царствовавший современник Моллета Георг II. Образ ничтожного и жестокого деспота оказался довольно ядовитым и актуален. Именно поэтому книга Моллета, описывавшая события столетней давности, получила в Англии 1740 г. значение политического памфлета, а затем сыграла свою роль в деятельности французских и русских просветителей XVIII в.

В историческое исследование Моллет как бы перенес свой жар художника. Это не было редкостью в ту эпоху, когда литературные и философско-исторические интересы сплетались особенно тесно (вспомним хотя бы философские поэмы Попа, повести Вольтера и т. д.). Вот почему «Жизнь Бэкона» напоминает развернутый план просветительской драмы с четко определенными ролями: просвещенного государя (Елизавета), властителя-деспота (Яков) и философа-просветителя (Бэкон).

Вольтер верно заметил, что в кружке Болинброка, поднимая на щит учение

Бэкона, пробовали сделать непорочного героя и из самого философа. Для этого приходилось удалить из его биографии или смягчить в ней те места, которые не могли служить примером гражданских добродетелей. Личная репутация канцлера была сильно подорвана тем, что в конце своей блестящей карьеры он был обвинен в грандиозном мошенничестве и приговорен к тюремному заключению. Подобное пятно на личной чести философа и государственного человека могло отбросить добропорядочное английское общество и от самого учения Бэкона. «Ныне англичане,— писал Вольтер, несомненно имея в виду Болинброка и его круг,— пересматривают воспоминание о нем в такой мере, что едва признают его виновность»⁴.

Моллет выступил посмертным адвокатом философа. В своей биографии он утверждал, что в финансовом мошенничестве, послужившем причиной отставки и наказания Бэкона, виновен был не он, а другие придворные, и прежде всего, фаворит короля герцог Букингемский. Король Яков предпочел падение Бэкона унижению своего любимца. Бэкон был обвинен во взяточничестве и других преступлениях лишь за то, что скреплял канцлерской печатью бесчестные указы фаворита.

Моллету важно убедить своих читателей, что гений Бэкона процветает в благодетельные времена Елизаветы, тогда как в царствование Якова он унижен и отвержен. Гениальный ученый и великий политик, непонятый и обогланный своими современниками, вырастает у Моллета в фигуру трагическую.

4

В мире книг происходит то же самое, что с огнем наших очагов: сосед приходит к вам за огнем, переносит его к себе, дает другому соседу, и, в конце концов, он принадлежит всем.

Вольтер

Книга Моллета о Бэcone была скоро замечена во Франции и включилась в поток просветительской литературы, шедшей в те годы из Англии на континент.

⁴ Voltaire. Lettres écrites de Londres sur les Anglois. Francfort sur le Meyn, 1735, p. 63.

К 1742 г. относится первый французский перевод книги, выполненный добросовестным П. Бертенем и буквалистски передающий содержание английского оригинала. Во Франции книгу мало кто заметил.

Но в 1755 г. в Амстердаме — центре вольнодумного книгопечатания в ту эпоху — вышло новое издание «Жизни канцлера Френсиса Бэкона», которое имело источником все ту же биографию Моллета. Однако, по существу, это была другая книга. Дальнейшая история труда Моллета во Франции сплетается с судьбой вышедшего анонимно «Анализа философии канцлера Френсиса Бэкона». Эти книги не раз издавались под одним переплетом. Одно из французских изданий послужит основой переводческого труда Тредиаковского.

Трудно сейчас себе и вообразить ту меру опасной популярности, какую приобрело имя слившего полукрамольным заморского философа во Франции середины XVIII в.

Учение гениального англичанина пало на разрыхленную почву. Страна стояла на перепутье. Это была Франция, кичившаяся роскошью версальских дворцов и парков, тешившаяся небывало пышными королевскими охотами, расточительными забавами придворных праздников, отчаянно и вместе беспечно шедшая к экономическому и политическому банкротству; Франция, изнемогшая под бременем налогов, стесненная феодальными путами, готовая вспыхнуть возмущением крестьян, мелких торговцев и ремесленников. Это была страна иезуитских колледжей, клерикального фанатизма, неразрушенной Бастилии — и страна «Энциклопедии», «ученой республики», передовой философии, гуманистической этики, первоклассных достижений науки и литературы, — словом, Франция Вольтера, Гельвеция, Дидро, Руссо.

В эту пору французские просветители и написали на своем философском знамени имя Бэкона. Доверие к результатам непосредственного опыта, уничтожение предрассудков, узаконенных вековы-

ми авторитетами, церковь и схоластикой, привлекательная возможность простого и ясного объяснения мира — вот основы, по которым Бэкон был провозглашен отцом новой философии.

Вольтер первым открыл для французской публики значение Бэкона, назвав его труды «подмостками, на которых построена новая философия». Мнение Вольтера подхватили Даламбер и Дидро. Классификация наук, предложенная Бэконом, была положена в основу издания «Энциклопедии», а во вступительной статье к первому тому Бэкон был назван «самым великим, самым универсальным и самым красноречивым из философов». Немало потрудился для утверждения авторитета Бэкона-мыслителя во Франции Дидро. Он сам признавал это с гордостью: «Я полагаю, что научил моих сограждан уважать и читать Бэкона; в последние пять или шесть лет произведения этого глубоко-мысленного писателя перелистывались гораздо чаще, чем прежде»⁶.

Умозрительное философское наклонение умов, как известно, быстро перерождалось во Франции XVIII в. в направление, оппозиционное и политически. Признание опыта, естественной связи причин и следствий толкало к выводу о зависимости перемен не от божественного промысла, а от воли и разума людей.

Но Бэкон-философ и Бэкон-политик не были для просветителей одно. В социальных взглядах канцлера было немало устаревшего, реакционного, вот почему они подверглись заметной трансформации под пером его горячих почитателей. Во многих просветительских книгах Бэкон был так перетрактован и подан, что стал очень похож на атеиста и вольнодумца XVIII в. во французском парике и камзоле.

Сейчас, пожалуй, трудно даже вообразить, как возбуждающе, бунтарски звучало имя Бэкона в предреволюционной и революционной Франции конца XVIII столетия, каким порохом казались начинены страницы его книг. Недаром национальный Конвент победившей республики принял 25 брюмера III года специальный декрет: перевести и издать сочинения Бэкона «за счет нации». Пять лет спустя, на VIII году республики, вышло собрание сочинений Бэкона в пятнадцати

⁵ Analyse de la philosophie du chancelier François Bacon. V. I—II. Amsterdam, 1755. Издание повторено в следующем году с прибавлением биографии: Analyse de la philosophie du chancelier François Bacon, avec sa vie. V. I—II. Leyde, 1756.

⁶ Oeuvres complètes de Diderot (par I. Assezat). V. XIV P., 1876, p. 494.

томах. И не зря ярый враг республики, монархист и аристократ Жозеф де Местр начал свое нападение на принципы 1789 г. попыткой 'скомпрометировать философскую репутацию Бэкона. «Репутация Бэкона,— писал он,— восходит в самом деле лишь к Энциклопедии. Ни один основатель наук не знал его прежде и не опирался на него. Вольтер, Дидро, Даламбер рьяно восславили его...»⁷ Последнее было справедливо. Книга, которой занимался в России Тредиаковский, вышла из того же круга.

Это была своеобразная хрестоматия по социально-этическим взглядам философа, опубликованная в 1755 г. под названием «Анализ философии канцлера Френсиса Бэкона».

В некоторых отношениях учение Бэкона было «неправильно понято» просветителями отнюдь не случайно. К. Маркс видел в подобных эпизодах историческую закономерность. Отмечая в одном из писем, что французские драматурги со своими «тремья единствами» намеренно «не поняли» Аристотеля согласно «потребности их собственного искусства», Маркс приводил подобные же примеры из области государства, права и заключал: «Неправильно понятая форма есть как раз всеобщая форма, и на определенной ступени развития общества—форма пригодная для всеобщего употребления»⁸. Бэкон был намеренно «не понят» (или, скорее, понят в соответствии с новыми потребностями) автором «Анализа философии». И это содействовало широкой популярности книги, несмотря на нападки консервативных критиков. Один из современников писал: «Большинство образованных людей должны согласиться с тем, что они знают труды канцлера Бэкона только по «Анализу» его философии, опубликованному в 1755 г., немного спустя после появления большого словаря Энциклопедии. Это сочинение имело большой успех, что и не удивительно; оно прекрасно написано и целиком восходит к тону, господствовавшему тогда среди литераторов»⁹. Недаром в этой характеристике «Анали-

за» время его издания ставится в связь с изданием «Энциклопедии». Идеи этого труда и впрямь были вдохновлены отношением к Бэкону Вольтера, Дидро, Даламбера.

Кто же, однако, он — автор-составитель книги?

Один из немногих французских критиков, вспомнивших о нем спустя сто лет, писал: «Делейр, имя которого встречается лишь в мемуарах современников, был одним из второстепенных деятелей XVIII века, которые очень интересны для тех, кто внимательно их рассматривает. Это один из тех людей, какие бывают во все эпохи; они не достаточно сильны, чтобы быть творцами, но гораздо ценнее, чем большинство авторов»¹⁰.

Изучение трудов Делейра, его биографии и переписки подтверждает это мнение.

В пору написания «Анализа философии Бэкона», своей первой большой книги, Александр Делейр (1726—1797) был совсем молодым человеком. Из школы иезуитов в Бордо, где он воспитывался с юных лет, Делейр не только не вынес уважения к «священному ордену», но, напротив, проникся самой живой ненавистью к церковной аристократии, к фанатизму, попранию прав разума. Он появился в Париже, пройдя все искусы иезуитского воспитания, и с первых же литературных шагов проявил себя рьяным адептом новой просветительской философии и таким недругом церкви, какие могли выходить лишь из-за монастырских стен. Человек страстной веры, он и возненавидел ее страстно.

В столице Делейр завязывает близкие отношения с Даламбером, Дидро, Гриммом. Его приглашают сотрудничать в «Энциклопедии» и поврежденных изданиях, близких энциклопедистам. Для пятого тома «Энциклопедии» Делейр пишет статьи «Фанатизм», «Счастье» и ряд других¹¹. Он участвует в издании «Энциклопедического журнала» и «Ученого журнала», а в ноябре 1756 г. берет из рук Гримма редактирование «*Journal étranger*». В 1750-е годы Делейр становится видным

⁷ Maistre J. de. Examen de la philosophie de Bacon, v. II, 7 ed., 1864, Lion—Paris, p. 344.

⁸ К. Маркс Ф. Лассалю. 22.VII.1861. Маркс К., Энгельс Ф. Собр. соч. Т. XXV, с. 395.

⁹ Luc J. A. de. Précis de la philosophie de Bacon, V. I. P., 1802, p. 30.

¹⁰ «Constitutionnel», 1863, mars 2, 9.

¹¹ Делейра обычно называют автором одной лишь статьи в «Энциклопедии» — «Фанатизм». Переписка Делейра с Руссо дает возможность утверждать, что его сотрудничество в этом издании было несравненно более широким.

журналистом, ревностным сторонником «литературной республики» просветителей. В эти годы он особенно близко сходится с Руссо, становится его доверенным лицом и постоянным корреспондентом. То чувствительный, то беспокойный, то застенчивый, то искренний до жестокости, Делейр представляет для Руссо «родную душу». Долгие часы проводят они в дружеских беседах в Монморанси, спорят, совместно музицируют (известны романсы Руссо, слова к которым написаны Делейром). В своих письмах к Руссо Делейр подписывается: «Ваш страстный поклонник и слабый подражатель».

Однако Делейр ведет себя вовсе не как покорный ученик, польщенный дружбой великого философа. Все чаще он проявляет себя задиристым спорщиком, не робеющим перед авторитетом. Руссо признавался с ноткой досады: «Делейр, думающий, по существу, как и я, любил разгневаться меня и толкнуть на спор»¹². Письма Делейра 1750-х годов говорят о последовательности, иногда даже чересчур жесткой, политических взглядов автора «Анализа». Вот характерный отрывок из письма к Руссо этого пылкого вольнодумца, где он пытается критиковать «слева» высокочтимого им Дидро: «У меня такой негибкий ум, что я не умею подправлять истину. Я не желаю добра г-ну Дидро за то, что он сказал в статье, «Власть», которую я читал вчера, что по отношению к тщеславным, несправедливым и жестоким царям существует одна возможность — подчинения и молебь. Конец этой статьи не соответствует ее началу. Не надо касаться того, чего не можешь изменить по своему желанию; сильная душа, показавшая свою слабость, разрушает собственное творение. Если я льстец в одном случае, а в другом прослышу сатириком, то никогда не буду признан другом истины»¹³.

Резкость взглядов молодого энтузиаста, его «негибкий ум», задиристость и непреклонность отчетливо сказались в политической окраске книги о Бэконе. Просветительский радикализм заметен и в последующих книгах Делейра «Гений Монтескье» (1758) и «Дух Сен-Эвремона» (1761).

Дальнейшая личная судьба Александра Делейра интересна как логическое завершение пути философа той эпохи. В 1760-е годы он становится учителем наследника Пармы, мечтая, видимо, воспитать своего ученика в духе союза философов и государей. Эти благие иллюзии вновь слабеют у Делейра с приближением революции. Избранный депутатом в революционный Конвент, он высказывается против снисхождения к Людовику XVI. История сохранила его торжественную и беспощадную фразу: «В интересах рода человеческого я голосую за смерть». Умер Делейр членом Совета пятисот и Академии «бессмертных», увенчанный государственными и научными почестями.

В своем самом значительном труде — «Анализе философии канцлера Бэкона» — Делейр не только давал бой фанатизму, схоластике, но под покровом историко-философского исследования решился обсудить некоторые насущные темы. Хотя книга и носила название «Анализа», она, подобно книге Моллета, представляла собой свободное изложение философских, этических и социальных идей Бэкона, только на этот раз от лица самого английского философа. В композиции книги Делейр воспользовался общим планом «Нравственных и политических очерков» Бэкона, где без строгой последовательности, как в энциклопедическом словаре, шли рассуждения «Об истине», «О смерти», «О несчастье» и т. п. Некоторые главы «Анализа» Делейр сам сконструировал по этому образцу.

Философские рассуждения Бэкона в «Новом органоне» и «Усовершенствовании наук» Делейр использовал в написанных (или, скорее, составленных) им главах — «О методе», «О метафизике», «Об опыте» и некоторых других. Он стремился дать французскому читателю популярное представление о научном методе Бэкона, свободно перетолковывая его идеи в духе энциклопедистов. Его не стесняло то, что для этого нужно было «обновлять» текст автора, делать многочисленные изъятия и вставки, иногда в корне менять смысл фразы.

Вот некоторые показательные примеры.

Одна из наиболее интересных Делейра в «Анализе» тем — это вопрос о государственной власти. В главе «О самодержавии или искусстве повелевать» из «Очерков» Бэкона Делейр находит интересный его материал, но обходится с ним более чем свободно.

¹² Correspondence générale du J. J. Rousseau. V. II, P., 1924, p. 340.

¹³ Rousseau J. J., ses amis et ses ennemis. V. I, P., 1865, p. 137.

У Бэкона

Самый обыкновенный недостаток государей, как замечают Тацит и Саллюстий, состоит в противуречии их желаний. Это самая обыкновенная слабость государя; ему противно исполнение им самим отданного приказания; он жаждет результата и не может выносить способа для его достижения.

(Бэкон Ф. Собр. соч. Пер. П. А. Бибилова. Ч. II, СПб, 1874, с. 371)

У Делейра

Самые большие недостатки в правлении происходят от недостатков властителя, когда государи хотят чтобы все осуществлялось, но не принимают никаких мер и никакого не просят совета, кроме совета своей собственной власти.

(Deleyre A. Analyse de la philosophie., v. I, 1755, p. 220)

Вывод Делейра полярно противоположен сказанному у Бэкона. Канцлер готов упрекать государей в нерешительности, призывает их к последовательности и твердости. Для Делейра же самовластие — основной порок правления.

В той же главе «Очерков» Бэкон пишет об отношении государства к духовенству: «... Духовенство может быть опасно для правительства в двух только случаях, а именно, когда оно зависит от иностранной власти и когда раздача приношений находится во власти народа или

непосредственных его властителей»¹⁴. Делейр — ненавистник церкви — заменяет это рассуждение Бэкона решительным политическим афоризмом: «Духовенство излишне богатое и сильное — пагубное бремя государству»¹⁵.

Осторожные и доброжелательные советы канцлера своему государю Делейр превращает в требование к властителям исполнять свой долг по отношению к народу, интересам нации. Делейр подчеркивает обязанности царей перед законом и делает смелое сопоставление, на какое у Бэкона нельзя найти и намека:

У Бэкона

Правила, которые можно предложить государям, изображены в двух следующих предостережениях Священного Писания: Не забывай в то же время, что ты бог на земле (или наместник божий); одно предостережение должно служить уздой для власти, другое — для воли.

(Бэкон Ф. Собр. соч., с. 374).

У Делейра

Государи должны управлять своими народами согласно государственному закону, как бог правит миром согласно законам естественным.

(Deleyre A. Analyse de la philosophie., v. I, p. 224).

Критика теории божественного происхождения власти смыкалась с критикой деспотизма во всех его видах.

Тем же вольнодумным духом веет и со страниц французского перевода «Жизни канцлера Бэкона», вышедшего отдельным изданием одновременно с «Анализом» и продававшегося в парижских книжных лавках в качестве дополнительного

третьего тома к сочинению Делейра¹⁶. Во втором издании (1756) биография Бэкона

¹⁴ Бэкон Ф. Собр. соч. Пер. П. А. Бибилова. Т. II. СПб, 1874, с. 373.

¹⁵ Deleyre A. Analyse de la philosophie du chancelier François Bacon avec sa vie. V. I, 1755, p. 221.

¹⁶ См. запись в дневнике Ф. М. Гримма за ноябрь 1756 г.

уже открывала «Анализ философии», входя в состав первого тома.

В отличие от своего предшественника П. Бертена, новый переводчик книги Моллета не захотел назвать имя автора, оговорив лишь на титульном листе ее заимствованный характер — «переведено с английского». Впрочем, переводчик не упомянул и своего имени, оставив его на догадку потомкам. Большинство библиографов (Ж. Ш. Брюне, Ж. М. Керар, А. А. Барбье, Н. Губерти, Н. Мельникова), из которых каждый следует указаниям своего предшественника, называют в качестве переводчика «Жизни Бэкона» издания 1755—1756 гг. некоего Пуйо (N. N. Pouillot). Вероятно, первый библиограф, описывавший анонимную книгу, заимствовал имя Пуйо из рекламных каталогов или издательских бумаг. Однако многое заставляет усомниться в том, что это реальное лицо. Ни в мемуарах, ни в переписке современников, ни в других изданиях XVIII в. мы не обнаружили имени Пуйо, а круг образованных людей в ту пору был не так уж широк. Между тем самостоятельность и оригинальность взглядов, проявившаяся в обработке переводной книги, вряд ли могли отличать случайного переводчика, литератора, лишь однажды взявшегося за перо и оставшегося неизвестным своим современникам, несмотря на успех книги. Мысль о псевдониме навевает и необычность самого имени (Pouillot — Печочка) и многозначительность инициалов N. N.

Словом, вполне правдоподобно будет предположить, что перевод «Жизни Бэкона», как и «Анализ философии», принадлежит перу Александра Делейра. Что же могло заставить его скрыть свое участие в переводе биографии Бэкона?

«Анализ философии», как уже упоминалось, был также издан анонимно. Но читающей публике скоро стала известна фамилия Делейра, да он и не имел оснований скрывать свою причастность к изданию «Анализа». Уже самым названием книги составитель-переводчик освобождал себя от обязательств строго следовать тексту Бэкона. Другое дело — чересчур свободный и политически тенденциозный перевод «Жизни Бэкона», книги современного английского автора, уже ранее известной французам по скрупулезно точному изданию 1742 г. Проверить адекватность нового перевода было весьма нетрудно, а это не предвещало добра переводчику-вольдумцу. Однако вмешательство переводчика в текст Моллета прошло сначала

незамеченным, и потому Делейр включил впоследствии «перевод Пуйо» без всяких ссылок на переводчика во второе издание своего «Анализа».

При всей примитивности авторского права в ту далекую эпоху факт этот показателен и говорит в пользу предположения об участии Делейра в переводе. Но, пожалуй, самым веским доводом может служить характер переделок, произведенных переводчиком книги Моллета и удивительно сходных с приемами обработки материала в «Анализе». Переводчик биографии Бэкона, по существу, превратился в соавтора Моллета, взяв его изложение как канву, которую он расшил своеобразными политическими узорами, имея в виду прямое применение идей книги к французской жизни своего времени.

Трудно указать две-три идущие подряд страницы книги Моллета, которых не коснулась бы переделка.

Переводчик, не смущаясь, пропускал те места книги, которые содержали подробности, не составлявшие для французских читателей злободневного интереса, биографии второстепенных деятелей Англии и людей из окружения Бэкона. Так, например, была выкинута история смерти отца Бэкона, рассказанная как старомодный анекдот. Вместе с тем переводчик весьма бережно сохранил характеристики вельмож и фаворитов в тех случаях, когда они могли напоминать читателям современных французских деятелей. А кроме того, в переводе добавлены были некоторые важные рассуждения и подробности.

Моллет пишет, например, что реформы Елизаветы «быстро восстановили ценность денег, а вместе с этим доверие и расположение народа». Французский переводчик ставит здесь запятую вместо точки и продолжает мысль: «...доверие и расположение народа, верный источник богатства, или, лучше сказать, единственное истинное богатство государства».

Автор перевода тревожит бедственное состояние финансов Франции, запутанность и тягота налогов, и он, где это возможно, рассыпает похвалы Елизавете Английской за укрепление денежной системы без помощи новых поборов. «В начале царствования (Елизаветы) нация, — пишет Моллет, — имела долг в четыре миллиона — сумма в те времена невероятная — и только ее экономия («без налогов и податей» — вставляет переводчик), помогла этот долг выплатить».

Переводчик эмоционально раскра-

шивает и усиливает те места, где говорится о паразитизме и бесполезности фаворитов. Про одного из фаворитов Якова Моллет пишет, что он одаривал своих родственников привилегиями, «которые тяжёлым бременем ложились на весь народ», — «...платящий всегда за безумства своих властителей» — добавляет переводчик.

