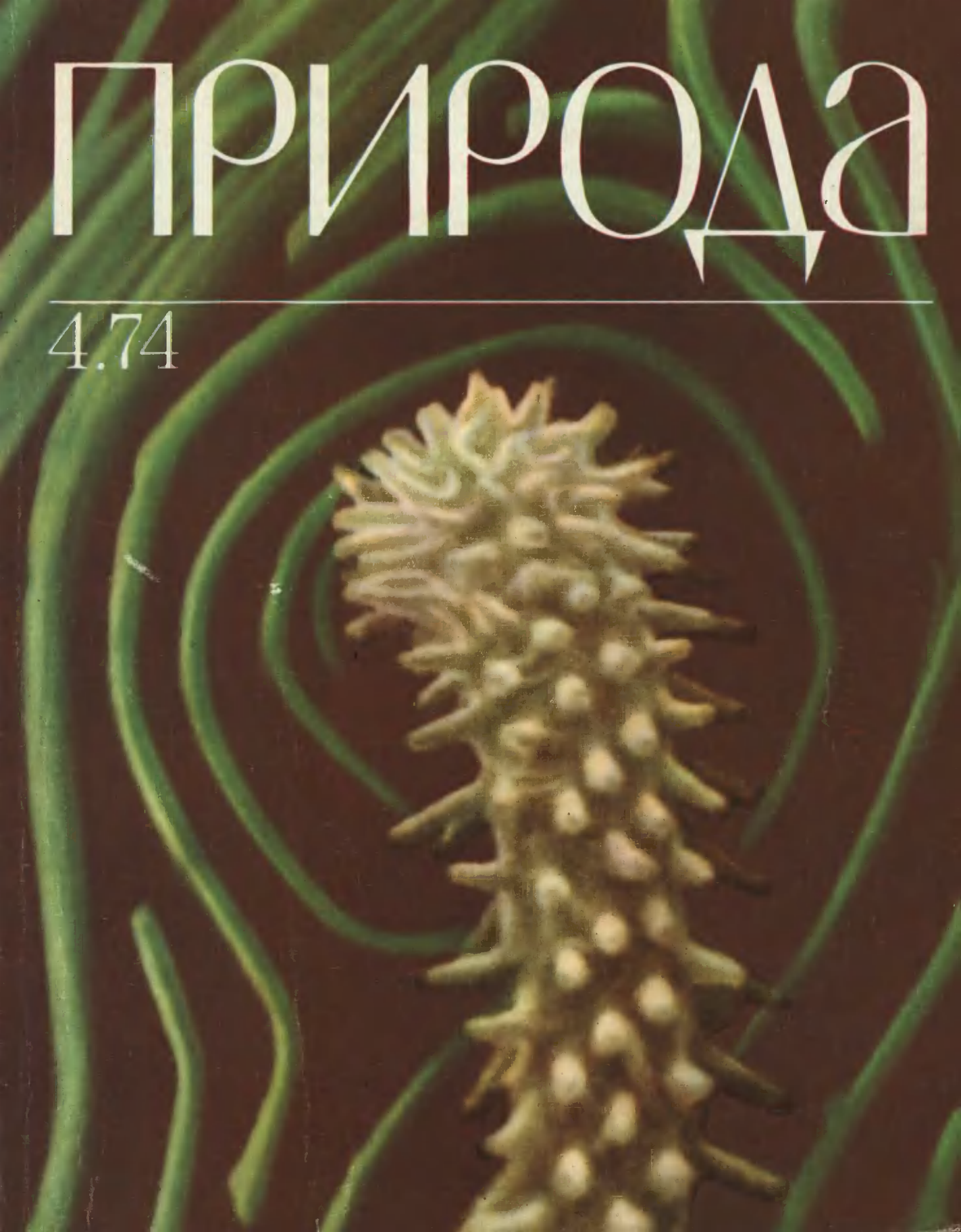


ПРИРОДА

4.74



Академии Наук, направив инженерно-
ское учение и ознакомив сдержанных и про-
мышленных с^{*)} России, чтобы немедленно дать
о У.С.Н.Х. направление

обращаясь при комиссии из спонсоров.
Для того чтобы быть в курсе создания
плана распространения промышленности и
экономики программа России

И вот так вот вводить:
рациональное развитие промышленности

М.

*) Када укажите учение изд. маршалов из всех
сид, поехать от. отом Бумагу и в К-мид Кап. Кров. и
3 ссыл. Юмор. работных и в К-мид Кров.