Переводчик стремится подвести государей под те же категории нравственного и общественного закона, что и простых смертных. В первом же абзаце книги рассказывается об «обычае древних египтян» подвергать беспристрастной оценке жизнь и деяния умершего человека. «Ни достоинства, ни способности, ни выдающиеся заслуги не могли защитить от этого беспристрастного суда», — говорит Моллет. «Даже цари были ему подсудны» — добавляет переводчик, хотя в подлиннике о царях и речи не было.

Автор говорит о слабости Якова к самовозвеличению. Переводчик добавляет: «а было их (слабостей) у него много». Автор, описывая кровавые стычки реалистов с номиналистами, замечает, что такой способ решения споров обычен между людьми. Переводчик продолжает: «...Какая бы ни была причина, приводящая их к несогласию, важная или незначительная, жестокость — последнее их доказательство. Это говорилось о королях (переводчик делает вид, что таково расхождение мнения! — В. Л.), но можно сказать то же и о всем человеческом роде».

Легко заметить тенденцию переводчика к современным «применениям» с помощью возведения конкретных событий в общий закон.

Моллет пишет о том, что король предпочел падение Бэкона удалению любимца Букингема, «потому что, — добавляет переводчик, — при дворе приятные люди имеют всегда преимущество перед теми, которые просто необходимы». В другой раз, говоря о поддержке нации, какой пользовалась просвещенная государыня Елизавета, переводчик не может удержаться от добавления: «...Не многие государи пользуются такой славой и благополучием».

Целые абзацы, самолично вписанные переводчиком в оригинал, вошли в состав книги. Так, переводчик сожалеет о губительном невнимании правителей к развитию науки во Франции. «...Как мало Франция использовала намерения Карла Великого и предпринятые им в прошлом веке старания для введения наук в своем

государстве!» — восклицает он. Или еще любопытное высказывание, целиком сочиненное переводчиком и толкующее о гражданском долге историка: «...Хотя историк и останавливается, естественно, с удовольствием на блестящих качествах своего героя, но Гражданин, который хочет быть полезен людям, не будет стараться сглаживать и прикрывать пятна в том, о ком он пишет историю, потому что в интересах общества быть осведомленным и о том, и об этом».

Таковы лишь некоторые примеры разноточий в книге Моллета и «переводе Пуйо», показывающие, какие важные изменения претерпела английская биография Бэкона, прежде чем она попала в руки Василия Кирилловича Тредиаковского.

К книге Моллета во французском издании сделаны были весьма существенные приложения, вошедшие впоследствии и в состав труда Тредиаковского. Это «Опыт о королеве Елизавете» Бэкона и «Похвалы канцлеру Бэкону». «Опыт» был переведен с очевидной целью выделить портрет просвещенной властительницы, прибавить лишний «урок царям». Второе приложение — «Похвалы канцлеру Бэкону» — заключало в себе обзор хвалебных отзывов о философе Декарта, Гассенди, но прежде всего, конечно, энциклопедистов. О Вольтере здесь говорится так пылко, что можно подумать, будто Бэкон в данном случае лишь предлог: «Признанная репутация г. Вольтера способна затмить навеки славу Бэкона одной этой речью. Пусть не считают читатели бесполезным для себя то, что представляется высшему зрению человека единственного в своем веке и, быть может, во всей истории человеческой мысли. «Новый органон» — это лишь подмости, но на них будут строить во все времена».

И точно также, процитировав высказывания Даламбера и Дидро о Бэконе, составитель книги незаметно переходит от похвал Бэкону к похвалам самим деятелям «Энциклопедии».

Во французском издании «Жизнь Бэкона», таким образом, прямо перекидывался мост от философии Бэкона к учению материалистов-просветителей.

Выход в свет «Анализа» и «Жизни Бэкона» был заметным событием во Франции. Об этом можно судить по острой полемике, разгоревшейся в 1756 г. вокруг изданий Делейра. В спор включились известные журналы того времени.

Решительно поддержал книги о Бэконе только что созданный «Энциклопе-

дический журнал». Во вступительном обращении к читателям в № 1 журнала была подчеркнута связь философии Бэкона и идей энциклопедистов. «Разрешите нам, — писали издатели, — представить публике и нашим сподвижникам в качестве самого благожелательного предзнаменования для нашего журнала преимущество дебютировать статьями о философии канцлера Бэкона и о пятом томе Энциклопедии. Эти два труда так существенно связаны, что их нельзя разъединить, не потеряв хоть один из тех лучей света, которыми они обмениваются и которые бросят на нас самый счастливый отсвет»¹⁷.

Следуя этому заявлению, редакция открывала первый номер журнала рецензией на новое издание «Жизни Бэкона», а в следующих номерах подробным разбором откликалась одновременно на выход пятого тома «Энциклопедии» и «Анализа философии канцлера Бэкона». Нечего и говорить, что рецензии настойчиво рекомендовали эти книги читателям.

Зато яростной атаке подверглось издание Делейра со стороны парижского Булгарина той поры — Фрерона и его журнала «Литературный год». Фрерон, которого Вольтер ядовито называл «отставным иезуитом, чей Парнас помещается то в Бисетре, то в ближайшем кабаке», заслужил в истории славу злейшего врага энциклопедистов, защитника устоев абсолютистской монархии. При выходе просветительских книг о Бэконе он никак не мог пропустить случая напасть на вольнодумцев. Этот предшественник Жозефа де Местра первым взялся за «очищение» Бэкона от наслоений «либертинажа». Трудно было не заметить существенных расхождений в книге Делейра с бэконовским оригиналом, и Фрерон как патентованный доносчик объявил об этом во всеуслышание: «...Я перелистал всего Бэкона, — писал Фрерон, — чтобы найти у него две или три фразы, смысл которых сохранен в переводе, и мне не удалось этого сделать; зато я обнаружил в переводе весь план предисловия к «Энциклопедии», большое количество статей, включенных в словарь «Энциклопедии», и всю основу «Мыслей к объяснению природы» (речь идет о сочинении Дидро. — В. Л.). Фрерон негодовал на то, что имя Бэкона пытаются использовать, «чтобы поддержать ложные идеи, ко-

торым хотят придать цену некоторые новые философы»¹⁸.

Делейр не остался у Фрерона в долгу. В октябре 1756 г. он выпустил книгу «Обзор статей Фрерона», в которой, по словам Гримма, «свел счеты» с этим продажным журналистом, изобразив его неприглядную литературную и политическую карьеру и защитив попутно некоторые сочинения энциклопедистов, в том числе «Анализ философии».

Книги о Бэконе, попавшие в 1756 г. в центр литературной полемики во Франции, обратили на себя внимание и в далекой России. Необычная судьба книги, попавшей из Англии на материк, ее путешествие по городам и странам получили неожиданное продолжение.

(Окончание следует)

¹⁸ L'année littéraire, par M. Fréron. V. II, 1756, p. 216.

¹⁷ «Journal encyclopédique», 1766, № 1, janvier, p. 12.

Награждения

Золотые медали им. М. В. Ломоносова 1976 г.

2 марта 1977 г. на годичном Общем собрании Академии наук СССР высшие награды АН СССР в области естественных наук — золотые медали им. М. В. Ломоносова за 1976 г. были вручены академику С. И. Вольфовичу за выдающиеся достижения в области химии и технологии фосфора и разработки научных основ химизации сельского хозяйства и академику Академии наук ГДР Г. Кларе за выдающиеся достижения в области химии и технологии искусственных волокон.

С. И. Вольфович — выдающийся советский специалист в области химии и химической технологии, а также разработки научных основ химизации сельского хозяйства. С 1920 г., работая в Научно-исследовательском институте удобрений и инсектофунгицидов им. Я. С. Самойлова, он принимает активное участие в становлении и развитии отечественной химической промышленности, решая актуальные задачи химии и технологии минеральных удобрений, кормовых средств для животноводства, пестицидов и солей.

Особенно велик вклад С. И. Вольфовича в исследования химии и технологии фосфора и его соединений. Им изучены процессы электротермического восстановления фосфора из отечественных фосфорных руд, благодаря чему созданы первые советские промышленные электропечи. К этому же периоду относятся работы С. И. Вольфовича

по технологии простого суперфосфата и разработка процесса производства обогащенного суперфосфата, а несколько позже им предложен новый цикл кислотной переработки фосфоритов, разрешающий задачу получения концентрированных удобрений (амофоса, двойного суперфосфата и др.) из низкокачественных фосфоритов при полном использовании сырья и с экономией серной кислоты. На основе этих исследований в 1928—1930 гг. спроектирован и освоен первый цех по производству амофоса — одного из наиболее эффективных удобрений.

В связи с открытием в 20-е годы мощных месторождений апатитовых руд на Колском п-ве С. И. Вольфович возглавляет работы по кислотной, щелочно-термической и термической переработке этих руд на различные фосфорсодержащие удобрения, а также работы по переводу действующих суперфосфатных заводов на новое апатитовое сырье. В результате хибинский апатитовый концентрат до настоящего времени — основное сырье при производстве минеральных удобрений в нашей стране, а также используется в ряде зарубежных стран.

Большое научное и промышленное значение имеет разработанный под руководством С. И. Вольфовича комплексный процесс азотокислотной переработки апатита для получения сложных азото-фосфор-калийных удобрений с использованием фтора и редкоземельных элементов. Эти исследования положены в основу промышленного производства обесфторенных фосфатов, с успехом применяемых в сельском хозяйстве.

С. И. Вольфович — участник освоения первого завода по синтезу аммиака, инициатор производства синтетической мочевины в СССР, а

также активный пропагандист применения ее в качестве удобрений. Впоследствии он разрабатывает способ производства фосфатов и полифосфатов мочевины, а также тройного удобрения — карбоаммофоски.

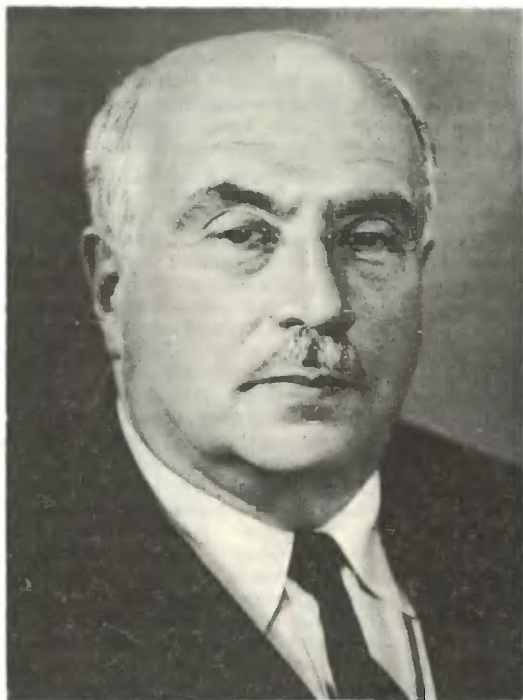
После открытия в районе Соликамска крупнейшего месторождения калийных солей С. И. Вольфович с сотрудниками составляет первую технологическую схему их переработки в хлористый кальций. Таким образом, С. И. Вольфович — активный участник работ по становлению и развитию в Советском Союзе всех трех «китов» промышленности минеральных удобрений — фосфорных, азотных и калийных.

В последние годы С. И. Вольфович занимается разработкой перспективных методов получения новых видов комплексных твердых и жидких удобрений на основе конденсированных фосфатов (соединений с ковалентной связью азота и фосфора); кроме того, он ведет исследования, направленные на глубокое совершенствование процессов электротермической возгонки фосфора и термической диссоциации фосфатов в газовых, электровakuумных и плазменных печах. Им издан ряд монографий и учебников для высшей школы, среди которых особое место занимает фундаментальный труд — «Основы химической технологии», переведенный на несколько языков.

С. И. Вольфович награжден пятью орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени, Государственной премией СССР, золотой медалью им. Д. И. Менделеева.

Академик Н. М. Жаворонков
Е. Л. Кривовязов
Кандидат химических наук

Москва



С. И. Вольфович.



Г. Кларе.

Г. Кларе — известный специалист ГДР в области химии и технологии химических волокон. Еще в 50-х годах им был проведен цикл работ по изучению процессов формирования вискозного волокна, в частности влияния состава реагентов прядильных ванн, с целью направленного регулирования физико-механических свойств этих важных видов искусственных волокон. Результаты исследований были с успехом использованы на предприятиях ГДР и других стран для производства вискозного волокна улучшенного качества, в особенности для получения высокопрочных кордных нитей.

Существенным вкладом в развитие химии и технологии синтетических волокон являются труды Г. Кларе в области современных типов полиамидных и полиэфирных волокон. Важное значение для производства высококачественного полиэфирного волокна имели

его работы по получению исходных продуктов для этого синтеза.

Многолетние исследования Г. Кларе посвящены главным стадиям получения полиамидных волокон, в частности процессам полимеризации капролактама, формирования волокна из поликапролактама и дополнительной обработки волокна путем вытягивания и термобработки; эти процессы в значительной степени определяют весь комплекс физико-механических свойств готовых волокон. Результаты работ использованы в производстве и позволили улучшить качество продукции и интенсифицировать технологический процесс.

Большое значение для подготовки и повышения квалификации специалистов промышленности химических волокон имеют монографии Г. Кларе по химии и технологии полиамидных волокон, переведенные на русский язык.

Г. Кларе ведет большую научно-организационную работу. На протяжении многих лет он руководил научно-исследовательским Институтом химических волокон (ныне Институт химии полимеров АН ГДР). В настоящее время Г. Кларе — президент Академии наук ГДР, руководит развитием научных исследований в стране и активно содействует расширению научных связей с СССР и другими социалистическими странами. Он один из инициаторов и плодотворного сотрудничества ученых социалистических стран в области высокомолекулярных соединений.

Г. Кларе — иностранный член Академии наук СССР, Чехословацкой и Польской академий наук; дважды лауреат Национальной премии ГДР.

З. А. Роговин
Доктор технических наук

Москва

Синтез «обойденных» элементов с участием нейтрино

Г. В. Домогацкий (Институт ядерных исследований АН СССР) и Д. К. Надежин (Институт прикладной математики АН СССР) предложили новый механизм синтеза ряда изотопов тяжелых элементов¹, известных в теории ядерного синтеза под названием «обойденных». Основную роль в этом механизме играют электронные нейтрино (ν_e), испускаемые сколлапсировавшим горячим ядром Сверхновой в момент, непосредственно предшествующий вспышке звезды.

До сих пор считалось, что синтез ядер может происходить лишь при слиянии ядерных частиц, таких как протоны, нейтроны, α -частицы и более тяжелые ядра, а также при участии электронов и, быть может, фотонов. Наиболее стабильные элементы так называемого железного пика — V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni — образовались в результате β -процессов на завершающей стадии эволюции звезд, когда исчерпались ядерные источники энергии и вещество оказалось в состоянии термодинамического равновесия. Эта стадия в жизни звезд считается катастрофической, так как она приводит к коллапсу и последующим взрывам Сверхновых, которые обогащают межзвездную среду наиболее тяжелыми элементами.

Для образования элементов тяжелее элементов железного пика требуются условия, принципиально отличные от условий термоядерного синтеза: необходимы значительные потоки нейтронов. В результате последовательного захвата нейтронов элементами железного пика удалось объяснить образование почти всех

тяжелых элементов с атомным весом $A \geq 60$, за исключением обойденных изотопов (таких как, например, ^{74}Se , ^{80}Kr , ^{84}Sr , ^{92}Mo), которые имеют относительно высокое содержание протонов и поэтому

лежат в стороне от пути нейтронного захвата. Предполагалось, что эти ядра синтезируются либо в р-процессе, включающем различные реакции захвата протонов и испускания нейтронов, либо под дейст-

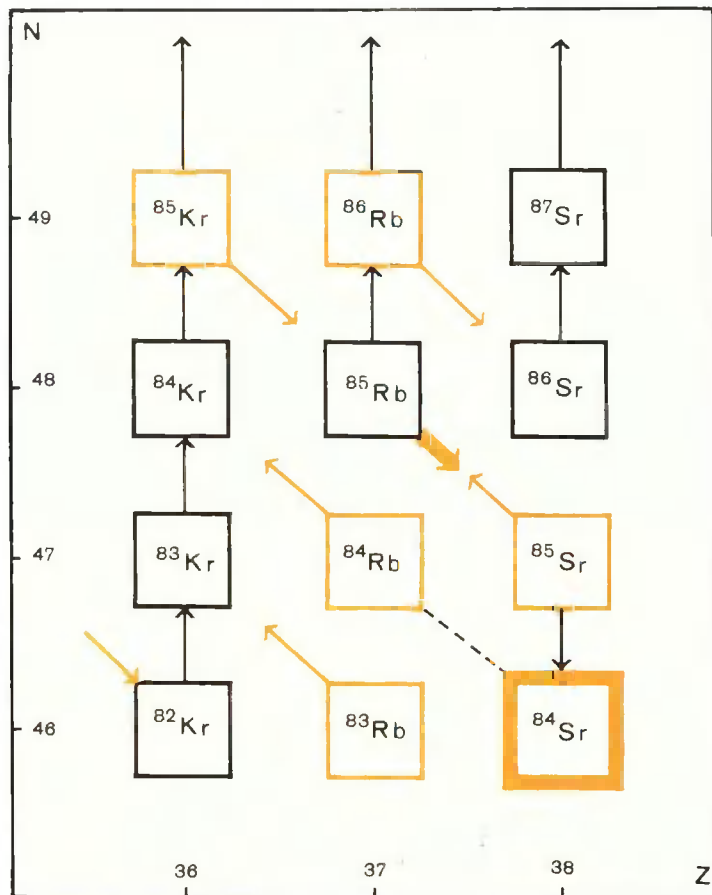


Схема синтеза обойденного изотопа ^{84}Sr с помощью обратного β^- -процесса по схеме:



Черными стрелками показано направление нейтронного захвата, цветными — β^- -распадов. Широкая цветная стрелка показывает направление реакции нейтронного захвата. Обойденный изотоп ^{84}Sr не может быть синтезирован посредством нейтронного захвата, так как нестабильные изотопы ^{84}Rb и ^{83}Rb не могут быть получены посредством β^- -распада изотопов ^{84}Kr и ^{83}Kr . Z — число протонов в ядре, A — атомный вес.

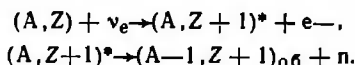
вием космических лучей (аналогично образованию легких элементов); однако до сих пор не удавалось найти подходящих астрофизических условий, при которых все обойденные изотопы синтезировались бы в необходимых пропорциях.

Как показали Надежин и Домогацкий, обойденные изотопы могут эффективно образовываться при обратном β^- -процессе, вызванном мощным потоком нейтрино, если в качестве зародышевых ядер (A, Z) взять продукты нейтронного захвата. Наиболее инте-

¹ Домогацкий Г. В., Надежин Д. К. — Препринт ИПМ АН СССР, 1976, № 94.

ресный результат состоит в том, что относительное число ядер, синтезированных в результате такого процесса, хорошо воспроизводит общий ход распределения по атомному весу естественных пространственных обойденных изотопов. При этом родительские ядра необходимо брать в тех пропорциях, в которых они встречаются в Солнечной системе, а энергетический спектр нейтрино должен соответствовать теоретическому спектру, получающемуся при расчете коллапса ядра массивной звезды. Этот результат почти не зависит от массы нейтронной звезды (или черной дыры), остающейся после вспышки Сверхновой, и, тем более, от массы исходной звезды, так как синтез обойденных изотопов определяется лишь температурой нейтринной фотосферы ядра, которая составляет $\sim 4 \cdot 10^{10} \text{ K}$ и, в свою очередь, определяется лишь свойствами нейтрино. Описанный процесс синтеза естественно называть ν -процессом. Существенный элемент нового подхода — учет обратных переходов на группу высоковозбужденных состояний ядра $(A, Z+1)$, вероятность возбуждения которых с помощью нейтрино очень велика.

Если спектр нейтрино простирается до энергий $\sim 20 \text{ МэВ}$, становится возможным синтез обойденных изотопов $(A-1, Z+1)_{\text{об}}$ по схеме:



Интенсивность обратных β^- -переходов в такие состояния на несколько порядков выше интенсивности β^- -переходов на низшие уровни этих же ядер, чем и объясняется высокая эффективность ν -процесса по сравнению с рассматривавшимися ранее β^- -переходами на основные уровни.

Существование ν -процесса может иметь важные астрофизические следствия. Тот факт, что поток нейтринного излучения оставляет свой след в оболочке Сверхновой в виде атомных ядер, которые не могут быть синтезированы иным путем, возможно, явится клю-

чом для создания логически последовательной теории образования элементов во Вселенной, так как до сих пор оставалось неясным, в каких астрофизических объектах происходит синтез тяжелых элементов. Теперь ситуация меняется. Если часть тяжелых элементов образуется в ν -процессе, то это означает, что синтез происходит в момент образования нейтронной звезды, которая затем превращается либо в пульсар, либо в черную дыру, причем в этом месте должен происходить взрыв, разбрасывающий вещество. К сожалению, теоретические расчеты катастрофических стадий звезд пока не подтвердили этой картины. Тем не менее, предложенный механизм синтеза обойденных элементов в сочетании с наблюдательными данными о Сверхновых и пульсарах служит еще одним свидетельством в пользу того, что межзвездная среда обогащается тяжелыми элементами именно при вспышках Сверхновых.

Интересен ν -процесс и с точки зрения проблемы солнечных нейтрино. Если бы нейтрино, как предполагают², обладали неким новым взаимодействием, благодаря которому они многократно рассеиваются в веществе Солнца, теряя малыми порциями свою энергию, то на пути от ядра Сверхновой к ее оболочке нейтрино, тем более, потеряло бы всю свою энергию, не синтезировав обойденные изотопы.

Ю. С. Копысов

Москва

Астрофизика

Можно ли находиться вблизи черной дыры и не падать на нее?

Согласно общей теории относительности Эйнштейна (ОТО), сферически-симмет-

ричное гравитационное поле обладает свойствами, радикально отличающимися от свойств поля тяготения в теории Ньютона. Если в теории Ньютона спутник может устойчиво двигаться вокруг центрального тела по орбите любого радиуса, то в ОТО устойчивы только орбиты с радиусом, большим утроенного гравитационного радиуса центрального тела. При меньших радиусах орбиты движение становится неустойчивым, т. е. сколь угодно малый толчок может привести к падению на центральное тело. Такое различие двух теорий оказывается существенным для релятивистских астрофизических объектов (черных дыр, коллапсирующих звезд на поздней стадии эволюции и т. п.), у которых собственный радиус близок к их гравитационному радиусу. Казалось бы, в силу ОТО пространство вокруг черной дыры должно быть пустым вплоть до трех гравитационных радиусов, так как все, что попадает в эту область, очень быстро падает к центру.

Р. Знажек (Астрономический институт, Кембридж, Великобритания) обратил внимание на то, что картина может сильно измениться, если черная дыра находится во внешнем магнитном поле. Это предположение вполне реально, так как магнитные поля действительно присутствуют в космическом пространстве. Но тогда, если учесть, что плазма, окружающая черную дыру, обладает высокой электропроводностью, к центробежным силам, противостоящим силам тяготения, может прибавиться электромагнитная сила Лоренца, возникающая при взаимодействии тока в плазме с внешним магнитным полем. Знажек рассматривает кольцевой ток в экваториальной плоскости черной дыры и внешнее магнитное поле, однородное на бесконечности и перпендикулярное плоскости тока. Наличие магнитного поля вблизи черной дыры приводит к тому, что радиус кольцевого тока может быть сколь угодно близок к гравитационному радиусу черной дыры и не создается неустойчивости, воз-

² Lubkin E. — «Phys. Rev. Lett.», 1974, v. A46, № 7, p. 431.

никающей в ОТО при движении пробного тела.

Этот результат может быть важен как для наблюдательного обнаружения черных дыр, так и для моделей выделения энергии при падении вещества на черную дыру.

«Nature», 1976, v. 262, № 5566, p. 270 (Великобритания).

Астрономия

Малая планета 1976 UA

В январе 1976 г. был открыт астероид 1976 AA, оказавшийся первой малой планетой, период обращения которой вокруг Солнца (346,8 сут) меньше, чем у Земли¹. Еще более замечательным оказался астероид 1976 UA. Его обнаружили 25 октября 1976 г. У. Сибок на снимках, сделанных с помощью 48-дюймовой камеры Шмидта (Паломарская обсерватория, США), и Э. Хелин, Т. Лауэр и Д. Зелински — с помощью 18-дюймовой камеры той же обсерватории. Независимо этот астероид был открыт 30 октября 1976 г. Н. С. Черняком (Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР).

Большая часть орбиты новой малой планеты лежит внутри орбиты Земли: расстояние в перигелии — 69 млн км, в афелии — 182 млн км; эксцентриситет орбиты равен 0,447 — исключительно большое значение для астероидов.

Незадолго до открытия, 20 октября 1976 г., астероид прошел от Земли всего на расстоянии 1,1 млн км; сейчас он быстро удаляется. Сближения с Землей — сравнительно редкое явление для этой новооткрытой малой планеты; следующие ожидают в 1981 и 1982 гг.

По определению Э. Бо-

уэлла (Ловелловская обсерватория, США), астероид 1976 UA — один из слабейших астероидов с надежно известной орбитой. Его диаметр составляет, по-видимому, всего несколько сот метров, во всяком случае меньше километра.

«Sky and Telescope», 1977, v. 53, № 1, p. 20 (США).

Астрономия

Микроволновое радиоизлучение радикала ОН от кометы Веста

В начале 1976 г. Дж. Веббер с сотрудниками (обсерватория Вермилион-Ривер, США) и П. Боуэрс (Мэрилендский университет, США) обнаружили микроволновое радиоизлучение радикала ОН от кометы Веста. Ранее радиоизлучение этого же радикала было зарегистрировано у кометы Когоутека.

Наблюдения велись на частотах 1665, 1667 и 1612 МГц, поскольку именно эти переходы в радикалах ОН возбуждаются ультрафиолетовым излучением Солнца. Интересно отметить, что радиолинии ОН у кометы Когоутека наблюдались на протяжении нескольких месяцев как в излучении, так и в поглощении. У Весты обнаружены лишь эмиссионные радиолинии, соответствующие переходам 1665 и 1667 МГц; излучение, соответствующее переходу 1612 МГц, зарегистрировать не удалось.

Анализ наблюдений позволил Боуэрс оценить полное содержание радикалов ОН в комете Веста: $\sim 2,6 \cdot 10^{34}$, причем скорость их образования в комете — около $2 \cdot 10^{29}/\text{с}$ (на расстоянии 1,09 а. е. от Солнца).

«The Astronomical Journal», 1976, v. 81, № 10, p. 862—864 (США).

Физика

Лазер в активной зоне реактора

Г. А. Батырбеков, В. А. Данилычев, И. Б. Ковш, М. П. Марденов и М. У. Хасенов (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР и Институт ядерной физики АН КазССР) сообщили о первых экспериментах по получению генерации в электроионизационном CO_2 -лазере, помещенном в активную зону стационарного ядерного реактора.

В электроионизационных лазерах накачка осуществляется электрическим разрядом в газе, предварительно ионизованном с помощью какого-либо внешнего источника. В качестве такого источника может быть использован поток нейтронов от ядерного реактора. Это позволяет однородно ионизовать большие объемы газа при высоких давлениях, что облегчает создание CO_2 -лазера непрерывного действия. Практическое значение такого лазера повышается, когда электрическая энергия, необходимая для возбуждения разряда, вырабатывается на том же ядерном реакторе, т. е. в этом случае можно говорить о непосредственном преобразовании ядерной энергии в когерентное излучение.

Лазерная установка помещалась в центральный канал активной зоны реактора ВВР-К Института ядерной физики АН КазССР. При потоках нейтронов $2 \cdot 10^{13}$ частиц/см² с мощностью накачки смеси углекислого газа, азота и гелия-3, находящейся при атмосферном давлении, оказывалась достаточно высокой для возникновения непрерывной генерации. При максимальной мощности реактора (10^{14} нейтронов/см²·с) удельная мощность накачки газа в лазере превосходила 500 Вт/см³; длительность импульса накачки составляла ~ 400 мкс.

Поскольку коэффициент вывода лазерного излу-

¹ Подробнее см.: «Природа», 1976, № 12, с. 115.

чения был очень мал, величины выходной энергии и мощности не превышали 1 мДж и 1 Вт, соответственно. Однако, как показывают оценки, при таких условиях можно достичь КПД 10—15%.

«Квантовая электроника», 1977, т. 4, № 5, с. 1166—1168.

Физика

Лазерная плазма в биологии

Прогресс в исследовании плотной горячей лазерной плазмы, в которой реализуется экстремальное для лабора-

лазерной плазмы в медико-биологических исследованиях.

Значение рентгенографии для практической медицины общеизвестно. Однако излучение рентгеновских трубок далеко не всегда позволяет зафиксировать отдельные детали внутренней структуры биологических объектов. Обычно используется излучение с энергией фотонов в десятки и сотни килоэлектронвольт ($\lambda \approx 1 \div 0,1 \text{ \AA}$), но при исследовании тонких структур, мелких организмов, срезов раковых опухолей и т. п. такое относительно жесткое излучение уже неприемлемо, так как оно пронизывает объект, не замечая его. Если же уменьшать энергию фотонов до 1 кэВ ($\lambda \approx 10 \text{ \AA}$), то катастрофиче-

мой лазерными пучками высокой мощности до температуры в миллионы и десятки миллионов градусов. При таких температурах максимум теплового излучения плазмы попадает как раз в мягкую рентгеновскую область. Громадная концентрация энергии делает лазерную плазму уникальным по яркости точечным источником рентгеновского излучения.

В существующих лазерных установках необходимая для получения горячей плазмы концентрация лазерной энергии в коротких временных интервалах ($\lesssim 10^{-9}$ с) осуществляется с помощью довольно сложной техники — разнообразных электрооптических устройств, громоздких систем усилителей лазерного излуче-

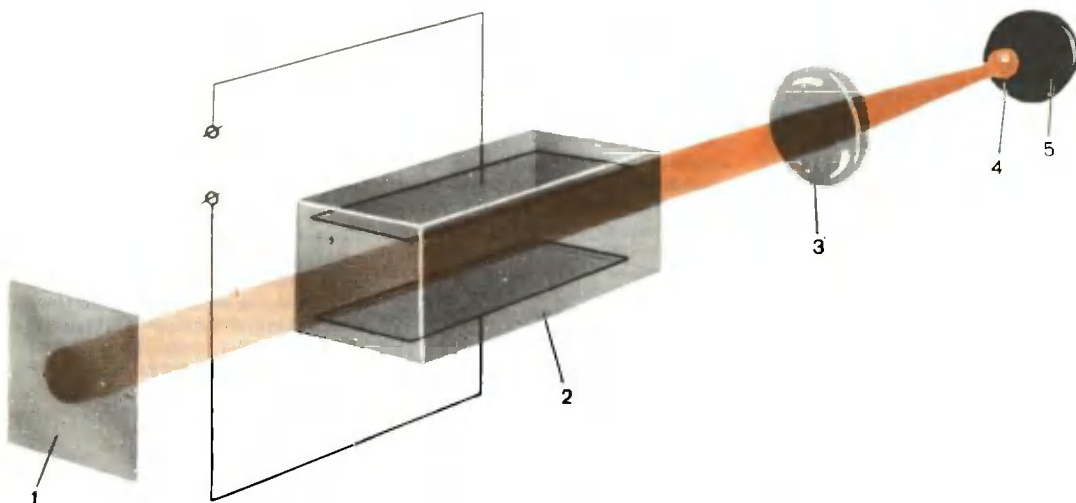


Схема электроионизационного CO_2 -лазера с плазменным зеркалом: 1 — непрозрачное плоское зеркало, 2 — лазерная ювета, 3 — фокусирующее устройство, 4 — плазменное зеркало, 5 — мишень.

торных условий состояние вещества, открывает интересные перспективы не только для физико-технических¹, но и для многих других приложений. В настоящее время в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР (ФИАН) проводятся пробные эксперименты по использованию излучения

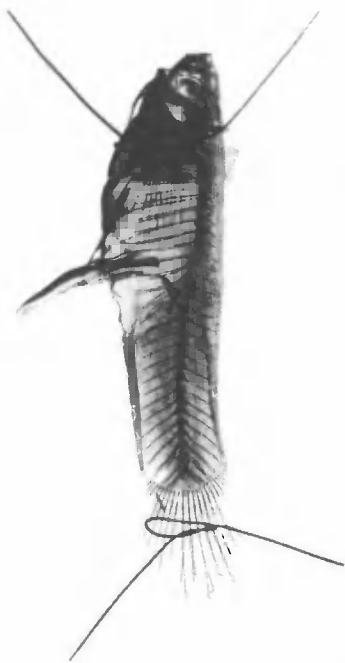
ски падает интенсивность рентгеновского излучения (это обстоятельство связано с самим принципом работы рентгеновских трубок).

Новые возможности в рентгенографии открывает использование теплового излучения плотной плазмы, нагревае-

ния и т. п. Ясно, что уникальные установки, содержащие десятки и сотни оптических элементов, не могут получить такое же широкое распространение, как обычные рентгеновские аппараты.

Спасает положение способность самой лазерной плазмы воздействовать на временные характеристики нагревающего ее лазерного излучения. Недавно в лаборатории квантовой радиофизики ФИАН создана установка на основе электроионизационного CO_2 -лазера высокого давления; здесь плазма, нагреваемая

¹ Афанасьев Ю. В., Басов Н. Г., Гамалий Е. Г., Крохин О. Н., Розанов В. Б. Прогресс в физике лазерного термоядерного синтеза. — «Природа», 1976, № 10.



Микрорентгенограммы дальневосточной квакши и аквариумной гуппи.

сфокусированным лазерным излучением на поверхности мишени (так называемое плазменное зеркало), служит одним из зеркал резонатора этого же

лазера². Нелинейный характер отражения мощного лазерного излучения от плазмы приводит к генерации нескольких импульсов с длительностью $\sim 10^{-9}$ с и энергией более 100 Дж при КПД около 10%. В такой схеме содержится минимальное количество оптических элементов: непрозрачное плоское зеркало, лазерная кювета, несколько плоскопараллельных прозрачных окон, фокусирующее устройство (зеркало или линза) и мишень. Весь лазер ненамного сложнее серийных рентгеновских установок.

Просвечивание биологических объектов мягким рентгеновским излучением плазменного зеркала, температура которого достигает 4 млн градусов, позволяет получать микрорентгенограммы высокого качества. Энергия просвечивающих рентгеновских фотонов может легко регулироваться. Например, для фотография дальневосточной квакши, которая имеет толщину около 1 мм, использовано излучение с длиной волны порядка 10 Å. Просвечивание более толстой гуппи (~ 3 мм) осуществлялось более жестким излучением с длиной волны ~ 30 Å. Малые размеры источника излучения (~ 300 мкм) позволили при небольшом расстоянии от плазмы до объекта (~ 10 см) получить пространственное разрешение около 10 мкм.

Источники коротковолнового излучения необходимы не только для просвечивания медико-биологических объектов. Как известно, прогресс в исследованиях многих фундаментальных проблем молекулярной биологии, физики твердого тела, материаловедения и т. п. связан в настоящее время с созданием интенсивных

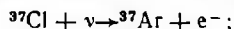
источников мягкого рентгеновского и далекого ультрафиолетового излучения. Значительные успехи уже достигнуты при использовании синхротронного излучения. Однако громадные ускорители — источники синхротронного излучения — чрезвычайно сложны и очень дороги. Использование лазерной плазмы, интенсивного источника с легко управляемым спектром, требует несравненно меньших затрат.

В. А. Бойко
Кандидат физико-математических наук
И. В. Холин
Москва

Физика

Использование ^{81}Kr для регистрации солнечных нейтрино

В своих опытах по регистрации солнечных нейтрино Р. Дэвис использовал реакцию



к сожалению, эти опыты пока не дали положительных результатов. Эта реакция имеет относительно высокий энергетический порог ($E_\nu > 814$ кэВ), поэтому делаются попытки найти другие реакции, с помощью которых можно было бы регистрировать солнечные нейтрино меньших энергий.

Р. Скотт (Глазго, Великобритания) предложил использовать для этой цели реакцию $^{81}\text{Br} + \nu \rightarrow ^{81}\text{Kr} + e^-$

($E_\nu > 490$ кэВ). Такое уменьшение порога реакции весьма существенно, так как позволяет регистрировать солнечные нейтрино, возникающие в результате реакции $^7\text{Be} + e^- \rightarrow ^7\text{Li} + \nu$, которая отличается максимальным значением ν .

² Бойко В. А., Данилычев В. А., Зворыкин В. Д., Иванова Т. Г., Холин И. В., Чугунов А. Ю. Исследование плазменного зеркала электроионизационного CO_2 -лазера. — «Квантовая электроника», 1977, № 6.

¹ Здесь σ — сечение взаимодействия нейтрино в данном энергетическом интервале, ν — поток нейтрино рассматриваемых энергий; $\sigma \nu = 10^{-34}$ взаимодействий на ядро в се-

Источником ^{81}Br может служить минерал карналлит ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), содержащий 1% Br на одну весовую часть Cl. В растворе карналлита в воде ($1,5 \cdot 10^5$ л) при взаимодействии нейтронов с ^{81}Br образуется $6,4 \cdot 10^4$ атомов ^{81}Kr .

По мнению Скотта, один из наиболее трудных моментов эксперимента — учет «фоновых» атомов криптона, оказавшихся в карналлите в результате различного рода геохимических процессов.

«Nature», 1976, v. 264, No 5588, p. 729—730 (Великобритания).

Физика

Полный оборот спина меняет состояние частицы

Известно, что в классической физике вращение частей изолированной системы друг относительно друга на любое целое число оборотов экспериментально не наблюдается. Однако это не так в случае квантово-механической системы с полуцелым спином (так называемого фермиона). Пусть пучок фермионов с помощью некоторого устройства пространственно разделяется на два когерентных пучка, которые затем когерентно складываются друг с другом. Если спин фермиона в одном из пучков повернуть на полный оборот путем внешнего воздействия, то волновая функция фермиона в этом пучке изменит знак. Результат когерентного сложения обоих пучков будет иным, чем в отсутствие внешнего воздействия. Это изменение результата сложения может быть зафиксировано экспериментально. Тем самым факт вращения одной

части квантово-механической системы относительно другой на полный оборот окажется наблюдаемым.

Г. Бадурек, Г. Раух и А. Цайлингер (Атомный институт, Вена, Австрия) и У. Бонзе и В. Баушпис (Физический институт, Дортмунд, ФРГ) экспериментально подтвердили, что волновая функция частиц с полуцелым спином меняет знак при повороте системы координат на 360° . Использовалось когерентное сложение предварительно разделенных в пространстве пучков неполяризованных тепловых нейтронов, полученных в ядерном реакторе. Один из пучков проходил через область с постоянным магнитным полем, где спин нейтрона поворачивался вокруг направления поля, причем угол поворота менялся пропорционально величине поля. При изменении поля угол поворота спина мог принимать значения от нуля до $3\frac{1}{2}$ полных оборотов. Интенсивность когерентно сложенных нейтронных пучков существенно различалась в случаях нечетного и четного числа оборотов. Была обнаружена периодическая зависимость интенсивности от угла поворота спина; период равнялся 720° .

Для получения пространственно разделенных когерентных пучков, а также для их последующего когерентного сложения был использован двухлучевой нейтронный интерферометр с переменной разностью хода. В нем использована брэгговская дифракция падающего пучка на достаточно толстом совершенном кристалле. В результате дифракции часть излучения проходит через кристалл в первоначальном направлении, а часть отражается под углом Брэгга от фиксированной системы кристаллических плоскостей, образуя два пространственно разделенных когерентных пучка. Повторной дифракцией разделенных пучков можно добиться их когерентного сложения, если только оба пучка каждый раз дифрагируют на отдельных частях общей кристаллической решетки. Для этого все кристаллы интерферометра выре-

зали из одного монокристаллического блока, не отделяя их от него, а оставляя на общей кристаллической базе, обеспечивающей единство кристаллической решетки во всех частях интерферометра.

«Physics Letters», 1976, v. 56A, No 4, p. 244 (Нидерланды).

Молекулярная биология

Пространственная структура пепсина

Для понимания механизмов действия ферментов неопределимую информацию дает рентгеноструктурный анализ, позволяющий установить пространственную структуру белков.

Недавно Н. С. Андреева, А. А. Федоров, А. Е. Гушина, Н. Е. Щуцвер, Р. Р. Рисулов и Т. В. Вольнова (Институт молекулярной биологии АН СССР), используя рентгеноструктурный анализ кристаллов белка, установили пространственную структуру пепсина при разрешении $2,7 \text{ \AA}$. Выяснилось, что молекула в целом напоминает эллипсоид с осями $55 \times 35 \times 40 \text{ \AA}$. На поверхности молекулы имеется протяженная впадина, а внутри — большая полость, разделяющая молекулу на две неравные части. В этой впадине на очень близком расстоянии друг от друга находятся остатки двух аспарагиновых кислот, играющих важную роль в функционировании фермента.

Советско-американский симпозиум по химии и физике белка. Тезисы докладов. Рига, 1976, с. 13.

Цитогенетика

Преодоление азотного дефицита у растений

Заветная мечта исследователей, работающих в области генетической и клеточ-

кунду=1 солнечная нейтринная единица (с.н.е.). В приведенной реакции $E_\gamma=0,86 \text{ МэВ}$, $y=3,4 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, $\sigma=6 \cdot 10^{-45} \text{ см}^2$, $\Phi_\gamma=3,60 \text{ с.н.е.}$

ной инженерии — осуществить перенос в клетки растений генов, ответственных за усвоение молекулярного азота из воздуха. Такие гены (NIF оперон) имеются у некоторых бактерий и синезеленых водорослей, в результате чего эти организмы обладают набором необходимых ферментов, из которых главную роль играет нитрогеназа. Однако у всех остальных организмов — и у прокариот, к которым принадлежат бактерии и синезеленые водоросли, и у более высокоорганизованных эукариот, чей наследственный материал сосредоточен в ядре клетки, таких генов нет. Поэтому для растений, эффективно усваивающих из воздуха в процессе фотосинтеза даже сотые доли процента углекислого газа, окруженных и буквально «пропитанных» азотом (4/5 воздуха), тем не менее необходимо, чтобы в почве обязательно были соединения этого элемента. Дело в том, что для синтеза белков и других веществ растения могут использовать азот только в химически связанной форме. Поэтому для получения максимальных урожаев сельскохозяйственных культур промышленность азотных удобрений и вынуждено расходовать большие средства.

Между тем существуют растения, способные до некоторой степени преодолевать эти трудности; речь идет о бобовых, в корневых клубеньках которых поселяются так называемые клубеньковые бактерии, усваивающие азот из воздуха. Таким образом, бобовые получают часть необходимого азота в результате симбиоза с бактериями. В начале исследователи пытались моделировать подобный симбиотический процесс в культуре растительной ткани¹. Использовали культуру ткани моркови, поскольку для нее уже разработаны способы



Клетка синезеленой водоросли *Gloeocapsa* внутри протопласта кукурузы (темное пятно внизу). Четко видна мембрана, ограничивающая клетку водоросли. Протопласт, вероятно, является продуктом слияния двух протопластов, полученных из клеток листьев проростка кукурузы. Увел. в 700 раз.

регенерации полноценного растения из его клеток².

В культуры вводили клубеньковую бактерию *Azotobacter vinelandii*, причем использовали штамм, не растущий без аденина. Этого вещества в питательной среде не было, поэтому бактерии могли получить его только от клеток моркови в ограниченном количестве (иначе бактерии просто «задавили» бы клетки и не дали бы им размножиться). После 12-дневного совместного культивирования клетки переводились на среду без азота, на которой через несколько месяцев выросли культуры, способные к медленному слабому росту в течение 1,5 лет. Контрольные культуры (без азотобактерий) на такой среде совсем не росли. К сожалению, эти опыты пока, по-видимому, не удалось повторить.