А. В. Кольцов, В. И. Ленин и Академия наук	3
Ю. И. Полянский. Генетический аппарат инфузорий и его эволюция	14
А. А. Гриб. Возможно ли движение назад во времени?	24
Ю. Р. Мазор. Тунгусский угольный бассейн	33
И. Н. Веселовский. Академик С. А. Чаплыгин	44
С. А. Христианович. С. А. Чаплыгин о подъемной силе крыла	53
Э. А. Лазаревич. Как началась российская журналистика	56
А. А. Лукк, А. А. Гангнус. Глубокие землетрясения в центре материка	64
В. Л. Инденбом, В. И. Никитенко, Б. М. Струнин. Теория дислокаций и дислокационная физика	74

На первой странице обложки. Сенсилла нимфы панцирного клеща. См. статью Ю. А. Елизарова и Г. Н. Давидовича «Стереоскан на службе систематики и морфологии», стр. 89.

Фото авторов.

На второй странице обложки. Первая страница рукописи В. И. Ленина «Набросок плана научно-технических работ». Апрель 1918 г. См. статью А. В. Кольцова «Ленин и Академия наук», стр. 3.

На четвертой странице обложки. Красящие клетки роговицы терпуга (*Hexagrammos octogrammus*). Наполнение пигментом отростков трубочек многочисленных клеток приводит к окрашиванию роговицы в ярко-оранжевый цвет. Похожие на цветки василька пигментные клетки черного цвета расположены в другом слое роговицы. См. заметку О. Ю. Орлова, А. Г. Гамбурцевой и М. А. Александровой «Цветные очки терпуга», стр. 111. Фото Л. С. Филимонова.

Ю. А. Елизаров, Г. Н. Давидович. Стереоскан на службе систематики и морфологии	89
Н. М. Пржевальский. Вести с дороги	100
НОВОСТИ НАУКИ	107
КНИГИ	
И. И. Белоусов. География на переломе	119
В. П. Алексеев. Поиски общих закономерностей живого	121
Л. В. Бардунов. Третье издание, сокращенное и искаженное	123
Новые книги	122, 125
В КОНЦЕ НОМЕРА	
Шивитовы размышления о разных материях	127
В. С. Муравьев. Свифтовы ли «шивитовы»?	128

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
Ю. И. ГЛАЗУНОВА, Л. А. ЛЕДНИКОВА
Адрес редакции: 113127
Москва, М-127, ул. Осипенко, 52.
Тел. 231-71-60, 231-76-80.

Подписано к печати 21/III-1974 г.
Т-05049
Формат бумаги 84X108¹/₁₆.
Уч.-изд. л. 17,1 Усл. печ. л. 13,44.
Тираж 60 000 экз. Зак. 128. Бум. л. 4.
2-я типография издательства «Наука»
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10.
Обложка отпечатана в Экспериментальной
типографии ВНИИП.
Москва, И-51, Цветной бульвар, 30.

Редакция рукописей не возвращает.

ПРИРОДА

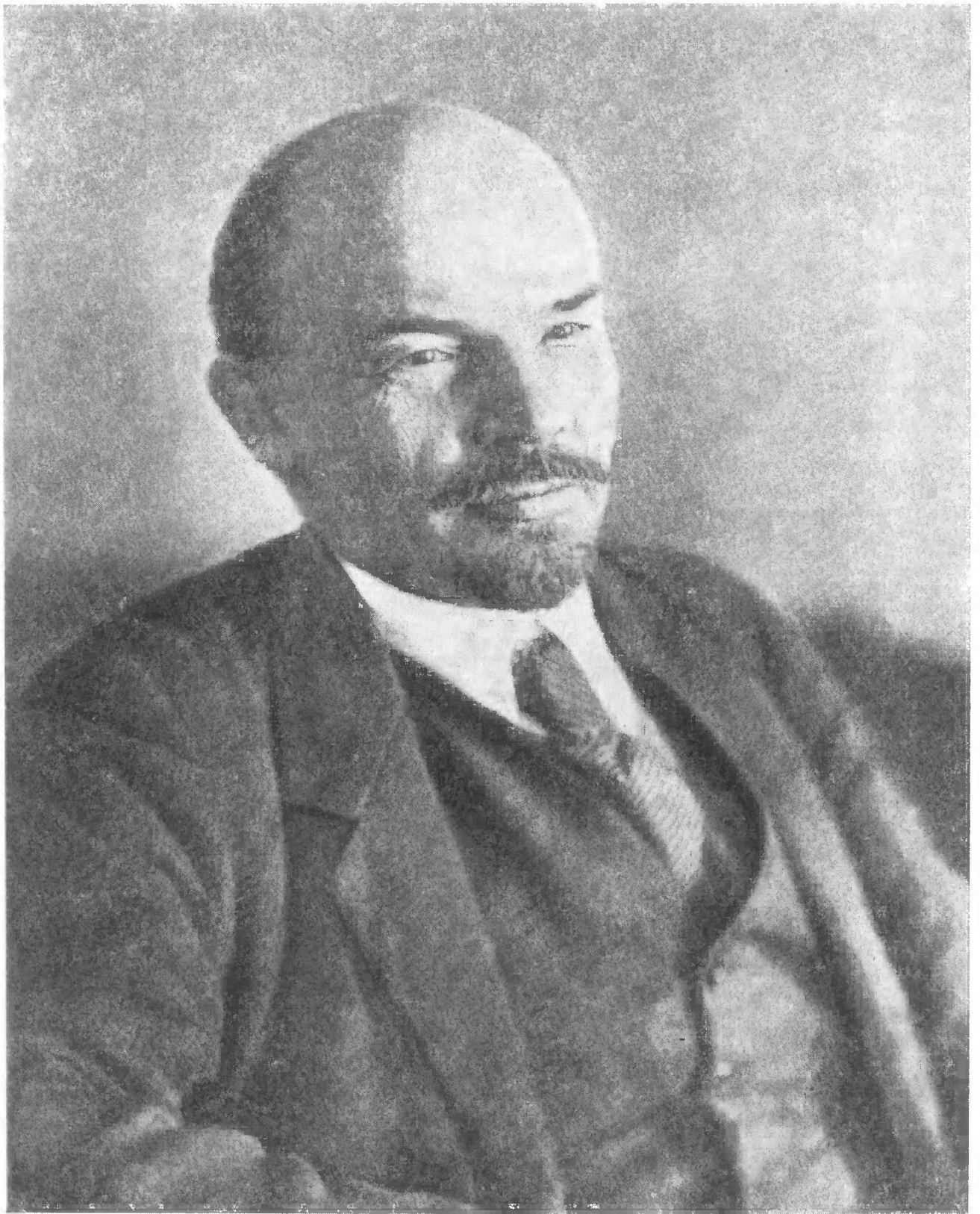
Ежемесячный популярный
естественнонаучный журнал
Академии наук СССР
Основан в 1912 году



Издательство
«Наука»
Москва

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ
Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТУШКОВ
Академик
Б. Л. АСТАУРОВ
Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ
Академик
А. И. БЕРГ
Академик
А. П. ВИНОГРАДОВ
Зам. главного редактора
доктор физико-математических наук
В. М. ГАЛИЦКИЙ
Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ
Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА
Академик
Б. М. КЕДРОВ
Академик
И. К. КИКОИН
Член-корреспондент АН СССР
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
Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН
Зам. главного редактора
доктор геолого-минералогических наук
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ
Зам. главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ
Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ
Зам. главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ
Доктор биологических наук
К. К. ФЛЕРОВ
Академик
Г. М. ФРАНК
Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН
Академик
Н. В. ЦИЦИН
Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ
Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ
Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ



В. И. Ленин. Январь 1918 г.

В. И. Ленин и Академия наук

А. В. Кольцов

Кандидат исторических наук

Основанная 250 лет тому назад Академия наук СССР прошла большой и славный путь развития. Она внесла выдающийся вклад в отечественную и мировую науку. Новая эпоха в истории Академии наступила после победы Великой Октябрьской социалистической революции. Становление и развитие Академии наук как высшего научного учреждения Советского государства неразрывно связано с именем В. И. Ленина. Начавшаяся в первые послеоктябрьские годы постепенная перестройка деятельности Академии являлась одним из важнейших направлений государственной политики в области организации науки.

Академия наук накануне Великого Октября

В конце XIX — начале XX в. Академия наук включала в свой состав три отделения — Отделение физико-математических наук, Отделение исторических наук и филологии, Отделение русского языка и словесности. В 1917 г. в системе Академии функционировали 1 институт (Кавказский историко-археологический), 10 лабораторий, станций и музеев, 21 академическая и приакадемическая комиссии. Среди академических учреждений находились библиотека, архив, типография, словолитня и книжный склад.