В последнее время появились работы, в которых эта проблема решается с помощью клеточной инженерии³. Используя новое эффективное

средство для слияния клеток — полиэтиленгликоль, — исследователи ввели синезеленые водоросли в протопласты (голые клетки, лишенные целлюлозных стенок) растений. Тем самым как бы повторен процесс, который на заре эволюции, по-видимому, привел к возникновению ядерных клеток, имеющих хлоропласты (видоизмененные синезеленые водоросли) и способных к фотосинтезу. Особое внимание привлекает слияние водоросли *Gloeocapsa* с протопластами табака и кукурузы⁴ (в этом процессе участвовал 1% клеток). Внутри протопласта вводилась обычно только одна клетка водоросли, сохранявшая наружную мембрану. Эта водоросль интересна не только тем, что она способна к связыванию атмосферного азота, но и тем, что, в отличие от других синезеленых, она не выделяет токсинов в процессе своей жизнедеятельности. Кроме того, ее нитрогеназа меньше зависит от высокого уровня кислорода в клетке растений.

Пока не ясно, какой будет судьба растительной клетки и водоросли после слияния: сможет ли водоросль усваивать азот воздуха внутри растительной клетки; возникнет ли полноценный симбиоз; можно ли будет получить из протопластов, включивших водоросль, растения, стабильно усваивающие азот. Только новые эксперименты ответят на эти вопросы.

А. С. Попов

Кандидат биологических наук
Москва

Медицина

Токсины бактерий кишечной группы

Хорошо известно, что главной причиной, вызывающей заболевание холерой, яв-

² «Природа», 1974, № 6, с. 95.

³ Davey M. R., Power J. B. — «Plant Sci. Lett.», 1975, v. 5, p. 269.

⁴ Burgoon A. C., Bottino P. J. — «J. Heredity», 1976, v. 67, p. 223.

¹ Carlson P. S., Chaleff R. S. — «Nature», 1974, v. 252, p. 393.

ляется токсин, выделяемый холерными вибрионами. Изучение его химического строения и механизма действия позволило установить, что холерный токсин состоит из двух связанных нековалентной связью частей¹, обозначаемых А и В. Часть В присоединяется к специфическим рецепторам на поверхности клеток кишечника, но внутрь них не проникает. Часть А, состоящая из двух молекул пептидов (A_1 и A_2), проникает внутрь клеток. При этом фрагмент A_1 активирует находящийся в клетке фермент аденилатциклазу, что, в свою очередь, повышает содержание в клетке циклического аденозинмонофосфата (цАМФ). Это вызывает ускоренный вывод из организма солей и воды и приводит, если процесс вовремя не остановится, к гибели больных холерой.

В экспериментах с экстрактами разрушенных эритроцитов голубей² было показано, что аденилатциклаза активируется в данном случае лишь фрагментом A_1 , а фрагмент A_2 и часть В на этот фермент не действуют. В целых эритроцитах уровень цАМФ повышается только при действии на них токсина, содержащего обе части — А и В. Если же из эритроцитов удалить цитоплазму, то оставшиеся оболочки клеток, на внутренней стороне которых и локализуется аденилатциклаза, на действие фрагмента A_1 не реагируют. Это означает, что именно в цитоплазме содержатся компоненты, необходимые для действия A_1 . Как оказалось, в число этих компонентов входят никотинамид-адениндинуклеотид (НАД), аденозинтрифосфат (АТФ) и растворимый белок. Что касается фрагмента A_2 , то он, по-видимому, служит для соединения части В с фрагментом A_1 и сам в реакции не участвует.

Не так давно стало известно, что некоторые штаммы бактерий кишечных палочек

(*Escherichia coli*) способны вызывать холероподобные заболевания людей, иногда сходные с тяжелыми формами холеры. Эти бактерии также выделяют токсин (энтеротоксин), похожий по своему строению на токсин холеры и тоже способный повышать в клетках содержание аденилатциклазы. Фрагмент энтеротоксина кишечной палочки ведет себя подобно фрагменту A_1 холерного токсина, т. е. тоже требует присутствия в среде НАД, АТФ и других компонентов цитоплазмы клеток для активации аденилатциклазы. Молекулярный вес энтеротоксина ~24 000 дальтон — такой же, как и у фрагмента A_1 холерного токсина. В довершение сходства токсин кишечной палочки тоже состоит из фрагментов, которые прикрепляются к рецепторам поверхности клеток хозяина. Однако обнаружено, что части В холерного токсина и энтеротоксина прикрепляются к разным рецепторам и, хотя и сходны в антигенном строении, вряд ли могут быть полностью идентичны.

Все эти данные позволили высказать предположение об одинаковом механизме действия токсинов разных кишечных палочек и о сходстве их антигенного строения³. Поэтому иммунизация против различных кишечных инфекций должна быть направлена в первую очередь против таких сходных антигенов. Предполагается создать стабильный мутант холерных вибрионов, который вырабатывал бы измененный токсин, не вредящий клеткам млекопитающих. Попав в кишечник, клетки бактерий такого штамма размножатся и вызовут образование антител против измененного токсина. Полагают, что эти антитела окажутся способными нейтрализовать холерный токсин, токсин кишечной палочки и других кишечных бактерий.

В настоящее время в США получен непатогенный

штамм холерных вибрионов, а его действие опробовано на людях-добровольцах. Лишь у одного из них отмечены слабые признаки холеры, все остальные выработали иммунитет, не проявив симптомов этой болезни.

Г. Д. Кобринский
Доктор медицинских наук
Москва

Протозоология

II съезд Всесоюзного общества протозоологов

II Всесоюзный съезд протозоологов, проходивший в Киеве 27—29 сентября 1976 г.¹, отметил быстрый прогресс в Советском Союзе протозоологии, которая изучает особый уровень организации живых систем — одноклеточных животных. Сегодня простейшие широко используются для разработки общебиологических, цитологических, физиологических, биохимических и генетических проблем. Кроме того, простейшие имеют большое практическое значение как возбудители многих заболеваний человека, домашних и диких животных, а также играют первостепенную роль в процессах почвообразования и в очистке естественных и промышленных вод. За последние годы установлено, что простейшие — неперенное и важное звено круговорота веществ в биосфере.

За истекшие 5 лет, прошедших после I съезда, достигнуты успехи в изучении инфузорий, жгутиконосцев, фораминифер, радиолярий; не менее значительны результаты исследований сравнительной карриологии. Созданы оригинальные гипотезы, объясняющие структуру и эволюцию макронуклеуса (большого ядра) ин-

¹ «Science», 1975, v. 190, № 4218, p. 969.

² «J. Biol. Chem.», 1975, v. 250, № 16, p. 6424.

³ «Immunochemistry», 1976, v. 13, № 7, p. 605.

¹ Резолюция II съезда Всесоюзного общества протозоологов. Л., 1977.

фузорий. Ядерный аппарат простейших теперь в значительной мере изучают на молекулярном уровне. Предложен новый метод анализа ядерной дифференцировки при помощи ядерных симбионтов.

Большое теоретическое и практическое значение имеют результаты работ по выяснению взаимосвязи между простейшими и вирусами, а также между простейшими внутриклеточными симбионтами. Достигнуты известные успехи и в области этологии простейших. К сожалению, исследования по их генетике ведутся на очень ограниченном круге объектов.

Известно, что одноклеточные организмы активно участвуют в основных процессах почвообразования, выступая в качестве регуляторов состава, численности и физиологической активности остальных микроорганизмов почвы. Они стимулируют микробиологические процессы азотфиксации, аммонификации, нитрофикации и других явлений, ведущих к образованию гумуса. Съезд отметил активное развитие почвенной протозоологии в стране, расширение географии зон исследований.

Существенные успехи достигнуты в изучении микроспоридий. По-видимому, массовое размножение микроспоридий можно использовать для биологической борьбы с вредителями сельского хозяйства. Кроме того, создание условий, способствующих массовой гибели насекомых-вредителей, позволяет разработать критерии для установления численности их популяций, отменяя или ограничивая на этой основе химические способы защиты.

Рациональная эксплуатация природных и производственных ресурсов рыбного хозяйства невозможна без использования данных о паразитических простейших. В нашей стране особое развитие получили исследования по изучению фауны, систематики, биологии и экологии микроспоридий, а также паразитических инфузорий рыб. Теперь появилась реальная возможность значительно снизить экономи-

ческие потери, наносимые простейшими рыбной промышленности.

Среди простейших — возбудителей заболеваний домашних животных — наибольшее практическое значение имеют споровики, жгутиконосцы, саркодовые, инфузории. Потери от них исчисляются в сотнях миллионов рублей. Некоторые болезни становятся более опасными при интенсивном животноводстве, когда на небольших территориях скапливаются тысячи животных. Сейчас достигнуты определенные успехи в разработке и организации рациональных методов и средств борьбы с заболеваниями, вызываемыми простейшими. Имеются достаточно полные данные по изучению массового развития ряда протозойных болезней. Изучена ультраструктура и некоторые особенности метаболизма особо важных в практическом отношении видов пироплазмид, трипаносом и кокцидий. Рекомендованы и утверждены инструкции по борьбе с токсоплазмозом, трихомонозом крупного рогатого скота, кокцидозами птиц и др.

Ряд важных результатов получен при изучении некоторых протозойных инвазий: токсоплазмоза, лейшманиоза, трихомонозов и лямблиоза. Сохраняет актуальность проблема малярии, поскольку имеются остаточные ее очаги и спорадические случаи заболевания при завозе возбудителя. По изучению природной очаговости, разработке и внедрению мер борьбы с ней, по исследованиям биологии лямблий и культивированию этих простейших советские протозоологи занимают ведущее положение в мировой науке. Однако ряд основных направлений общей, сельскохозяйственной, ветеринарной и медицинской протозоологии развивается недостаточно быстрыми темпами. Требуется значительного улучшения технической, материальной и методической база исследований. Все более актуальным становится вопрос о создании института протозоологии.

Съезд поставил перед Всесоюзным обществом про-

тозоологов и его центральными органами задачу: направлять основные усилия на обоснование и пропаганду общепрофессиональной и практической значимости протозоологии в тесном единстве с разработкой фундаментальных проблем биологии и разрешением практических задач в области сельского хозяйства, медицины, ветеринарии, рыбоводства и других областей народного хозяйства.

С. К. Самсонов

Кандидат географических наук
Москва

Палеонтология

Ископаемые мозоле- гонии

Во время добычи цеолитов на разработках в 30 км от г. Боуи (штат Аризона, США) найдены окаменелые следы вымерших животных. Дж. Сполдинг и П. С. Мартин (Лаборатория изучения палеосреды, Университет штата Аризона) установили, что следы принадлежат каким-то плейстоценовым мозолегониям (Tylopoda), близким к современным ламам. На площади в 200 м² обнаружено более двухсот отпечатков ног, оставленных по меньшей мере десятью животными. Здесь же найдено более двадцати окаменелых отпечатков ног плейстоценового верблюда (*Camelops* sp.) и отлично сохранившийся отпечаток, принадлежащий хищнику размером с крупного льва.

Место, где сделана находка, представляет собой пустыню, расположенную на высоте 1035 м над ур. м. Почва в то время, когда появились следы, была покрыта мягкой золой вулканического происхождения, впоследствии вросшейся в добываемые здесь цеолиты. По предварительным оценкам, возраст слоев, в которых найдены отпечатки, — от 700 тыс. до 2—3 млн лет. Окончательный вывод будет сделан по завершении радиоактивного датирования образцов по цирконию в лабора-

тории изотопной геохимии Университета штата Аризона.

Находка окаменелых следов ископаемых мозолоногих в Аризоне — большая редкость: на всей территории Северной Америки известно лишь несколько единичных отпечатков ступней, принадлежащих отдельному представителю того или иного вида мозолоногих. Двойной след одной особи обнаружен лишь в штате Калифорния. Отпечатки ног двух разных видов мозолоногих в одном и том же месте делает аризонское открытие особенно интересным.

«Smithsonian Institution Natural Science Event Bulletin», 1976, v. 1, № 15, p. 8—9 (США).

Геология

Образование радиоактивных гранитов

В центре Кольского п-ова среди плоской однообразной тундры тянется невысокая холмистая гряда — Кейвы. Здесь залегают знаменитые кейвские дистеновые сланцы — гигантское месторождение ценнейшего глиноземистого сырья — минерала дистена (Al_2SiO_5) с содержанием 63% Al_2O_3 . Сланцы образовались более 1 млрд лет назад, однако в них удивительно хорошо сохранилась древнейшая первичная слоистость, характерная для осадочных пород. В Кейвах прослеживаются даже очень тонкие прослои различных сланцев, тянущиеся на многие десятки километров вдоль гряды, — ядра огромной Кейвской геосинклинальной складки. Дистеновые сланцы возникли при глубинном прогреве черных глинистых сланцев, состоявших главным образом из глины типа каолина.

Черные сланцы подстилает мощная толща светлых «песчаниковидных» гнейсов, в которых также сохранились следы их первично-осадочного происхождения — характерная для песчаников тончайшая

«косая» слоистость, следы волновой ряби, прослои конгломератов и т. д. Воздействие глубинного тепла на песчаники сопровождалось проникновением в эти пористые породы щелочных растворов, что привело к их гранитизации и превращению в гнейсы и щелочные граниты.

Изучение распределения радиоактивных элементов в осадочной толще общей мощностью свыше 3 км показало, что сначала в древнем бассейне отлагались километровые пласты песчаника с обычным для этих пород содержанием радиоактивных элементов (0,0004% урана, 0,001% тория, около 1% калия), но затем в самой верхней части песчаников появился 40-метровый пласт, в котором содержание урана возросло до 0,001%, а тория — до 0,008%.

Отложение радиоактивных песков предшествовало резкому изменению характера осадков: вместо песчаников началось отложение черных высокоглиноземистых глин, возможно, за счет размыва древних кор выветривания. Зараженность ураном и торием сохранялась некоторое время и при отложении глин, о чем свидетельствуют сейчас 20—30-метровые пласты радиоактивных дистеновых сланцев в основании сланцевой толщи с таким же содержанием урана и тория, как и в радиоактивных песчаниках.

В дальнейшем эти породы опустились на большую глубину, где произошло преобразование песчаников в гнейсы (гранитизация), а глинистых сланцев — в дистеновые сланцы.

Гранитизация пластов с повышенной радиоактивностью дает уникальную возможность проследить, как ведут себя радиоактивные элементы в процессе преобразования осадочных пород в граниты. Оказалось, что гранитизация идет избирательно только по песчаникам и в данном случае не захватывает глинистых сланцев. При грани-

тизации низкорadioактивных песчаников глубинные щелочные растворы приносят в них калий, уран и торий, причем возникает прямая положительная связь между торием и калием. При гранитизации высокорadioактивных пластов песчаника уран и торий сохраняются в них полностью, и при этом возникают радиоактивные щелочные граниты, залегающие в виде пласта вдоль гряды Кейв.

А. М. Портнов
Кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Геология

Жизнь в докембрии!

В докембрийских кварцитовых породах, слагающих верхнюю часть склонов горы Медисин-Пик (штат Вайоминг, США), обнаружены отверстия, имеющие тоннелеобразную форму и чрезвычайно напоминающие извилистые ходы, которые оставляют черви и другие примитивные животные при движении в плотной среде. Вопрос о происхождении этих отверстий вызвал оживленную дискуссию на состоявшейся в ноябре 1976 г. конференции Американского геологического общества.

Кварциты, в которых обнаружены эти «тоннели», представляют собой слабо метаморфизованные, хорошо сохранившиеся осадочные породы, образовавшиеся на дне мелководного озера. Их возраст, судя по косвенным данным, — 2,0—2,5 млрд лет. Метаморфизм перекрывающих эти кварциты кристаллических сланцев относят к периоду, отстоящему от нас на 1,65 млрд лет, а метаморфизм подстилающих пород — на 2,5 млрд лет.

По мнению Э. Дж. Кауфмана (Национальный музей США в Вашингтоне) и Дж. Р. Стендтмана (Университет штата Вайоминг), форма отверстий, расположение, размеры (некоторые из них достигают в длину 20 см) указывают на их ор-

¹ Портнов А. М. — «ДАН», 1977, т. 233, № 2.

ганическое происхождение. Любому из этих образований может быть легко найден биогенный аналог, возникший, несомненно, уже в кембрийскую эпоху. Как и у нынешних червей, число таких «ходов» уменьшается по мере углубления в породе и перехода от одного слоя, бывшего некогда поверхностным, к другому, лежащему под ним. Распределение «ходов» по размеру их максимального диаметра также совпадает с тем, которое характерно для организмов, ныне живущих в мелководных условиях.

Предложенная трактовка вызвала, однако, возражения у многих участников дискуссии. В частности, по мнению некоторых специалистов, обилие этих «ходов» и чрезвычайное разнообразие их форм не позволяют признать их органическое происхождение: столь недавно возникшая жизнь просто не могла еще обладать такими количественными признаками и качественным разнообразием.

«Science News», 1976, v. 110, № 22, p. 346 (США).

Геология

Гигантский рифт в Северной Америке

Русло р. Рио-Гранде занимает одноименную депрессию, вытянувшуюся на 850 км с севера на юг между центральными районами штата Колорадо и южными границами штата Нью-Мексико. Эта депрессия представляет собой одну из крупнейших на Земле рифтовых систем. Изучив данные об опускании здешних линейно вытянутых блоков земной коры вдоль параллельных друг другу разломов, американские геологи пришли к выводу, что этот гигантский рифт служит признаком раскалывания Североамериканской плиты. Этой важной геотектонической проблеме были посвящены специальные заседания Годичной конференции Американского геологического

общества в ноябре 1976 г.¹

По данным С. Чапина, образование рифта Рио-Гранде началось около 30 млн лет назад. Процесс растяжения земной коры привел к отрыву плато Колорадо (восточная граница которого примыкает к рифту) от остальной континентальной массы. Начальные этапы этого процесса сопровождались активной вулканической деятельностью, длившейся около 10 млн лет. Последовавший затем период затишья сменился 12—14 млн лет назад новым периодом активности. Современная нам топография этой области начала складываться около 9 млн лет назад. Этот период был ознаменован резким поднятием значительных участков земной коры и разламыванием ее на блоки. 5 млн лет назад лавовые потоки захватили многие районы рифта между Аламосой и мексиканской границей. Более 3 млн лет назад начало создаваться русло Рио-Гранде, открыв сток водам с незадолго перед тем возникших горных вершин.

В зоне рифта находится магматический очаг. Его верхняя граница, по данным Р. Санфорда, лежит на глубине 18 км под ложем рифта. Наиболее близкая к поверхности точка залегания магмы расположена непосредственно под горным массивом Сокорро (штат Нью-Мексико). К западу и востоку от этого гребня граница резко углубляется. Площадь, занимаемая лавой, достигает по меньшей мере 1 тыс. км². Новые материалы позволяли предполагать, что в окрестностях Сокорро на глубине менее 10 км залегает еще несколько относительно мелких очагов. И, действительно, по новым сообщениям², в 250 км к югу от Сокорро Е. Педерсен и Дж. Херманс на основании данных о геомагнитных вариациях в 17 пунктах и гравиметрических материалов, относящихся к району Эль-Пасо (Техас), обнаружили

зону аномальной проводимости. Зарегистрированный в этом районе интенсивный тепловой поток указывает на присутствие магматического тела мощностью более 10 км, лежащего на сравнительно небольшой глубине. Очевидно, оно приурочено к южной части рифтовой зоны Рио-Гранде.

Исследование подобных очагов имеет не только теоретическое, но и практическое значение: они могут положить начало новым вулканам и, кроме того, играют немаловажную роль в образовании полезных ископаемых и возникновении геотермальных явлений.

Повторное нивелирование и уровенные измерения в районе Сокорро, выполненные группой сотрудников Корнелльского университета, позволили обнаружить зону значительного поднятия земной коры, которая довольно точно повторяет очертания магматического очага, очевидно, лежащего непосредственно под ней. Можно предположить, что интенсивный подъем поверхности земной коры (средняя скорость 5 мм/год) связан с расширением магматического очага.

Анализ сейсмических волн, вызванных как естественными землетрясениями, так и подземными взрывами, позволил Дж. Келлеру установить, что мощность земной коры под большей частью рифта всего около 30 км.

Геотермальные измерения М. Рейтера свидетельствуют, что вдоль рифта, с его западной стороны, узкой полосой протянулся район с необычайно высоким показателем теплового потока (2,5 единицы). Очевидно, земная кора изобилует здесь разломами, позволяющими магме подниматься к поверхности, а подземным водам просачиваться в недра, забирая у магмы тепло. Для достижения нынешнего уровня геотермального потока при постоянной величине теплоотдачи потребовалось, по расчетам Р. Бридуэлла, от 5 до 10 млн лет. Очевидно, местный вулканизм вдоль оси рифта возник как раз 5—10 млн лет назад и с перерывами продолжался до настоящего времени.

¹ «Science News», 1976, v. 110, № 21, p. 326—327.

² «Science News», 1976, v. 110, N 25/26, p. 394.

По мнению Дж. Сейлса, изучавшего роль растяжения коры в процессах горообразования вдоль рифта Рио-Гранде, такое растяжение как бы высвобождает блоки земной коры и позволяет им подниматься, опускаться и наклоняться в соответствии с их геометрией. Во время активного растяжения континентальной коры разломы обычно образуются под углом $\pm 30^\circ$ к вертикальной оси. Это создает блоки коры в виде треугольных призм, либо обращенных вершиной вниз (грабенов), испытывающих погружение, либо обращенных вершиной вверх (горстов), которые «всплывают». В зависимости от геометрических свойств разлома некоторые блоки земной коры вдоль границы рифта наклонены и приподняты (например, нагорье Сандиа и, возможно, горы Сангре-де-Кристо). Если блок по форме близок к пирамиде, может возникнуть необычно интенсивное его движение вверх (пик Пайкс) или вниз (бассейн Альбукерке).

Б. И. Силкин

Москва

Океанология

Батиметрическая карта Тихого океана

Опубликовано 2-е издание справочной батиметрической карты Тихого океана¹. В первом издании, вышедшем около 15 лет назад, нашли отражение результаты исследований подводного рельефа океана, проводившихся в период Международного геофизического года. На карте впервые были показаны основные элементы поверхности дна океана, их сопряженность и глубины. Однако крупнейшие формы рельефа, особенно в

центральной и юго-восточной частях Тихого океана, оставались слабо изученными и на карте были даны лишь в самых общих очертаниях.