Общая численность научных и технических сотрудников Академии наук в 1917 г. достигала 220. В ее учреждениях работали 44 академика. Среди них были математики А. М. Ляпунов, А. А. Марков, В. А. Стеклов, А. Н. Крылов, астроном А. А. Белопольский, геофизик М. А. Рыкачев, физики Б. Б. Голицын и П. П. Лазарев, химик Н. С.

Курнаков, геологи В. И. Вернадский, А. П. Карпинский, А. П. Павлов, физиолог И. П. Павлов, зоолог Н. В. Насонов, ботаники А. С. Фаминцын, И. П. Бородин, В. И. Палладин, историки М. А. Дьяконов, В. С. Иконников, А. С. Лаппо-Данилевский, Ф. И. Успенский, востоковеды В. В. Бартольд, П. К. Коковцов, С. Ф. Ольденбург, В. В. Радлов, языковеды и литературоведы В. М. Истрин, Е. Ф. Карский, Н. А. Котляревский, Н. Я. Марр, Н. К. Никольский, А. А. Шахматов и другие ученые¹.

Во главе Академии наук стояли президент академик А. П. Карпинский, вице-президент академик И. П. Бородин и неперемный секретарь академик С. Ф. Ольденбург.

Входившие в состав Академии ученые добились замечательных результатов во многих областях знаний, в особенности по естественным наукам. Вместе с тем необходимо отметить, что в конце XIX — начале XX в. деятельность Академии протекала в неблагоприятных условиях. Экономическая отсталость России, самодержавно-помещичий строй были тормозом развития отечественной науки. Царизм преследовал передовых ученых, которые нередко изгонялись из научных учреждений и высшей школы. Научные учреждения и высшие учебные заведения постоянно испытывали материальные затруднения.

Показательны следующие факты. В 1910 г. Министерство народного

просвещения отклонило ходатайство Академии о выделении 800—900 рублей для организации экспедиции по исследованию месторождений радиоактивных минералов. Выступая на заседании Физико-математического отделения в сентябре 1910 г., академик В. И. Вернадский говорил, что отказ в ничтожной сумме на важные исследования «необычайно резко выясняет ненормальность положения высшего ученого сословия» России¹. Характеризуя условия научной работы в Академии, заведующий Физическим кабинетом академик Б. Б. Голицын писал в июне 1912 г.: «Положение ученых учреждений и всего хозяйства Академии, ожидающей новых штатов уже пять лет, таково, что промедление даже на полгода введения этих штатов поставит Академию в безвыходное положение и задержит и затормозит ряд важных научных предприятий. В частности, положение вверенного мне Физического кабинета теперь таково, что покупка одного

¹ История Академии наук СССР, т. 2 (1803—1917). Л., «Наука», 1964, стр. 460.

Анатолий Васильевич Кольцов, заведующий сектором истории АН СССР и научных учреждений Ленинградского отделения Института истории естествознания и техники АН СССР. Работает в области истории советской науки и культуры, истории Академии наук СССР. Монографии: *Ученые Ленинграда в годы блокады. 1941—1943. М.—Л., 1962; Ленин и становление Академии наук СССР как центра советской науки. Л., 1969. В «Природе» опубликованы статьи: Ленин и ученые (1969, № 7); Первые филиалы и базы Академии наук СССР (1972, № 10).*

¹ Сведения составлены на основании «Отчета о деятельности Российской Академии наук по отделениям физико-математических наук и исторических наук и филологии за 1917 год». П., 1917.

сколько-нибудь значительного прибора поглощает бюджет целого года»¹.

Забываясь о развитии отечественной науки, ученые Академии неоднократно выступали с предложениями о создании новых исследовательских учреждений. В 1908 г., в связи с приближавшимся 200-летием со дня рождения М. В. Ломоносова, ученые выдвинули предложение об организации Ломоносовского института. Была разработана структура института, определены его штаты. В институте намечалось создать три отдела — химический, физический и минералогический. Как говорилось в одной из подготовленных учеными записок о задачах института, «создание Ломоносовского института не только придаст жизнь старинным академическим учреждениям, оно даст России новое орудие умственной работы, увеличит ее значение в общей культуре»². Но равнодушное к науке царское правительство не поддержало ученых. Та же участь постигла проекты В. И. Вернадского о создании новых научных учреждений, изложенные в его записке «О государственной сети исследовательских институтов», которую он в декабре 1916 г. огласил в Академии наук.