За прошедшие с тех пор годы советскими и зарубежными исследователями детально изучены различные районы и отдельные структуры Тихого океана, открыты новые подводные горы и желоба, разломы и поднятия. Результаты этих многочисленных работ представлены на новой карте.

Существенно уточнена морфология Южного и Восточного Тихоокеанских поднятий, представляющих часть мировой системы срединных океанических хребтов. Подтвердилось предположение, что Чилийское и Галапагосское поднятия — это отроги хребта. Новые данные показали, что топография поднятий меняется по простиранию и отражает сложность и неоднородность тектонической структуры хребта. Подобно срединным поднятиям других океанов, Тихоокеанский хребет рассечен глубокими и узкими поперечными разломами на отдельные сложно раздробленные блоки, смещенные друг относительно друга на значительные расстояния. Особенно крупные смещения блоков отмечены на границе Южного и Восточного Тихоокеанских поднятий (разлом Элтанни), в районах разветвления хребта (разломы Галапагосский и Паски). В отличие от срединных хребтов Атлантики и Индийского океана, Тихоокеанское поднятие ниже, положе и шире. Относительная высота и расчлененность хребта постепенно возрастают в направлении с севера на юг. В Северном полушарии на большей своей части хребет лишен четко выраженной рифтовой долины; на юге блоки чередуются с хорошо выраженной долиной или узким высоким гребнем в осевой части.

На карте значительно возросло число подводных гор, особенно в котловинах и вдоль разломов. Уточнены контуры отдельных возвышенностей, хребтов, желобов, валов, очертания котловин, простирание и морфология крупных разломов в восточной части оке-

ана; в центральной его части и на периферии выявлены неизвестные ранее разломы. Новые измерения позволили дать более точные значения максимальных глубин желобов, котловин, депрессий и минимальных глубин поднятий, хребтов, гор.

Карта сопровождается двумя врезками. На одной из них представлена схема структурно-геоморфологического районирования океана, где отражены крупнейшие генетические типы подводного рельефа. Схема помогает понять место каждой формы рельефа в структурном плане океана, показывает связь основных элементов поверхности дна и главные закономерности их размещения. На другой врезке изображена схема теплых и холодных течений; она дает представление об общем характере циркуляции поверхностных океанических вод.

Г. В. Агапова

Кандидат географических наук

Москва

Селенология

Луна-76: сейсмическая модель

Давно закончился активный сейсмический эксперимент на Луне. Однако представления о ее строении продолжают эволюционировать и уточняться благодаря естественным сейсмическим событиям. За последние годы сейсмометры на видимой стороне Луны зафиксировали не только тысячи слабых глубоководных приливных сотрясений, но и более мощные и удаленные сейсмические толчки: 21 падение крупных метеоритов и 13 энергичных мелкофокусных тектонических луносотрясений.

Строгая калибровка сейсмического тракта, применение специальных методов выделения сигналов позволили изучить не только времена пробега сейсмических волн, но и их амплитуды; исследовано изменение амплитуд в за-

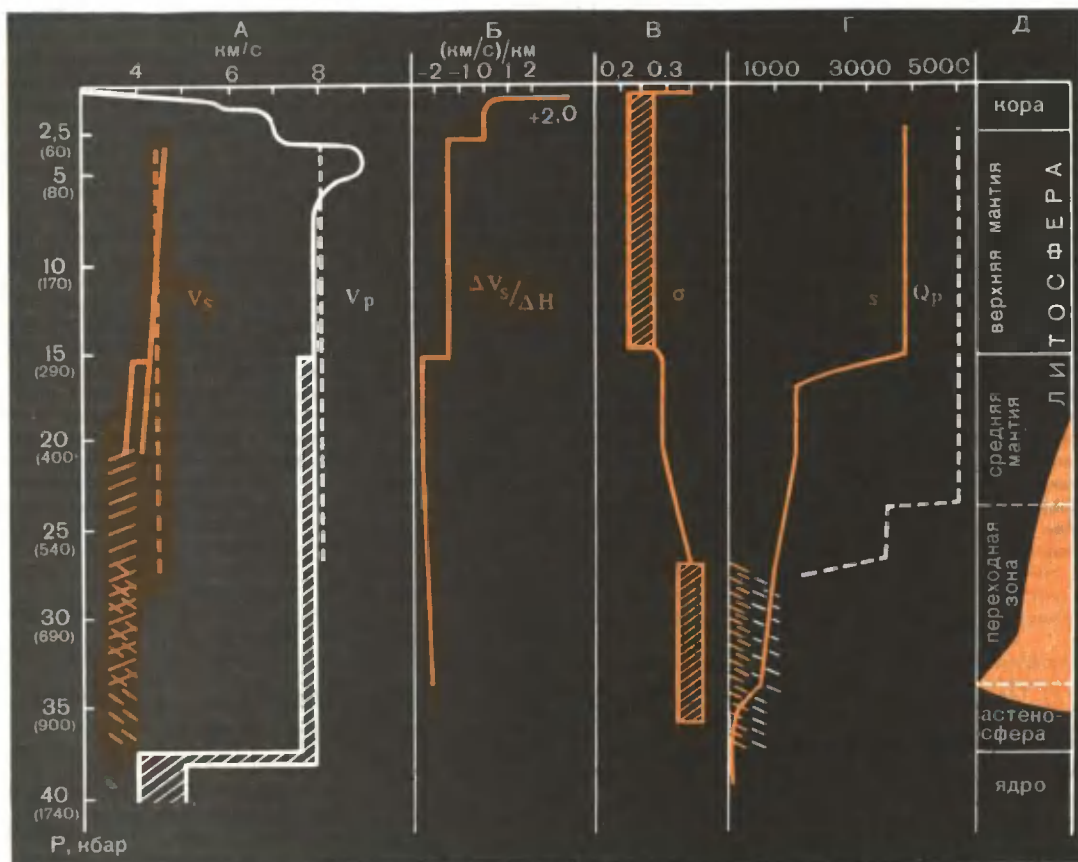
¹ Тихий океан. Масштаб 1:25 000 000. Редакторы Г. Б. Удинцев, Г. В. Агапова, Н. А. Марова. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1976.

висимости от расстояния и частоты, а также выделены фазы поперечных волн в последующей части записи.

По-прежнему ведущую роль в анализе лунных сей-

смических данных играют исследовательские группы Г. Латема (Техасский университет, США) и Н. Токсоца (Массачусетский технологический институт, США)¹. Группа Лате-

и поперечных волн равно $1,733 \pm 0,059$, коэффициент Пуассона составляет $0,25 \pm 0,025$ — величина, типичная для компактных кристаллических пород. Скорость поперечных волн



Сводка сейсмических характеристик недр Луны: А — распределение скорости продольных v_p и поперечных v_s волн; Б — вертикальный градиент скорости поперечных волн $[\Delta v_s / \Delta H]$; В — коэффициент Пуассона σ , характеризующий отношение скоростей продольных и поперечных волн; Д — основные слои в Луне. Белые линии — свойства по продольным, цветные — по поперечным волнам. Сплошные линии — данные группы Г. Латема, пунктирные — группы Н. Токсоца. По вертикальной оси дано давление; в скобках указаны соответствующие глубины [в км]. На графике Д заливкой вдоль оси давлений показано распределение числа сейсмических толчков. Совокупность данных свидетельствует о несомненной радиальной слоистости Луны.

ма придерживается своей пятислойной модели 1974 г.² (кора, верхняя и средняя мантия — все вместе составляют литосферу, нижняя мантия — астеносфера и ядро). На основе новых материалов детальнее изучены физические параметры верхней и средней мантий. В верхней мантии отношение скоростей продольных

на глубине 60 км и больше — $4,7$ км/с, а свыше 300 км — $4,4$ км/с; градиент уменьшения этой скорости с глубиной — $0,0013$ (км/с)/км. Это могло бы быть связано с быстрым ростом температуры (5° на 1 км), но тогда оливиновое вещество мантии оказалось бы частично расплавленным, чему противоречит большая величина сейсмической добротности (4000). Остается предположить, что с глубиной несколько меняется химический состав верхней мантии: увеличивается содержание пироксенов и относительное содержание железа.

С глубины 300 км, при переходе к средней мантии,

¹ Abstracts of papers 7th lunar conference. Huston, Texas, 1976;

² "Journal of Geophysical Research", 1976, v. 81, No 26, p. 4818—4824.

² Подробнее см.: «Природа», 1974, No 10, с. 105.

скорость поперечных волн начинает убывать вдвое быстрее. Пока не ясно, вызвано это увеличением температурного градиента или изменением состава пород. На глубине 400 км скорость поперечных волн снижается до 4,15 км/с, соответственно возрастает коэффициент Пуассона. Сейсмическая добротность хотя и уменьшается, но остается достаточно высокой (1500), так что плавление мало вероятно. Не ясно также, происходит ли на границе верхней и средней мантий скачкообразное уменьшение скорости. Во всяком случае, прежних утверждений о резкости этой границы и о волнах, изменившихся на ней свой тип колебаний, тексасские сейсмологи не повторяют. Существенно, что к верхним слоям средней мантии относится слой пониженного электрического сопротивления, выделенный ранее Л. Л. Ваньяном (СССР) и недавно подтвержденный по независимым данным Дайелом (США). Волны от поверхностного источника, распространившиеся глубже 400 км, не возвращаются к поверхности из-за отрицательного градиента скорости в мантии. Поэтому сведения о физических свойствах нижних слоев средней мантии можно получить из записей глубоководных лунотрясений, очаги которых лежат близ подошвы средней мантии. Вплоть до глубины 800 км скорость поперечных волн продолжает убывать, оставаясь в пределах $3,7 \pm 0,2$ км/с. Добротность также уменьшается: как сообщалось ранее, в астеносфере Луны она снижается до величины порядка 100. Коэффициент Пуассона на глубине 300 км и особенно в нижних слоях средней мантии принимает очень высокие значения: $0,36 \pm 0,02$. Полагая вслед за геохимиками, что кора и верхняя мантия Луны — результат дифференциации расплавленного вещества, Латем повторяет свое кардинальное предположение, что вещество средней мантии — изначальный метеоритный материал, который никогда полностью не переплавлялся за всю историю Луны.

Группа Токсоца определила лишь средние скорости распространения волн в мантии и поэтому не расчленяет Луну столь детально, как тексасская группа; выделяется кора, мантия — литосфера (60—600 км) и ядро — астеносфера (вплоть до центра). Это отчасти обусловлено меньшим объемом данных, используемых при анализе. Полученные величины скоростей и сейсмической добротности в общем близки к оценкам Латема.

Основное противоречие в результатах этих двух групп исследователей (разная глубина кровли астеносферы), на наш взгляд, может быть устранено введением представлений о переходной зоне между лунной литосферой и астеносферой, находящейся на глубинах 500—900 км и имеющей сложный рельеф. Такая зона отличается резкими градиентами физических параметров среды: уменьшением добротности, вязкости и электрического сопротивления, увеличением коэффициента Пуассона. К ней приурочены все очаги приливных лунотрясений; большой разброс их глубин подчеркивает сложный характер сочленения литосферы и астеносферы Луны. Постепенность перехода подтверждается также отсутствием фаз отраженных волн.

И. Н. Галкин

Кандидат физико-математических наук
Москва

ровали температурные условия, существовавшие в районе Индийского океана 18 тыс. лет назад. Составленные ими карты температуры водной поверхности для августа и февраля основаны более чем на сорока образцах донных отложений, взятых в различных областях этого океана.

Исследователи пришли к выводу, что за 18 тыс. лет общая температурная структура Индийского океана изменилась в значительно меньшей степени, чем Атлантического и Тихого океанов.

Карты за август показывают, что температуры в районах к северу от экватора были подобны нынешним, но южная граница теплых поверхностных вод (с температурой до 27°C) продвинулась на север примерно на 10 градусов широты. К югу от 20° ю. ш. поверхностные воды претерпели существенное охлаждение.

Судя по картам, относящимся к февралю, распространение теплых (до 27°C) вод в ту отдаленную эпоху было сильно ограничено. Особенно это касается области между экватором и 15° с. ш. Таким образом, Аравийское море и Бенгальский залив 18 тыс. лет назад были значительно холоднее, чем ныне; на 4°C были холоднее воды, омывающие Южную Африку.

«Science News», 1976, v. 110, № 22, р. 346 (США).

Климатология

Климатология

Палеоклимат Индийского океана

Изучение климатов отдаленного прошлого — один из важнейших методов определения тенденций климатических изменений в будущем. Американские палеоклиматологи и океанологи У. Л. Прелл (Брауновский университет), А. У.Х.Бе и К. Гайтценгауэр (Ламонтская геологическая обсерватория Нью-Йоркского университета) реконструировали

Климатологический прогноз до XXII в.

Метеоролог Х. С. Уиллет (Массачусетский технологический институт, Кембридж, США), проанализировав развитие цикличности солнечной активности за несколько последних десятилетий и ее связь с явлениями погоды и климата на Земле, построил климатологический прогноз в глобальном масштабе, охватывающий период до первой половины XXII в.

По мнению Уиллета, в ближайшее время будет раз-

живаться похолодание. Примерно через 125 лет можно ожидать наступления «малого ледникового периода», который продлится около 30 лет (между 2110 и 2140 г.). «Полный» же ледниковый период должен наступить примерно через 10—30 тыс. лет. Кроме того, по прогнозу Уиллета, в ближайшие 25 лет средние температуры упадут значительно ниже их уровня в последнее десятилетие; в средних широтах в ближайшее время не следует ожидать длительной засухи крупных масштабов, за исключением тех областей США, которые граничат с Мексикой; в Канаде, северных районах Европы и в относительно высоких широтах предстоит преимущественно сухой период; жестокая засуха, которая уже началась в Африке и южной части Азии, продлится около 10 лет; между 2000 и 2030 г. следует ожидать резкого и существенного потепления, за которым, однако, довольно быстро последует сильное похолодание в глобальном масштабе.

Многие специалисты склонны вполне серьезно рассматривать этот прогноз, так как его автор правильно предсказал в 1951 г., что в течение последующих 15 лет средние температуры по всей планете существенно понизятся. Кроме того, Уиллет безошибочно прогнозировал снижение количества и интенсивности ураганов в северной части Атлантического океана и их усиление в Мексиканском заливе, которые произошли в 60-х годах.

«The Polar Times», 1976, № 82, р. 2 (США).

Палеогеография

Древнейшему оледенению Памира 3 млн лет!

Высочайшая горная страна Советского Союза — Памир — пережила несколько ледниковых эпох, отразившихся в ледниковых формах рельефа и комплексе ледни-

ковых отложений. Большинство исследователей находят на Памире следы трех крупных оледенений, причем геологические, геоморфологические и палеоботанические данные свидетельствуют об

В 1973 г. М. М. Пахомов и автор обнаружили реальные следы плиоценового оледенения на восточном Памире. За полевой сезон 1975 г. число найденных пунктов древнейшей морены возросло, а камераль-



- основные современные хребты
- пункты нахождения плиоценовой морены (тиллитов)
- предполагаемое распространение плиоценовых ледников

Схема распространения плиоценового оледенения на Памире.

их четвертичном возрасте. До сих пор не было никаких оснований отодвигать начало оледенения Памира на конец нижнечетвертичного времени, т. е. более чем на 0,5 млн лет назад. Правда, в отдельных работах можно найти предположения о более древнем, плиоценовом оледенении Памира, но фактических материалов не было.

ная обработка материалов подтвердила первые результаты, придав им значение нового научного факта.

Первая находка сделана в верховьях одного из притоков р. Гунт на абсолютной высоте около 4000 м (указание на это место содержится в малоизвестной старой публикации геолога С. И. Клуникова). Здесь, на дне ущелья, речка размывает морену — сизую несортированную песчано-обломочно-валунную массу, настолько плотную, что она почти не поддается геологическому молотку. Такого рода моренные отложения называют тиллитами. Верх по разрезу тиллит переходит в озерно-ледниковые отложения и отложения флювиогляциальные, т. е. образованные талыми ледниковыми водами. Мощность

надморенной озерно-речной толщи 200—250 м. Ни эта толща, ни перекрытые ею тиллиты никак не выражены в современном рельефе; они заполняют углубления древнего рельефа. Между тем здесь, на северном склоне Южно-Аличурского хребта, расчлененном поперечными долинами глубиной 600—800 м, прекрасно сохранились в рельефе следы трех разновозрастных оледенений. Морена самого раннего из них лежит на высоте 4700—4800 м и перекрывает вышеупомянутую мощную озерно-речную толщу. Последняя, несомненно, является древнейшей межморенной. Уже по этим признакам можно было считать и ее, и тиллиты плиоценовыми.

Когда был закончен спорово-пыльцевой анализ древнейшей межморенной толщи (М. М. Пахомов), эта возрастная оценка подтвердилась. В спорово-пыльцевых спектрах четко отражен переход снизу вверх от перигляциальной и умеренно теплой растительности к растительности жарких стран, вплоть до тропической, и снова возврат к холодоустойчивой (перед и во время накопления верхней морены). Показательно, что в средней части разреза содержится пыльца свыше 40 родов древесных пород, тогда как в подстилающих и перекрывающих отложениях ледникового комплекса — не более 12—15. В молодых четвертичных отложениях Памира, в том числе и в межледниковых, число родов древесных пород никогда не превышало 18, и, главное, никогда позже на Памире уже не произрастали теплолюбивые и вечнозеленые леса с плиоценовыми элементами, а тем более — реликтовые представители миоценовых тропических лесов.

Помимо спорово-пыльцевого анализа нами был применен палеомагнитный метод, основанный на сопоставлении магнитной характеристики изучаемых разрезов с хорошо датированной общемировой палеомагнитной шкалой. Выполненный А. В. Пеньковым палеомагнитный анализ показал, что отложения моложе верх-

ней из двух древнейших морен имеют прямую намагниченность (эпоха Брюнеса), верхняя часть древней межледниковой толщи — обратную (эпоха Матуйе), а нижняя — преимущественно прямую (эпоха Гаусса). Это позволяет верхнюю морену, считавшуюся мореной нижнечетвертичного оледенения, датировать временем около 0,5—1 млн лет. Основание подстилающей межледниковой толщи пока имеет два варианта датирования; в любом из них оно не моложе 1,79 млн лет, но более вероятен другой вариант — свыше 3,1 млн лет. Следовательно, следы древнейшего (из пока известных) оледенений — тиллиты — заведомо древнее 1,8 млн лет и, вполне вероятно, древнее 3,1 млн лет.

Поскольку тиллиты в аналогичных геоморфологических и стратиграфических условиях найдены автором в нескольких местах восточного Памира, а также на западном и северном Памире, можно утверждать, что по меньшей мере два хребта — Южно-Аличурский с его западными ответвлениями и Заалайский — надели ледниковые шапки уже в плиоцене. Другие, не менее высокие хребты Памира вряд ли уступали им в оледенении, и обнаружение его следов, — видимо, вопрос времени.

В свете новых данных трудно предположить, что безледными в плиоцене оставались Гималаи и Гиндукуш. Эти горные гиганты, хотя и были 3—4 млн лет назад на 2,5—3,5 тыс. м ниже, могли рождать долинные ледниковые языки. Один из таких крупных языков должен был спускаться вдоль северных подножий Гиндукуша по крупнейшей межгорной долине Вахандаря — Пяндж — Санглич. В ее юго-западной части на территории Афганистана автором еще в 1966 г. была обнаружена древнейшая морена. Длина образовавшего ее ледника могла превышать 100 и даже 250 км.

А. А. Никонов,
Кандидат географических наук

Москва

Антропология

Между синантропом и современным человеком

В конце 1973 г. на берегу оз. Ндуту, неподалеку от известного ущелья Олдоваи в Танзании, палеонтолог А. А. Мтури (Департамент древностей Танзании) обнаружил фрагменты черепа ископаемого человека, по-видимому неизвестной до сих пор формы. Расчистку и реконструкцию находки завершил в 1976 г. Р. А. Кларк (Отдел анатомии Йоганнесбургской медицинской школы, ЮАР).

По сообщению Кларка, этот ископаемый гоминид, судя по его черепу, в эволюционном отношении находится между *Homo erectus pekiensis* (синантропом прямоходящим) и *Homo sapiens* (современным человеком) и обладает многими чертами, присущими одному и другому. Так, форма затылочной кости, сосцевидного отростка височной кости, почти вертикальная линия лба, предполагаемые очертания надглазничного валика и толщина черепного свода указывают на близость к *Homo erectus*. С другой стороны, некоторые особенности теменной кости, строение вертикальных стенок черепного свода и отсутствие сагиттального гребня говорят о сходстве с *Homo sapiens*.

Предварительно возраст находки определен в 500—600 тыс. лет. Рядом было обнаружено 270 предметов, по-видимому связанных с деятельностью человека. Среди них 20 ясно распознаваемых каменных орудий и 94 костяных обломка, включая рога оленей и более мелких копытных. Мтури предполагает, что на стоянке производился массовый забой животных.

Какое место в эволюционной схеме должна занять новая находка, еще не до конца ясно. По мнению Кларка, особые черты, присущие черепу, говорят о необходимо-

сти установления нового подвигда Homo erectus. Сравнительно-морфологические исследования мдтутской находки продолжаются.

«Nature», 1976, v. 262, № 5568, p. 484—486 (Великобритания).

Охрана природы

Чем опасны аэрозоли!

Опубликован доклад Американского национального совета исследований о разрушающем действии галоидуглеродов (иначе говоря, фреонов) на слой озона, окружающий Землю, и рекомендации специального комитета по предупреждению опасности.

Фреоны — непереносимые компоненты всевозможных аэрозолей, кроме того, они используются в промышленных холодильных установках и в кондиционерах. Освобождаясь и достигая слоев стратосферы, фреоны разрушаются ультрафиолетом. Выделяющиеся при этом атомы хлора вступают в многочисленные реакции с озоном, что ведет к снижению содержания последнего. Как известно, слой озона в стратосфере поглощает большую часть ультрафиолетового солнечного излучения, тем самым предохраняя все живое на Земле от его пагубного воздействия. Кроме того, фреоны поглощают инфракрасное излучение Земли, препятствуя его рассеиванию в космическое пространство. В результате температура у поверхности Земли повышается, т. е. изменяются и климатические условия.

Пока точно установить размеры опасности не представляется возможным; продолжаются исследования с помощью зондов и ракетной техники. Тем не менее два вывода комитета совершенно определены: во-первых, опасность и, прежде всего, для такой страны, как США, производящей галоидуглероды в огромном масштабе, существует, и, во-вторых, необходимо искать пути для устра-

нения этой опасности. В частности, ведутся исследования по использованию Мирового океана в качестве безопасной «могилы» для отработанных фреонов.

Специальная комиссия дает следующие рекомендации: запретить к 1978 г. использование фреонов в аэрозолях и, по возможности, в течение нескольких лет сократить их применение в кондиционерах и в промышленных холодильных установках; в течение этого времени использовать только фреоны, меченные радиоактивными изотопами. Ограничения должны пересматриваться каждые 3—5 лет и корректироваться с учетом последних научных достижений по этой проблеме. Кроме того, необходимо развивать исследования по выяснению воздействия ультрафиолетового излучения на растительный и животный мир; особое внимание следует уделять исследованиям возникновения злокачественных опухолей под действием ультрафиолетового излучения.

«Science», 1976, v. 194, № 4261, p. 170—172 (США).

Охрана природы

Ртуть в бассейне Женевского озера

В результате обследования, выполненного лимнологической лабораторией Женевского университета совместно с группой французских специалистов, установлено, что в верхнем слое придонных осадков Женевского озера содержится 65 т ртути, из которых только 5 т имеют естественное происхождение. Основной источник загрязнения ртутью — сброс неочищенных отходов производства этилена и красителей.

Гидробиологические наблюдения, произведенные более чем над 1000 особями озерных рыб, показали, что концентрация ртути в их тушках относительно мала. Но так как ежегодно из озера вылавливается до 2 тыс. т рыбы, то, по подсчетам, еженедельно

в организм человека, потребляющего эту рыбу, поступает до 0,02 мг ртути.

Хотя по данным Всемирной организации здравоохранения, предельно допустимая недельная доза ртути для взрослого человека — 0,3 мг, т. е. в 15 раз выше, все же на ближайшие 5 лет составлена программа профилактических мероприятий по охране озера от загрязнения ртутью.

«Aqua», 1976, № 3, p. 6—7 (Великобритания).

Археология

Цитадель индейцев неизвестной культуры

Группа сотрудников Национального археологического института Боливии, возглавляемая его директором К. П. Санхинесом, при раскопках в районе Исканвайя (в 300 км к северу от Ла-Паса) обнаружила развалины крупного сооружения, возведенного жителями доколумбовой Америки. Изучение руин показало, что это укрепление принадлежит совершенно неизвестной культуре индейцев.

Цитадель расположена на восточном склоне Анд среди горных джунглей на высоте около 160 м над ур. м. и занимает площадь примерно 14 га. Это одно из крупнейших укреплений Южной Америки, построенных до появления там белого человека.

Умело используя рельеф местности, древние строители провели «водопровод» и оросительные каналы общей длиной 3 км к полям, расположенным на искусно построенных террасах.

Поразительна архитектура древнего города: все сооружения и их элементы имеют трапециевидные очертания. Чем вызвана такая особенность, не встречавшаяся ранее при изучении каких-либо иных культур древности, пока не известно.

«Science News», 1976, v. 110, № 20, p. 311 (США).



Ботаника

Расселение южно-африканской элодеи на территории СССР

М. Д. Махлин

Ленинград

В 1906 г. из Южной Африки был завезен в Европу для разведения в оранжерейных бассейнах и аквариумах новый вид водного растения — лагаросифон (*Lagarosiphon major*), иногда называемый также элодеей курчавой (*Elodea crispa hort*), семейство водокрасовых. По общему облику растение похоже на элодею, но листья сильно закручены книзу (откуда и название «курчавая»). Растение предпочитает богатую питательными веществами мягкую или средней жесткости воду, обилие солнечного света, температуру в пределах 10—22°C.

В Петербургском (Ленинградском) ботаническом саду этот африканский вид растения появился в 1910 г., находился в коллекции до середины 60-х годов, культивировался в закрытых оранжерейных бассейнах. В Европе уже в первые десятилетия века курчавая элодея вышла за пределы культурных водоемов и расселилась в пресных водоемах Южной Англии, по Атлантическому побережью Франции и Португалии, в Северной Италии. Растение хорошо переносит мягкие зимы и вошло в флору этих регионов.

Из Ленинградского ботанического сада АН СССР этот вид был получен и успешно интродуцирован М. Н. Копыловым в Сухумском ботаническом саду. Нами это растение в начале 50-х годов было предложено для любительских аквариумов. Однако в



Лагаросифон (*Lagarosiphon major*) в аквариуме. Справа — элодея (*Elodea densa*).

аквариумах оно не получило широкого распространения, так как оказалось, что в теплой воде комнатных водоемов (температура 24—28°C) наступает деградация растения: стебли и листья мельчают,

вытягиваются, приобретают светло-зеленый цвет, листья раскручиваются, вегетативное размножение ветвлением стебля замедляется, а затем и совсем прекращается, стебли становятся очень ломкими. В настоящее время курчавая элодея в аквариумах любителей СССР почти не встречается.

В Сухумском ботаниче-

ском саду, в бассейнах под открытым небом, курчавая элодея успешно акклиматизировалась и разрослась. Оттуда, намеренно или случайно, вместе с корневищами нимфей, это растение попало в декоративный бассейн парка поселка Новый Афон. Такое же распространение за эти годы получило и другое водное растение — североамериканская понтедерия (*Pontederia cordata* L.). По данным сотрудника Сухумского ботанического сада И. Д. Медзариашвили, понтедерия успешно растет и перезимовывает в бассейнах парка совхоза «Южные культуры» (Адлер), в опытном саду опорного пункта АН СССР (Гагра), однако за пределы контролируемых культурных водоемов это растение не вышло.

Иное дело произошло с курчавой элодеей. В октябре 1976 г. нами было обнаружено, что из водоема в Новом Афоне элодея постепенно распространилась в соседние парковые водоемы, затем в переходные каналы и водоемы парка, где водная растительность не контролируется, и, наконец, в русло реки Псырцха. В канавках и заводях горной реки стебли курчавой элодеи достигают 60 см длины, сильно ветвятся, листва густая, темно-зеленая, листья характерно загнуты книзу. Растет курчавая элодея в сообществе с двумя местными видами рдеста.

Надо полагать, распространение этого растения будет продолжаться и далее, поэтому мы считаем, что его отныне следует включить в список флоры пресных вод СССР.

Зоология

Серая цапля в Барабе

А. И. Кошелев,
Г. И. Ходков

Новосибирск

На многие десятки и сотни километров с севера на юг раскинулась в между-

речье Иртыша и Оби Барабинская низменность, или, как ее еще называют, Бараба. Самый характерный элемент ландшафта Барабы — озера. Их здесь насчитывается более 3000 и самое крупное озеро Западной Сибири — Чаны расположено почти в середине этой огромной лесостепи. Берега Чанов очень извилисты, изрезаны массой мелководных заливов. На озере очень много полуостровов и островов. Большинство из них покрыто степной растительностью, на некоторых островах встречаются густые заросли черемухи, боярышника, калины, ивы и небольшие березово-осиновые колки. Чаны, как и многие другие озера Барабы, издавна славилась обилием водоплавающих птиц.

Но скудеет птичье население крупных и мелких озер. Еще в начале текущего столетия в обширных тростниковых займищах Барабы встречался стерх (белый журавль), теперь его здесь уже давно нет. Не стало в последние годы черного журавля, черного аиста, степного орла, скопы, дрофы (все эти виды птиц, ранее служившие украшением барабинских ландшафтов, внесены в «Красную Книгу СССР»). Значительно сократилась численность серого журавля, серого гуся, лебедей — кликуна и шипуна. Под угрозой исчезновения оказалась и серая цапля.

Изучая орнитофауну Барабы с 1969 г., мы постоянно, хотя и в небольшом числе, встречаем серую цаплю на различных крупных водоемах. Изредка одиночные гнезда цапель нам приходилось находить в озерах системы р. Баган, где она селилась на сплаvine, в густых зарослях тростника. Однако для этого вида более характерно колонияльное гнездование. На юге Барабы нам известны лишь две небольших колонии серых цапель. Одна из них, насчитывавшая всего шесть гнезд, устроенных на осинах в окрестности с. Травное Доволенского района Новосибирской области, обнаружена в конце июня 1967 г. Н. П. Григорьевой. Сейчас о судьбе



Серая цапля.

Фото М. В. Штейнбаха.

этого поселения ничего определенного сказать нельзя. Вторая колония серых цапель расположена на одном из островов озера Чаны — Перекопном. Этот остров вытянут с северо-востока на юго-запад на 5 км, его ширина всего 0,5—0,7 км, большая часть поверхности острова покрыта степными и луговыми расти-

тельными ассоциациями. В восточной части разбросано несколько небольших березовых колков, в самом крупном из них, с густым подлеском из черемухи, боярышника и бузины, гнездятся серые цапли.

По сообщению О. В. Григорьева, указанное поселение цапель существует по крайней мере с 1968 г., когда эти птицы поселились здесь вместе с грачами. Мы трижды обследовали эту колонию: в конце июня 1973, 1975 и 1976 гг. За это время число гнездившихся птиц сократилось с 20 пар (1973) до 9 (1975) и 2 (1976). Такое положение не может не вызывать тревоги за дальнейшую судьбу гнездовой этого вида.

Колония серых цапель на о-ве Перекопный — сейчас для Барабы единственно известная и, учитывая это, следует принять самые неотложные меры по ее сохранению. Она продолжает существовать только потому, что местное население редко бывает на острове в период гнездования цапель. Но с каждым годом увеличивается число моторных лодок в селах, расположенных по берегам Чанов, во всех направлениях рассекают они водную гладь озера и неперенный атрибут почти всякого такого судна — двустолка. Много цапель погибает от бессмысленных выстрелов охотников. Местное население считает цаплю несъедобной, и поэтому убитую птицу почти тут же выбрасывают. В сезон охоты нередко приходилось встречать по берегам озер цапель-подранков и мертвых птиц. О значительном отстреле этого вида свидетельствует и тот факт, что из окольцованных нами в 1973 г. 61 птенца в тот же год в Центр кольцевания АН СССР поступило два кольца с птиц, добытых неподалеку от места мечения.

Первоочередной мерой по охране данного вида должно стать выделение о-ва Перекопный в качестве заказника, а также запрещение посещения колка с гнездовьями цапель в период их размножения. Вместе с тем необхо-

димо пропагандировать охрану не только серой цапли, но и других, ставших уже редкими, видов птиц.

Птицы — живое украшение нашей лесостепи. Уверечь их, сохранить для будущих поколений — одна из важнейших задач всех, кому дорога природа родного края.

Зоология

Морж в Белом море

Л. А. Попов

Кандидат биологических наук

Москва

Ю. И. Назаренко

Кандидат биологических наук

Архангельск

В последние годы на льдах северной части Белого моря все чаще появляются моржи. Очевидно, этот, некогда почти полностью истребленный в Атлантике представитель арктических ластоногих, постепенно начинает восстанавливать свой ареал, все дальше проникая во внутренние воды Белого моря.

Мы встретили моржа на льдах северной части горла Белого моря 14 марта 1976 г. при обследовании с вертолета концентрированных скоплений детенышей и самок гренландского тюленя на одной из крупных торосистых льдин. При посадке вертолета на льды морж ушел в воду и длительное время не появлялся. Осматривая щенков гренландского тюленя, мы подошли к большому, покрытому тонким льдом разводью. Внезапно лед в разводье приподнялся, и на поверхности появился морж. Спокойно взломав лед толщиной 10—12 см, он уперся передними лапами о край льдины и, наполовину высунувшись из воды, некоторое время рассматривал людей, находившихся в непосредственной близости. Не выдержав тяжести моржа, лед обломился, и животное ушло под воду. Через несколько минут морж снова пробил лед и опять принялся разглядывать

людей. Так повторялось несколько раз. По размеру и форме клыков можно предположить, что это был молодой самец в возрасте 3—4 лет. Дальнейшее поведение моржа было еще более необычно.

На участке тонкого льда, где морж продолжал периодически высываться на поверхность, спокойно лежал упитанный детеныш гренландского тюленя — белек. Матери детеныша рядом не было, очевидно, она плавала в это время в близлежащем разводье. Морж несколько раз взламывал лед рядом с бельком. Затем он пробил лед в непосредственной близости от белька, наполовину выпрыгнул из воды и на наших глазах всей тяжестью обрушился на белька, подмял его под себя вместе со льдом и исчез под водой. На месте разыгравшейся трагедии осталась только большая полынья, наполненная раздробленным льдом. Через некоторое время морж вынырнул в отдаленном разводье, несколько минут поплавал в нем, затем ушел под воду и исчез.

Трудно дать объяснение такому поведению моржа по отношению к детенышу гренландского тюленя. Во всяком случае оно напоминало не игру, а преднамеренное нападение. Если этот случай квалифицировать как нападение, то остается неясным, с какой целью оно было совершено: просто ради убийства или для питания. Хотя основу питания моржей в морях Арктики составляют донные моллюски, вместе с тем известны также случаи нахождения в желудках животных остатков шкур тюленей, в частности кольчатой нерпы.

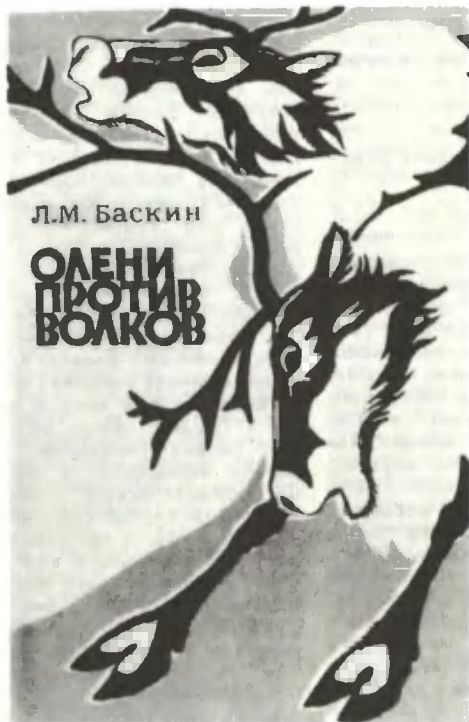
Поппадают ли эти остатки шкур тюленей в желудки моржей от мертвых или от убитых моржами тюленей — не ясно. В литературе пока не отмечены случаи прямого нападения моржей на тюленей и поедания последних, хотя о существовании, в частности на Чукотке, моржей-хищников, так называемых клелючей, известно давно. Очевидно этот интересный вопрос требует дальнейшего изучения.



О групповом поведении животных

Профессор Д. И. Бибилов

Москва



Л. М. Баскин. ОЛЕНИ ПРОТИВ ВОЛКОВ.
М., «Знание», 1976, 144 с.

Данные этологии — науки о поведении животных — позволили обосновать ряд теоретических положений, которые дают мощный импульс новому, более углубленному толкованию некоторых биологических явлений. Теперь уже нет сомнений, что динамика численности животных регу-

лируются особыми механизмами, в основе которых лежат изменения поведенческих реакций.

Поведению многих видов животных, начиная от простейших и до приматов, посвящены многочисленные научные статьи и книги. Большой любовью читателей пользуются вышедшие у нас научно-популярные книги известных зарубежных специалистов К. Лоренца, Н. Тинбергена, О. Хейнрота, Р. Шовена, Д. Шаллера и многих других, написанные не только со знанием дела, но и интересно, часто с юмором. Большие тиражи подобных изданий моментально раскупаются, и счастливые их владельцы доставляют радость знакомым, давая почитать новинку. Однако советская научная литература по поведению животных сравнительно бедна. Особенно это касается научно-популярных изданий. Тем более приятно отметить появление новой книги Л. М. Баскина.

Поначалу ее название — «Олени против волков» — кажется непонятным. Почему не наоборот? Но потом оно уже не вызывает недоумения. Автор описывает многообразие формирующихся у отдельных особей копытных, а особенно в их группах, этологических приспособлений, направленных на противостояние хищникам, на самосохранение.

Научный уровень рецензируемой книги достаточно высок. Это полноценный обзор современных знаний о групповом поведении крупных зверей, в котором значительное место заняли данные и обобщения самого автора, посвятившего много лет полевым наблюдениям стадной жизни разных видов копытных животных.

Несколько слов о характере изложения. К сожалению, оно неровное. Книга писалась в расчете на массового читателя и в целом доступна для него. Но популярный стиль выдержан не всюду. Встречаются абзацы, которые никак не назовешь популярными — это типичные выдержки из

научного текста. Можно было бы привести примеры, правда немногочисленные, и другой крайности, когда, стараясь подать материал доходчиво, автор чересчур упрощает явление. В целом же книга написана живо и читается легко, хотя раскрывает весьма сложные реакции поведения животных. Автор дает объяснения методов работы и терминов современной этологической науки, что очень полезно в научно-популярном издании.

Несмотря на небольшой объем, книга Л. М. Баскина охватывает широкий круг вопросов формирования поведения. Упомянем лишь о немногих. Например о теории запечатления, или импринтинга, который наглядно проявляется в том, что новорожденные детеныши, сразу же оказавшиеся рядом с другим зверем или рядом с человеком, воспринимают его как образ матери. Выявилась также особая чувствительность животных к запоминанию района обитания и окружающей обстановки в периоды первого участия в размножении или при смертельной опасности. Становление подобных реакций исследовано у многих копытных, хищников, приматов. Известный знаток поведения волка Н. А. Зворыкин описывал необыкновенную способность этого зверя на всю жизнь запоминать, а впоследствии и избегать ситуации, при которой он попал под неожиданный выстрел: животное преодолевает смертельный страх перед флажками и переходит через их линию. Недаром деятели охотничьего хозяйства жалуются на трудность борьбы с оставшимися одиночными хищниками, накопившими большой опыт противопоставлять собственную хитрость коварству человека. Заметим, кстати, что применение для борьбы с волком отравленных приманок эффективно только первые годы. Вскоре сохранившиеся звери перестают брать приманку, от нее гибнут уже не волки, а другие обитатели леса: россомаха, рысь, кабан, мелкие хищники и многие птицы. Более достойны внимания опыты американских зоологов, которые использовали приманки с солями лития, вызывающими рвоту, чтобы выработать отвращение койотов к овцам и другим домашним животным.

Ярко описана стадная жизнь лошадей, формирование различных образцов их поведения. Последовательно, точно и образно излагает автор собственные и литературные данные (к сожалению, грани между ними не всегда четки) о приобретении новых повадок в пищевой и оборонительной активности, о становлении от-

ношений доминирования и подчиненности. Защита территории и «мечение» ее в полной мере проявляется только трехлетними жеребцами. Оно выражается в пробежках жеребца вокруг косяка, рытье грунта копытом, характерных позах на бегу — круто выгнутой шее, в выпрямленных ногах, приподнятом хвосте, ржании. Перечисленные элементы составляют стереотип поведения, включающий сигналы о том, что этот жеребец здесь хозяин и не потерпит появления других. Описание поведения лошадей — лучшие страницы в книге.

Много внимания уделено иерархическим отношениям в группах. В общем виде автор объясняет это явление следующим образом: «Если в данном районе обитает 10 животных, а корма имеется только для 9, они не будут делиться поровну, в результате чего все недоедят. Животное, имеющее низший ранг в иерархии, без сопротивления уступит свою еду остальным... Животные, находящиеся на низших ступенях иерархии, подвергающиеся агрессии со стороны других членов группы, психологически чувствуют себя угнетенными, что вызывает и важные физиологические изменения в их организме» (с. 85). Психологическое угнетение и недостаток корма у особой низшего популяционного ранга иллюстрированы в книге многочисленными примерами из жизни птиц, грызунов, копытных и хищных.

Взаимоотношение особей в сообществах конкретных видов, т. е. этологическая структура их популяций, исследуется в настоящее время очень интенсивно. Грандиозные «мышинные нашествия» или, наоборот, неожиданное вымирание некоторых видов на огромных территориях начинаются с почти незаметных сдвигов поведения особей в их естественных группировках — семьях, стадах или колониях. Примечательны, например, восьмилетние наблюдения Е. Зимена за стаей волков в шестигектарном вольере. Величина стаи оставалась постоянной, несмотря на ежегодное рождение 3—7 волчат, и не превышала 12 зверей. Размеры стаи и воспроизводство регламентировались поведением особей, иерархическими отношениями. Спаривалась и приносила приплод только одна, доминирующая самка, при этом другие волчицы переходили в разряд подчиненных животных, а затем и вовсе изгонялись из стаи. Численность животных вне стаи увеличивалась. По мере увеличения числа зверей в вольере и недостатка пищи агрессивность особей по отношению друг к другу нарастала.

Охотничье поведение хищных зверей и отношение «хищник — жертва» издавна привлекают внимание натуралистов и вообще любознательных людей. Увлечателен этот раздел и в рецензируемой книге. Мы узнаем о значении группового поведения в обороне, о селекционной роли хищничества, о множестве взаимных адаптаций хищника и жертвы. Давно, например, известно, что первое время волки не трогали завезенных в Сибирь коров и овец, а шакалы и лисицы — акклиматизированных ондатр, нутрий или бобров. Лишь постепенно хищники начинают нападать на неизвестных им животных и вырабатывают специфические приемы охоты. То же самое мы наблюдаем теперь в центральных областях России, где новую жертву — широко расселившегося кабана — с большим или меньшим успехом начинают «осваивать» волки.

Хорошо описаны также приспособления хищников к стадному образу жизни копытных. При появлении опасности копытные собираются в стадо. Хищник теряет в стаде намеченную жертву, а попеременное преследование разных животных обычно не дает хищнику желаемого результата. Поэтому многие хищники предварительно как бы «создают испытательную ситуацию», выявляют отстающих и именно их преследуют.

К общему плану книги Л. М. Баскина «Олени против волков» претензий нет, он четок и логичен. Из числа ее недостатков, кроме уже упоминавшихся, надо указать на поверхностный характер обсуждения некоторых сторон поведения грызунов, в частности их территориальных отношений. В советской и зарубежной литературе много новых данных о поведении сурков, сусликов, песчанок и полевок, которые автор использовал слабо. Об этом же говорят и отдельные ошибки в названиях грызунов. Кроме того, некоторые трактовки поведения даже отлично известных автору копытных вызывают сомнения. Так, в целом удачное описание поведения горного козла содержит сомнительную деталь: «Козел правильно выбирает путь спасения от опасности, он старается идти тем маршрутом, который позволит ему меньше быть на открытом месте...» Насколько мне известно, в Тянь-Шане эти звери, спасаясь от преследования, предпочитают местность с широким обзором.

Заканчивая, скажу, что Л. М. Баскин написал хорошую и полезную книгу не только для широкого читателя, но и для специалистов. Несмотря на увлекатель-

ность изложения, нельзя сказать, что эта книга для легкого чтения. Сложность и глубина рассматриваемых вопросов заставляет нередко возвращаться к прочитанному. Думаю, что автор стоит на пути создания действительно популярных биологических книг, а некоторые недостатки настоящего издания в последующем могут быть устранены.

Творчество Лобачевского

Б. А. Розенфельд

Доктор физико-математических наук

Москва



Н. А. Лицис. ФИЛОСОФСКОЕ И НАУЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИДЕЙ Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО. Рига, «Зинатне», 1976, 396 с.

Гигантской фигуре Николая Ивановича Лобачевского (1792—1856) посвящено много монографий и статей. Однако в каждой из них был представлен, как правило, какой-либо один из аспектов его творчества: открытие новой геометрии и ее значение в истории математики; философские

взгляды Лобачевского, позволившие ему сделать это открытие; работы в области математического анализа и алгебры; труды по физике и астрономии. В редких случаях авторы охватывали одновременно два из этих четырех аспектов.

Рецензируемая книга — первое известное мне исследование, в котором творчество Лобачевского изучается как единое целое. (Автор не рассматривает работ по алгебре и теории вероятностей.) Важно отметить, что Н. А. Лицис не только тщательно изучил все труды Лобачевского, вошедшие в пятитомное издание его сочинений (М.— Л., 1946—1951), но и речи, лекции и конспекты Лобачевского, собранные Л. Б. Модзалевским (Л.— М., 1948), а также прижизненные и посмертные публикации Лобачевского и о Лобачевском в различных журналах.

Начав с анализа социальных и идейно-теоретических источников мировоззрения Лобачевского, автор прослеживает творческий путь великого геометра и формирование его научных и философских взглядов. Далее рассматривается история обоснования геометрии до Лобачевского, естественнонаучное и философское значение геометрии Лобачевского и проблема ее интерпретаций и логико-философского обоснования. Затем анализируются взгляды Лобачевского на основы дифференциального исчисления и специально анализируются его взгляды на понятие функциональной зависимости. Автор уделяет особое внимание взглядам Лобачевского на логико-теоретические принципы науки, критике им произвольных допущений в науке и его пониманию математической строгости, на основе чего показывает значение идей Лобачевского для борьбы против идеализма в математике. В книге дан анализ трудов и лекций Лобачевского по механике, физике и астрономии, их научного и философского значения. В заключение

Н. А. Лицис показывает, как дальнейшее развитие мыслей Лобачевского о пространстве и времени привело к формированию современных представлений в этой области и специально останавливается на роли идей Лобачевского для решения проблем современной космологии.

Многолетнее преподавание геометрии Лобачевского привело меня к твердому убеждению, что наиболее доступное ее изложение должно быть основано на интерпретациях этой геометрии, притом наиболее наглядны не упоминаемые Н. А. Лицисом интерпретация в круге Бельтрами — Клейна и интерпретация в круге или на полуплоскости, принадлежащая Пуанкаре, а интерпретация на сфере минимума радиуса в псевдоевклидовом пространстве, имеющей вид двуполостного гиперболоида. Автор в конце книги кратко упоминает об этой интерпретации, но целесообразнее было бы изложить ее во второй главе, специально посвященной трудам по геометрии, и указать на связи между этой и другими интерпретациями. Тогда читатель получил бы более отчетливое представление о сущности геометрии Лобачевского.

В книге встречаются неточности. Например, говорится о влиянии Т. Ф. Осиновского на Лобачевского (с. 29 и 36). Это влияние весьма гипотетично, хотя взгляды обоих математиков весьма близки. Отнюдь не ясно, что имеется в виду под «воображаемой механикой», о которой Лобачевский «имел довольно ясное представление» (с. 73), если речь идет о механике в пространстве Лобачевского, построенной А. П. Котельниковым в 1899 г., то это утверждение автора представляется весьма сомнительным. На с. 76 сказано, что Платон следовал «пифагорейской мистике числовых соотношений». Это верно только в том смысле, что Платон вслед за пифагорейцами придавал исключительное значение математике для определения закономерностей мира, однако пифагорейцы выдвигали на первое место числовые соотношения, в то время как Платон — геометрические, что объясняется крахом пифагорейской школы после открытия несоизмеримости отрезков.

На с. 102, говоря о мысли Лобачевского, что каждая действующая в природе сила следует «своей особой геометрии», целесообразно было бы коснуться полемики между историками науки: одни утверждают, что он был сторонником множественности геометрий в реальном мире, в то время как другие отрицают это. Автор пи-

шет, что Пуанкаре «успешно применил» свою модель плоскости Лобачевского «в функциональном анализе и в теории интегральных уравнений» (с. 128); но этих разделов математики в то время еще не было, Пуанкаре применил свою интерпретацию в теории автоморфных функций. На с. 324 сказано, что «в 1867 г. Риман опубликовал работу» (имеется в виду речь Римана, произнесенная в 1854 г.). На самом деле она была опубликована после смерти Римана (1866). Неверно, что Риман первый стал рассматривать эллиптическое пространство (которое часто неправомерно называют «неевклидовым пространством Римана»). Эллиптическое пространство впервые определил А. Кели в 1859 г., геометрию же трехмерного эллиптического пространства впервые стал изучать В. К. Клиффорд.

Эти и другие мелкие недостатки и опуски ни в коем случае не могут снизить общего впечатления от этой в целом превосходной книги, которая принесет большую пользу философам и историкам науки, а также с большим интересом будет прочитана математиками и физиками. Указанные же промахи можно исправить при переиздании, которое, несомненно, потребуется.

К завершению издания трудов В. Н. Сукачева

Профессор Н. В. Тимофеев-Ресовский
Обнинск



Владимир Николаевич Сукачев. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ В ТРЕХ ТОМАХ. Т. II. Проблемы болото-ведения, палеоботаники и палеогеографии. Л., «Наука», 1973, 352 с. Т. III. Проблемы фитоценологии. Л., «Наука», 1975, 543 с.

Надо приветствовать издание трех-томника основных работ Владимира Николаевича Сукачева (1880—1967), одного из крупнейших ботаников нашего столетия, основателя нового направления — биогеоценологии, с которой связан современный комплексный подход к охране и рацио-

нальному использованию биосферы. Это издание будет способствовать крайне желательному распространению идей В. Н. Сукачева среди молодого поколения ботаников и биогеографов. Напомнить об этом следует в связи с тем, что, к сожалению, у нас часто забывают крупнейшие достижения отечественной биологии, увлекаясь новыми работами, приходящими из-за рубежа.

В «Природе» (1973, № 2) была опубликована рецензия на I том избранных сочинений В. Н. Сукачева. В этой рецензии было кратко упомянуто о месте В. Н. Сукачева в чреде крупных русских ученых, проводивших комплексные исследования природы обширного нашего отечества (и вместе с тем всестороннее изучение окружающей человека природы и развитие общего учения о биосфере) со времен М. В. Ломоносова — через описание Камчатки С. П. Крашенинниковым, великие Академические экспедиции конца XVIII в., экспедиции Российского географического общества в XIX в., образование геологического комитета, создание В. В. Докучаевым основ современного почвоведения и его учениками — почвенной карты России, разработку Л. С. Бергом основ ландшафтоведения и, наконец, создание В. И. Вернадским биогеохимии и современного учения о биосфере. В рецензии на I том было упомянуто также о трудностях, стоящих перед редакторами и редакционными коллективами, когда такие собрания основных трудов издаются в нескольких томах, каждый из которых объединяет работы определенных направлений, относящиеся к разным годам. I том был сравнительно гомогенен по содержанию, в нем лишь отсутствовали, к сожалению, некоторые доклады и статьи В. Н. Сукачева, небольшие по объему, но существенные для понимания становления биогеоценологии.

II том редакторы подразделили на три части: вначале перепечатаны основные

работы В. Н. Сукачева по болотоведению; затем следуют главные палеоботанические труды (включая две основные работы, представляющие большой интерес до сих пор), а в конце тома представлены важнейшие палеогеографические статьи. Как и в рецензии на I том, здесь не будет излагаться содержание работ; я даже не считаю нужным удлиннять рецензию их перечислением. Все они не только сохраняют значение классических трудов, лежащих в основе современной проблематики болотоведения, истории флоры и истории ландшафтов, но до сих пор имеют актуальное значение для развития исследований в этих областях.

Наконец, III том содержит, может быть, наиболее интересные работы Владимира Николаевича, посвященные проблемам фитоценологии. Помимо этого, в III томе перепечатаны шесть интереснейших, почти уникальных (не считая двух работ К. Коррена на крапиве) трудов В. Н. Сукачева по экспериментальному изучению и интерпретации результатов борьбы за существование в пределах одного таксона и между разными таксонами у растений при различных условиях их произрастания. Не совсем понятно, почему эти работы даны не «блоком», а рассеяны между фитоценологическими статьями. Жаль, что и в этот том не вошло несколько кратких, но важных статей

В. Н. Сукачева, посвященных становлению биогеоценологии.

Обидно, что во всех трех томах списки литературы, которые В. Н. Сукачев составлял к каждой отдельной работе, объединены в общий перечень, помещенный в конце каждого тома; это не только нарушает структуру классических работ (список литературы является немаловажным структурно-стилистическим элементом научной публикации), но и затрудняет пользование отдельными материалами (при ничтожной экономии бумаги и набора).

Оба последних тома, как и первый, снабжены комментариями. Во II томе напечатана вводная статья М. С. Боч и Н. И. Пьявченко «О значении исследований В. Н. Сукачева в области болотоведения, палеогеографии и палеоботаники». В III томе содержится вводная статья А. А. Корчагина «Роль В. Н. Сукачева в развитии русской, советской фитоценологии», а также биографический очерк под заглавием «Научная, организационная, педагогическая и общественная деятельность В. Н. Сукачева», написанный Е. М. Лавренко и В. Д. Александровой.

К сожалению, «Избранные труды» В. Н. Сукачева выпущены очень малым тиражом: I и II тома по 2700 экз., а III том — 2500 экз.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

Э. Шредингер. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ ПО КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ. М., «Наука», сер. «Классики науки», 1976, 424 с., ц. 2 р. 41 к.

Выдающийся австрийский физик, лауреат Нобелевской премии Эрвин Шредингер (1887—1961) внес фундаментальный вклад в становление и развитие квантовой механики. Наследие Шредингера включает в себя многочисленные работы по различным проблемам физики и общим

вопросам естествознания. В настоящем издании представлены труды Шредингера по квантовой механике, а также несколько методологических и философских работ, связанных с квантовомеханической проблематикой. Подавляющее число этих работ публикуется на русском языке впервые. Из материалов приложения значительный интерес представляют фрагменты переписки Шредингера с Г. А. Лоренцем, Планком и Эйнштейном, автобиография Шредингера, а также большая и содержательная статья Л. С. По-

лака «Эрвин Шредингер и возникновение квантовой механики». Книга снабжена научными комментариями, полной библиографией его трудов и списком работ о Шредингере.

Физика

Е. И. Бутиков, А. А. Быков, А. С. Кондратьев. ФИЗИКА В ЗАДАЧАХ. Изд. второе, испр. Л., Изд-во ЛГУ, 1976, 158 с., ц. 26 к.

В последние годы все более широко осознается

необходимость создания учебных пособий по ряду разделов естествознания, которые занимали бы промежуточное положение между традиционными учебниками и сборниками задач. Данная книга относится именно к числу первых пособий такого типа. Цель его — выработать подход к выбору и применению физических законов для решения различных задач, а следовательно, более четкое понимание степени общности различных физических законов, границ их применимости, их места в физической картине мира. В соответствии с этим каждому разделу книги (кинематика, динамика, электростатика, оптика и др.) предпослано краткое введение, в котором формулируются главные физические законы. Но основное содержание книги составляют задачи с решениями, использованные на олимпиадах школьников Ленинграда и на семинарских занятиях со студентами физического факультета ЛГУ.

Физика

И. П. Гурский. ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ФИЗИКА С ПРИМЕРАМИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ. Изд. 2-е, испр. и доп. М., «Наука», 1976, 464 с., ц. 94 к.

Книга предназначена для поступающих в высшие учебные заведения в качестве пособия при подготовке к экзаменам по физике. Ее содержание и последовательность изложения в основном соответствуют программе для абитуриентов. Большое внимание уделено методике решения задач различной степени трудности. В каждом разделе дана подборка задач для самостоятельного решения.

Физика

А. С. Енохович. СПРАВОЧНИК ПО ФИЗИКЕ И ТЕХНИКЕ. Пособие для учащихся. М., «Просвещение», 1976, 176 с., ц. 25 к.

Современный школьник получает на уроках физики огромное количество числовой информации, констант и показателей, характеризующих свойства различных веществ и материалов. Однако при переходе из класса в класс часть «пройденного» обычно забывается. Данный справочник разработан с целью полнее удовлетворить любознательность школьника, помочь ему свести в единую систему многочисленные физические константы и технические характеристики, а также способствовать формированию ценных навыков самостоятельного поиска нужных знаний.

Физическая химия

Т. Эрден-Груз. ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ МАТЕРИИ. Пер. с нем. В. Ф. Смирнова. Под ред. и с предисл. Г. Б. Жданова. М., «Мир», 1976, 488 с., ц. 1 р. 42 к.

Книга известного венгерского физикохимика, президента Венгерской академии наук Т. Эрден-Груза знакомит читателя с современными представлениями о строении материи, начиная от элементарных частиц и кончая сложными полимерными соединениями. Какую бы проблему ни излагал автор, будь то общие положения физики микромира, учение о природе химических связей, структура жидкостей и кристаллов или структура полимеров, он стремится раскрыть необходимые теоретические понятия и в то же время насытить связь конкретным материалом, связав его с запросами практики. Сочетание популярности с достаточной строгостью и систематичностью изложения, а также обилие иллюстраций делают книгу доступной широким кругам научных работников, преподавателей и учащихся. Отдельные, сравнительно малосущественные пробелы, относящиеся в основном к самым последним достижениям физики элементарных частиц, дополнены подстрочными примечаниями научного редактора.

Химия

А. Н. Шамин. ИСТОРИЯ ХИМИИ БЕЛКА. Отв. ред. Е. Д. Каверзнева, М., «Наука», 1977, 350 с., ц. 1 р. 82 к.

Даже самые обширные монографии по истории отдельных наук уже не могут отразить всю ту информацию, которая накоплена в процессе развития смежных направлений. Книга А. Н. Шамина представляет собой одну из немногих пока работ, содержащих историю исследований на стыке фундаментальных наук. Она посвящена развитию химии белковых веществ. Подробно анализируется начальный этап взаимодействия химии и биологии. Автор поставил перед собой задачу восстановить картину последовательного появления идей, которая помогает понять закономерности развития этой синтетической области науки. В книге дается краткий очерк современных исследований строения белков и работ по химическому синтезу природных пептидов и белков.

Биофизика

В. А. Барабой. СОЛНЕЧНЫЙ ЛУЧ. М., «Наука», Науч.-поп. сер., 1976, 238 с., ц. 47 к.

В книге рассказывается о роли солнечного излучения в возникновении и развитии жизни на Земле, в процессах фотосинтеза. Анализируется физическая природа и особенности действия на организм видимого света, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей; рассматривается влияние физических процессов, протекающих в недрах Солнца, на ритм разнообразных процессов в биосфере. Особое внимание уделено воздействию солнечных лучей на организм человека.

Биология

В. А. Поддубная-Арнольди. ЦИТОЭМБРИОЛОГИЯ ПОКРЫТОСЕМНЫХ РАСТЕНИЙ

(основы и перспективы). Отв. ред. Н. В. Цицин. М., «Наука», 1976, 507 с., ц. 3 р. 84 к.

Цитозмбриология — крупный раздел современной ботаники — изучает генеративные структуры растений. Огромно значение ее в изучении и преодолении причин нескрещиваемости, получения гаплоидов, полиплоидов и мутантов. Более 40 лет отдавала развитию отечественной школы цитозмбриологов В. А. Поддубная-Арнольди и в своем капитальном труде «Цитозмбриология покрытосеменных растений» обобщила все достижения этого раздела науки в XX в. и наметила дальнейшие перспективы ее развития.

Монография состоит из XI глав, рассматривающих историю цитозмбриологии, ее предмет и методики, развитие и строение цветка, эндосперма, зародыша, их типы и классификацию, нарушения в развитии этих структур, вызванные отделенной гибридизацией, полиплоидией и другими факторами. В двух последних главах (X и XI), прослеживая связь эмбриологии с систематикой, филогенией, селекцией и генетикой, автор особое внимание уделяет эволюции цитозмбриологических признаков, проблемам несовместимости, стерильности, изменения пола и др., значению эмбриологии для построения филогенетической системы покрытосеменных и выяснению взаимоотношений между таксонами. Автор систематизирует и критически рассматривает обширную мировую литературу по цитозмбриологии покрытосеменных, поэтому книга представляет собой ценный справочник для специалистов различных разделов ботаники и студентов. Издание, иллюстрированное прекрасно выполненными рисунками и микрофотографиями, отличается высоким качеством полиграфии.

Биология

В. Г. Хржановский. КУРС ОБЩЕЙ БОТАНИКИ. Т. 1. Цитология, гистология, органография, размножение, Т. 2. Си-

стематика, элементы экологии и географии растений. М., «Высшая школа», 1976, 271 и 479 с., ц. 93 к. и 1 р. 46 к.

Книга содержит общий обзор современных ботанических данных (морфология, систематика, география, экология растений) в объеме курса высших сельскохозяйственных учебных заведений. Учтены новейшие достижения палеоботаники (данные об ископаемых покрытосеменных, о неоднородности группы псилофитов и т. д.), номенклатурные реформы, успехи экологии и классификации растительных сообществ. Помимо подробного разяснения прикладного значения ботанических знаний для агрономии и фармации, работа позволяет ориентироваться в проблематике «переднего края» современной ботаники. Первый том, посвященный вопросам морфологии в широком смысле, излагает основные цитологические, морфогенетические, органографические, анатомические представления в их современном виде и отчасти также в историческом развитии. Своеобразна трактовка таксономии растений во втором томе, где автор стремится изложить материал «флорографически», т. е. представить систематику и филогенетику на фоне истории растительного покрова земного шара. Оба тома снабжены подробными предметными указателями и многочисленными иллюстрациями.

Биология

Л. Я. Бляхер. ПРОБЛЕМЫ МОРФОЛОГИИ ЖИВОТНЫХ. Исторические очерки. Отв. ред. С. Р. Миклушинский. М., «Наука», 1976, 360 с., ц. 1 р. 84 к.

Морфология — одна из самых древних отраслей биологии. В ее задачу входит изучение формы и строения животных в их индивидуальном и историческом развитии. За многие века морфология накопила огромный арсенал фактов и наблюдений. Именно морфологические данные составили в прошлом веке

опору дарвинизма. И в настоящее время теория развития органического мира продолжает опираться на морфологию. Литература по истории морфологии достаточно богата. Данная монография посвящена истории кардинальных проблем морфологии животных: соотношению формы и функции, аналогии и гомологии образования клеток в онтогенезе, основе живых структур и т. д. Эти проблемы рассмотрены с древних времен и до середины XX в. — на основе изучения первоисточников. Освещается становление и развитие главных направлений морфологии, борьба идей в этой области.

Биология

Э. Либберт. ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ. Пер. с нем. Д. П. Викторовой и Н. С. Гельмана. Под ред. и с предисл. В. И. Кефели. М., «Мир», 1976, 580 с., ц. 2 р. 54 к.

Физиология растений всегда были свойственны тесные контакты со смежными науками. Исторически физиология растений возникла как одна из ветвей ботаники и в свою очередь явилась той научной дисциплиной, в рамках которой получили свое развитие биохимия и микробиология. Данная книга представляет собой один из лучших в мире учебников по физиологии растений, отличающийся умелым историческим подходом, систематичностью и мастерством изложения. Автор широко привлекает новейшие данные биохимии, биофизики и молекулярной биологии для объяснения физиологических процессов. Книга состоит из разделов, которые освещают общетеоретические и общебиологические аспекты физиологии растений, обмен веществ, принципы биологической регуляции, рассказывают о питательных веществах растения, его росте и развитии. Книга иллюстрирована многочисленными наглядными схемами, которые в большинстве своем оригинальны. Современен и информативен справочный аппарат.

Биология

М. Джекобсон. ПОЛОВЫЕ ФЕРОМОНЫ НАСЕКОМЫХ. Пер. с англ. С. Н. Красновой и Р. И. Лачиновой. Под ред. и с предисл. Ф. Ф. Сопрунова. М., «Мир», 1976, 391 с., ц. 2 р. 92 к.

Термин «феромоны» в настоящее время получил всеобщее признание и широко используется для обозначения веществ, секретируемых животными. Монография М. Джекобсона представляет собой сводку обширных современных данных по теоретическому изучению и практическому применению феромонов насекомых. В ней получили отражение следующие проблемы: половые феромоны самок и самцов; запахи, вызывающие скопление насекомых; анатомия и физиология желез, секретирующих феромоны; механизм восприятия привлекающих веществ; поведенческие ответы насекомых; сбор, выделение, идентификация половых феромонов и их синтез. Заключительные главы посвящены практическому применению половых феромонов — для определения распространения и численности насекомых-вредителей, а также для борьбы с ними.

Биология

Ф. Дрё. ЭКОЛОГИЯ. Пер. с франц. В. В. Алпатова. М., Атомиздат, 1976, 168 с., ц. 46 к.

В 1866 г. Э. Геккель в своем труде «Всеобщая морфология» впервые ввел новый термин «экология» (наука о местобитании). В настоящее время так называется актуальная область биологии, которая изучает взаимоотношения организмов с окружающей средой и стремится предотвратить истощение природных ресурсов и загрязнение биосферы. Популярная книга профессора Парижского университета Ф. Дрё знакомит с важнейшими элементами экологии, с основными экосистемами и различ-

ными средами жизни, существующими на нашей планете. В заключение, рассматривая теоретические и практические задачи экологии, автор приводит отрицательные примеры «власти человека над природой».

Биология

Дж. М. Смит. МОДЕЛИ В ЭКОЛОГИИ. Пер. с англ. Н. О. Фоминой. Под ред. и с предисл. А. Д. Базыкина. М., «Мир», 1975, 184 с., ц. 63 к.

«Экология не достигнет зрелости до тех пор, пока она не будет иметь здоровой теоретической основы», — пишет автор книги, один из крупнейших специалистов в области современной математической экологии, профессор Суссекского университета (Англия). В 1970 г. были переведены на русский язык его «Математические идеи в биологии». В настоящей работе, посвященной теоретическому анализу соотношения между устойчивостью и сложностью естественных экосистем, Дж. М. Смит предлагает новые математические модели: эволюции специализированных и неспециализированных видов, миграции, территориального поведения, зависимости устойчивости экосистем от конкуренции между видами и др.

Адресуя книгу, кроме специалистов, тем, кого серьезно интересует экология, автор использует лишь самый необходимый математический аппарат, не требующий глубоких знаний математики.

Геология

Ф. Петтиджон, П. Поттер, Р. Сивер. ПЕСКИ И ПЕСЧАНИКИ. Пер. с англ. Под ред. и с предисл. А. Б. Ронова. М., «Мир», 1976, 534 с., ц. 5 р. 31 к.

С давних времен пески и песчаники использовались как строительные материалы, дорожные покрытия, сырье для производства стекла и ке-

рамики. С песчаными породами связаны крупнейшие месторождения нефти и природного газа, россыпи ценных минералов, таких как золото, платина, алмазы, касситерит, вольфрамит, циркон, монацит и т. д. Решение многих инженерных задач — укрепление береговых зон, строительство портов, сооружение каналов, закрепление дюн и барханов требует точного знания физических свойств песков.

В связи с этим очевидно, какое большое значение имеет выход в свет книги, в которой впервые собран и обобщен огромный фактический материал о минералогическом и химическом составе песчаных пород, их физических свойствах, текстурных и структурных особенностях, питающих провинциях, условиях накопления и преобразования песков, закономерностях их переноса и распределения. Авторы книги — видные американские исследователи, внесшие значительный вклад в познание вещественного состава, строения и условий формирования песчаных пород. Многочисленные иллюстрации, таблицы фактических данных, обширные списки использованной литературы придают изданию дополнительную научную ценность.

География

М. И. Будыко. ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ. М., «Мысль», 1977, 327 с., ц. 1 р. 37 к.

В последние годы все более ощутимым становится влияние хозяйственной деятельности человека на процессы, протекающие в биосфере. В связи с этим весьма остро встает вопрос учета всего комплекса глобальных антропогенных изменений, могущих привести к экологическому кризису, количественного прогнозирования этих изменений с целью выбора оптимальных путей научно-технического прогресса.

Признавая, что глобальная экология как самостоятельная дисциплина еще толь-

ко формируется, автор уделит основное внимание ее центральной проблеме — кругообороту энергии и различных категорий вещества в биосфере. Изучение этих кругооборотов поможет объяснить закономерности эволюции биосферы в прошлом и прогнозировать изменения в будущем.

Книга снабжена большим количеством числовых данных, таблиц, рисунков и математических расчетов, позволяющих читателю включиться в обсуждение проблем, связанных с человеческой деятельностью и ее последствиями для биосферы.

География

Г. М. Керт, Н. Н. Мамонтова. ЗАГАДКИ КАРЕЛЬСКОЙ ТОПОНИМИКИ. Рассказы о географических названиях Карелии. Петрозаводск, «Карелия», 1976, 102 с., ц. 22 к.

Топонимией называется совокупность географических названий (топонимов) на определенной территории, а изучением их происхождения и развития занимается сравнительно молодая наука топонимика. Звучные карельские топонимы таят в себе много загадок для исследователей. Олонек, Мегрера, Онега, Пудож, Кижи, Ладога, Калевала, Кивач, Валаам, Шокша, Шуньга и др. — что все эти слова первоначально означали? На образование карельских топонимов огромное влияние оказали многие племена и народы, но прежде всего — саамы, корелы, веси, велпсы, финны и, наконец, русские. В книге дается расшифровка названий многих карельских деревень, сел, городов, рек, озер, гор и т. д., сопоставляется местное (нередко — неправильное) и современное научное их толкование.

Демография

Б. Ц. Урланис. НАРОДОНАСЕЛЕНИЕ: ИССЛЕДОВАНИЯ, СТАТИСТИКА. М., «Статистика», 1976, 359 с., ц. 1 р. 34 к.

«Сколько надо иметь детей?», «Берегите мужчин!» — эти и другие выступления автора в широкой печати хорошо знакомы многим. Но Б. Ц. Урланис известен не только своей публицистикой. Его перу принадлежат исследования, способствующие развитию демографической науки в СССР.

В данной книге собраны статьи, написанные за последние годы. Она состоит из четырех разделов. В первом рассматриваются общие теоретические проблемы демографии, во втором дается анализ конкретных демографических процессов в нашей стране. Популярные и публицистические статьи составляют третий и четвертый разделы.

Книга проникнута глубоким вниманием автора к важным экономическим, социальным и медико-биологическим аспектам современной жизни.

История науки

Е. Кюри. МАРИЯ КЮРИ. Пер. с франц. [Е. Ф. Корша]. Под ред. В. В. Алпатова. Изд. 4-е. М., Атомиздат, 1976, 328 с., ц. 94 к.

«Я принадлежу к числу тех людей, которые думают, что наука — это великая красота», — говорила М. Склодовская-Кюри (1867—1934). В научно-художественной биографии, написанной ее младшей дочерью Евой, встает во всем многообразии духовный образ М. Кюри — целеустремленной и настойчивой, трудолюбивой и непритязательной, скромной и отзывчивой. Ступень за ступенью постигала она «великую красоту науки», в которой ей удалось стать первооткрывателем и сделать столь многое для изучения радиоактивности. М. Кюри была дважды удостоена Нобелевской премии (в 1903 г. совместно с П. Кюри и А. Беккерелем — по физике, в 1911 г. — по химии). Первая во Франции женщина-профессор, возглавившая кафедру в Сорбонне (1906), М. Кюри была почетным членом 106 различных

научных учреждений, академий и научных обществ (с 1926 г. — почетный член АН СССР).

Переведенная на 25 языков, книга Е. Кюри (во Франции она вышла в свет 30 лет назад) пользуется неизменной популярностью среди читателей, об этом говорит и ее четвертое издание на русском языке.

История науки

П. А. Генкель. ХРИСТОФОР ЯКОВЛЕВИЧ ГОБИ. М., «Наука», Науч.-биограф. сер., 1976, 168 с., ц. 52 к.

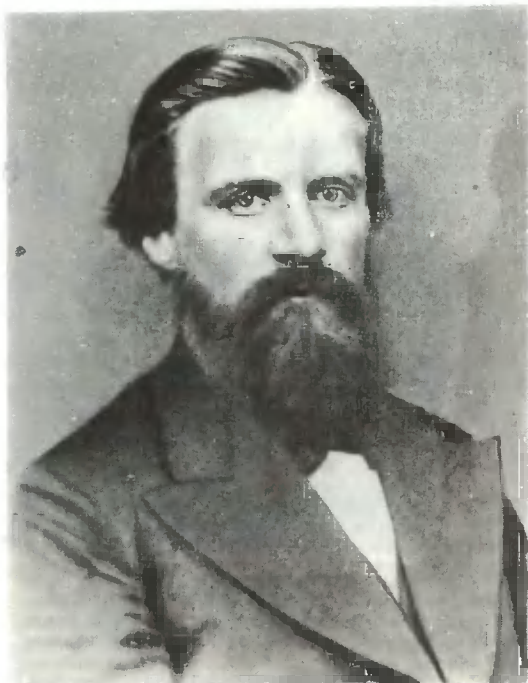
Х. Я. Гоби (1847—1920) — известный отечественный ботаник, создавший свою школу криптогамистов (специалистов по низшим растениям). Ученик А. Н. Бекетова, в 1871 г. он окончил естественное отделение физико-математического университета Петербургского университета, где в дальнейшем возглавил кафедру по морфологии и систематике низших и голосеменных растений, а затем основал криптогамическую лабораторию (1897), которая после Октябрьской революции стала кафедрой микробиологии. Совместно с Бекетовым Гоби начал издавать журнал «Ботанические записки».

В научном творчестве Гоби, с которым подробно знакомит книга, большое место занимают работы по созданию филогенетической системы растений, по изучению их географического распространения и экологии. Многие из работ Гоби посвящены водорослям Финского залива и Белого моря. В конце книги приведены основные биографические даты, список работ Гоби и литература о нем.

«Я выбрал близкий Вам предмет...»

Трудно назвать известного ученого, у которого, выражаясь современным языком, не было бы хобби. Л. Эйлер серьезно увлекался музыкой и в 1739 г. издал труд «Опыт новой теории музыки». Д. И. Менделеев любил мастерить футляры для альбомов, коробки, шкатулки и даже чемоданы, которые с удовольствием дарил своим друзьям. Другой химик — А. М. Бутлеров увлекался разведением пчел и достиг на этом поприще таких успехов, что был избран в 1882 г. почетным председателем отделения пчеловодства Русского общества акклиматизации животных и растений, а также руководил отделом пчеловодства в «Трудах Вольного экономического общества». Свой опыт и свои знания в этой области Бутлеров суммировал в доходчиво написанной книге «Пчела, ее жизнь и главные правила толкового пчеловодства» (1871), выдержавшей одиннадцать изданий (последнее в 1912 г.). Металловед Д. К. Чернов был знатоком старинных скрипок и сам делал скрипки. Врач-клиницист С. П. Боткин был отличным виолончелистом, а химик В. В. Марковников хорошо пел. Энтомолог Н. А. Холодковский был удостоен в 1917 г. Академией наук премии им. А. С. Пушкина за лучший в русской литературе перевод «Фауста» Гете. Известны также его переводы «Потерянного рая» Мильтона, произведений Байрона, Шиллера, Лонгфелло. Физикохимик В. Ф. Лугинин, предложивший ряд оригинальных методов термодимических измерений, основатель первой в России термодимической лаборатории, был страстным библиофилом. В 1897 г. он принес в дар Московскому университету свою уникальную библиотеку. Физик П. Н. Лебедев увлекался альпинизмом, а также с неизменным успехом выступал в любительских спектаклях.

Имя физика Александра Григорьевича Столетова (1839—1896), завоевавшего всемирное признание исследованиями магнитных свойств ферромагнетиков, явлений внешнего фотоэффекта, критического состояния тел и газового разряда, знакомо чуть ли не каждому. Между тем мало кому известно (об этом почему-то умалчивают биографы ученого), что Сто-



А. Г. Столетов. Фото 1870-х годов.

летов писал стихи. В Отделе рукописей Государственной библиотеки СССР им. В. И. Ленина хранятся несколько шуточных стихотворений Столетова, посвященных жене его друга, известного историка В. И. Герье¹, Евдокии (Авдотье) Ивановне Герье (ф. 70, картон 93, ед. 21). В августе 1874 г., возвращаясь после отдыха во Францесбаде (Францисковских Лазнях) Столетов написал в вагоне «оду»:

¹ Владимир Иванович Герье (1837—1919) — русский историк, чл.-корр. Академии наук (1902), профессор Московского университета (1868—1904). Одним из первых приступил к разработке истории Нового времени, в частности эпохи Великой французской революции. В университете ввел впервые в России систематические семинарские занятия. Организатор Высших женских курсов в Москве (1872).



Музыкальный вечер у А. Г. Столетова. За роялем С. И. Танеев, перелистывает ноты А. Г. Столетов, поэт В. В. Марковников, олерся о рояль П. Н. Лебедев, наклонился к Марковникову В. Ф. Лугинин.

Францесбад² с точки зрения А. И. Герье

О ты, обитель малокровья,
Куда для вящего здоровья
Красотки русские спешат,
Вместилище целебных благ,
Приют врачующих наяд,
Зеленый, ровный Францесбад!

Твои живительные воды
Ужель не заслужили оды?
Твой скромный ключ, твой
честный моор³
Не тешат прихотливый взор;
Нет близ тебя ни снежных гор,
Ни водопадов, ни озер...

² Францесбад — немецкое название города Франтишкови-Лазне (Франтишковы Лазни) в Чехословакии. Всемирно известный бальнеологический курорт.

³ На курорте имелись залежи минерального железистого торфа, применяемого для грязелечения. Моор (нем.) — болото.

Но в той струе сокрыта сила,
Та грязь — страдальцев воскресила,
И кто в смирение изопьет
Хоть раз твоих чудесных вод,
Того ты узришь каждый год;
А это лучше всяких од!

Другое стихотворение Столетов назвал «Заколдованные кадрили». Это стихотворение интересно как биографический материал, поскольку известно, что Столетов всю свою жизнь оставался холостяком.

Заколдованные кадрили

(Сон после представления Фрейшюца⁴,
20 марта 1876 г.)

Он имел одно виденье,
Непостижное уму...
Пушкин⁵

В старину живала фея
(Нет и не было ей равной),
Царством мудрых амазонок
Управляла достопамятно.

⁴ По-видимому, имеется в виду представление оперы Вебера «Вольный стрелок» («Der Freischütz»).

⁵ Эпиграф взят из песни Франца в драме Пушкина «Сцены из рыцарских времен».

Раз в неделю, в час вечерний,
В свой чертог их созывала,
И стекались к ней в то время
Все подвластные вассалы:

И философов солидных,
И подростков хор ученых —
Из Аравии счастливой
И с Покровки отдаленной.

И вела беседу фея,
Юных мудро поучая,
И сама собственноручно
Всем гостям давала чаю.

Особливо ж оделяла
Тех участием глубоким,
Кто nel mezzo del cammino⁶
Оставался одиноким.

Был один печальный рыцарь
С давних пор ее вассалом;
Он давно ее заботил
Видом скучным и усталым.

Говорит ему однажды
Благотельная фея:
— Надо, друг, тебе жениться,
Будешь ты, авось, бодрее,

Приходи ко мне во вторник
И пляши ты до упаду:
Протанцуем семь кадрилей —
И найдешь себе награду.

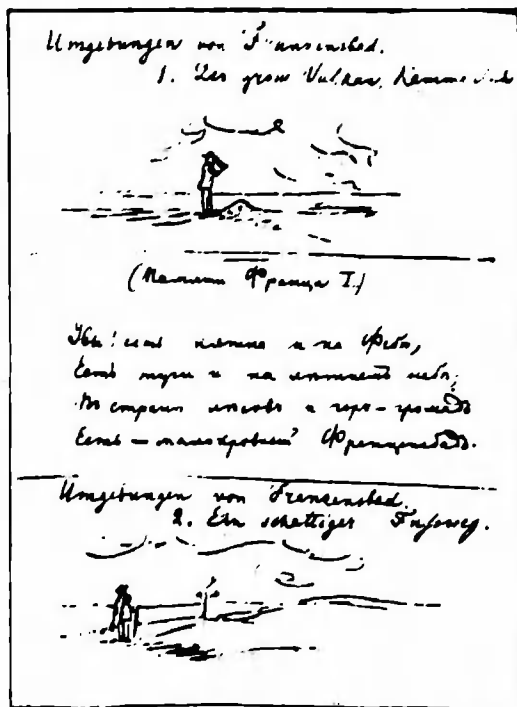
Подарю тебе невесту
За последнею кадрилию:
Красота, какой не снилось
Рафаэлю и Мюрилю.

Так сказала и умолкла.
Принял вызов рыцарь грустный
— Попытаюсь, хоть, признаться,
Я танцюю неискусно.

Бал в чертогах доброй феи;
Амазонок вереница,
Шелест платьев, звук рояля,
Всюду праздничные лица.

Слышит — первую играют;
Пары в пляс идти готовы.
Поместился рыцарь скорбный
С амазонкою суровой.

⁶ «Nel mezzo del cammin di nostra vita» («Земную жизнь пройдя до половины») — первая строка из «Божественной комедии» Данте.



Автограф А. Г. Столетова. Их архива А. И. Герье. В верхней части страницы, над рисунком — текст на немецком языке: «Окрестности Францесбада. 1. Большой вулкан Каммербюль». Посередине — стихотворение «Памяти Франца I» (курорт Францесбад основан в 1743 г. и назван в честь австрийского императора Франца I):

Увы! Есть пятна и на Фебе,
Есть тучи и на ясном небе;
В стране лесов и гор громад
Есть — малокровный Францесбад.

Внизу страницы — снова немецкий текст: «Окрестности Францесбада. 2. Тенистая тропинка».

Только начал он фигуру,
Видит — как? не сон ли это?
Визави — Сатурн⁷ с косою
(Не по-бальному одетый).

Говорит ему косматый:
— А ведь ты, дружок, немолод;
На челе твоём морщинки,
А на сердце ранний холод.

— Знаю, юность пролетела;
Тем спокойнее, быть может:
Счастья мирного отныне
Пыл страстей не тревожит.

⁷ Сатурн — в древнеримской мифологии бог посевов.

Вот вторая началась,
Рыцарь выбрал даму снова,
И храбрится, отгоняя
Наваждение духа злого.

Глядь — пред ним стоит Наука,
Смотрит грустно и сердито;
На руках у ней — насосы,
Спектроскопы и магниты.

— Ты меня оставить хочешь,
Ищешь неги и забавы;
Где ж мечты твои бывшие,
Жажда подвига и славы?

— Я тебе все так же предан,
Брось напрасные заботы;
Не помехой будет счастье,
Закипят живе́й работы.

Третья! Страшно! Что-то будет?
Мной виденья овладели!
И, томим невольным страхом,
Он внимает ригурнели.

Танец начат... Бледен рыцарь,
Черным сном душа объята:
Ты ли, призрак драгоценный,
Ты ли здесь, моя Агата? *

Тут не выдержал несчастный
И взмолился доброй фее:
— Не могу я, дорогая,
Исполнять твои заветы.

Отпусти меня на волю,
Я плясать теперь не в силах:
Голова полна видений
Укоризненных и милых.

* Это четверостишие, по необходимости, изменено для публики; следующие пять (речь «призрака») выпущены безусловно. Издатель. (Примечание А. Г. Столетова).

И не окончив испытанья,
Он ушел из залы бальной
И по-прежнему все бродит,
Одиноким и печальным...

В начале 1879 г. вышла известная книга Столетова «Очерк развития наших сведений о газах». 12 января Столетов преподнес книгу Е. И. Герье, при этом в дарственный экземпляр был вклеен автограф:

Я выбрал близкий Вам предмет,
Простите слабость выполнения.
Знакомы Вам от малых лет
Душа и дух, одушевленные;
Вас звали некогда Душой
(Лишь с ударением вначале),
И вот с любезностью большой
Меня прочесть Вы обещали.

А если в «Очерке» моем
Сказалось то же, что и в газе,
И нет живого духа в нем,
И он — материя без связи?
А если «веселящий газ»
(Он не из самых-то упорных!)
Не будет действовать на Вас
Средь прочих (скучных и снотворных)?

Но газам, видно, суждено
Быть в колебеньях, быть в тревоге;
Всего важнее для них одно:
Не будьте к ним чрез меру строги.
Для них — вопрос о жизни в том:
Их губят холод и стеснение,
И теплый, дружеский прием —
Вот их единое спасение.

Публикацию подготовил В. А. Волков

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор
Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС
Адрес редакции 117049
Москва, В-49, Маро́новский
пер., 26.
Тел. 237-50-30, 237-22-9/

Подписано к печати 7/VI—1977 г. Чеховский полиграфический
Т—08648
Формат бумаги 70×100 1/16
Бум. л. 5
Уч.-изд. л. 17,1
Усл.-печ. л. 13,0
Тираж 80 000 экз. Зак. 1056
комбинат Союзполиграфпрома
при Государственном комитете
Совета Министров СССР
по делам издательства,
полиграфии и книжной торговли.
г. Чехов Московской области.



В следующем номере

В ночь с 31 декабря 1976 г. на 1 января 1977 г. вступил в строй новый Государственный эталон времени и частоты СССР.

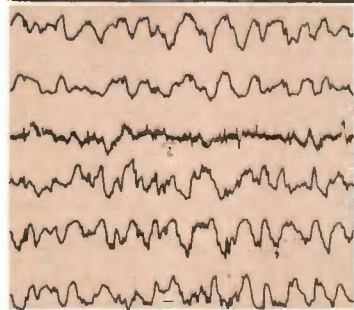
В. Г. Ильин, В. В. Сажин. Новый Государственный эталон времени и частоты СССР.



В годы первых пятилеток возникла новая отрасль геологии, тесно связанная с промышленностью, — техническая петрография. Ее основателем был замечательный петрограф Дмитрий Степанович Белянкин.

Основатель технической петрографии

А. В. Сидоренко. Встречи с Д. С. Белянкиным.
В. В. Лапин. Роль трудов Д. С. Белянкина в современном развитии технической петрографии.



Является ли сон необходимым состоянием и в чем заключается его функция? Ответ на эти вопросы зависит от знания процессов, которые происходят в человеческом организме во время сна.

Наука о сне сегодня.

Л. П. Латаш. Функция сна: факты и гипотезы.
В. С. Ротенберг. Место сна в системе адаптации.

Л. М. Мухаметов. Активность клеток головного мозга во время сна.

А. Н. Шеповальников. Сон у детей.



Археологические данные позволяют говорить о существовании определенных навыков ориентации по небесным светилам у доземледельческих племен.

Б. А. Фролов. К истокам первобытной астрономии.



Решение проблемы защиты культурных растений от массовых поражений лежит сегодня на пути расширения генетической основы сортов.

Ю. Т. Дьяков. Роль иммунитета в селекции растений.

Цена 50 коп.
Индекс 70707