Стремление ученых расширить деятельность Академии проявилось в организации в 1915 г. Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). Эту Комиссию возглавлял В. И. Вернадский, ее членами являлись Н. И. Андрусов, И. П. Бородин, А. П. Карпинский, Н. С. Курнаков, М. А. Рыкачев и другие ученые. КЕПС начала исследования природных богатств, но в условиях царской России эти исследования не получили государственной поддержки.

Определяя характерные особенности развития русской науки в конце XIX — начале XX в., академик С. И. Вавилов отмечал, что «разрыв между возможностями, заложенными в народе, между стремлением широких масс к науке, с одной стороны, и отсутствием правительственной поддержки, с другой, особенно обострился в последние предреволюционные

десятилетия русской науки»¹. Этот разрыв был ликвидирован после победы Великой Октябрьской социалистической революции и создания первого в мире пролетарского государства.

В. И. Ленин о методах привлечения ученых к социалистическому строительству

Ленин, Коммунистическая партия отводили науке почетное место в борьбе за создание нового общества. Ленин глубоко и всесторонне разработал вопрос о роли науки в строительстве социализма и коммунизма. Выступая в октябре 1920 г. с речью на III Всероссийском съезде комсомола, Ленин говорил: «Мы знаем, что коммунистического общества нельзя построить, если не возродить промышленности и земледелия, причем надо возродить их не по-старому. Надо возродить их на современной, по последнему слову науки построенной, основе»².

Без широкого развития всех отраслей науки и техники невозможно было преодолеть унаследованную от прошлого технико-экономическую отсталость страны, возродить народное хозяйство, обеспечить неуклонный подъем производительных сил. Возрастало мировоззренческое значение науки. Естественные и общественные науки призваны были содействовать формированию марксистско-ленинского мировоззрения трудящихся.

Важнейшей задачей, вставшей перед молодым пролетарским государством, была задача привлечения старой научной интеллигенции к активному участию в социалистическом строительстве. Еще накануне Октябрьской революции в труде «Удержат ли большевики государственную власть?» Ленин писал: «...нам нужны в большем и большем, против прежнего, числе инженеры, агрономы, техники, научно-образованные специа-

листы всякого рода,— скажет пролетарское государство... А организационную форму работы мы не выдумываем, а берем готовой у капитализма, банки, синдикаты, лучшие фабрики, опытные станции, академии и прочее...»¹.

Ленин особое внимание обращал на необходимость установления сотрудничества Советского государства с учеными Академии. Начало такому сотрудничеству было положено в январе 1918 г., когда Академией посетил представитель Наркомпроса и вел переговоры с ее руководством о работе ученых на благо народа.

Отвечая на предложение Наркомпроса — активно включиться в работу по выполнению заданий Советской власти,— Общее собрание Академии 20 февраля 1918 г. приняло постановление, в котором указывалось, что «Академия всегда готова, по требованию жизни и государства, приняться за посильную научную и теоретическую разработку отдельных задач, выдвигаемых нуждами государственного строительства, являясь при этом организующим и привлекающим ученые силы страны центром»².

Крупнейшие ученые высказывались за укрепление сотрудничества с Советской властью. В частности, 15 февраля 1918 г. академик А. Н. Крылов писал академику П. П. Лазареву: «...жизнь теперь будет строиться на новых началах, и способствовать ее скорейшему устройству следует всем, и надо стремиться к тому, чтобы наука заняла должное положение, а это проще всего достигается взаимным содействием, а не чужаньем»³.

В ходе переговоров Наркомпроса с Академией, проходивших в марте—апреле 1918 г., ученые разработали конкретные предложения, касающиеся организации исследований в области естественных производительных сил страны.

Ленин внимательно следил за раз-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 34, стр. 312.

² Протоколы Общего собрания Российской академии наук. Приложение к протоколу экстраординарного заседания Общего собрания от 20 февраля 1918 г. Архив АН СССР, ф. 1, оп. 1а, № 165.

³ «Вестник АН СССР», 1967, № 8, стр. 70.

¹ Там же, стр. 460—461.

² Архив АН СССР, ф. 2, оп. 1—1911, № 42, л. 3.

¹ С. И. Вавилов. Тридцать лет советской науки. В кн.: Собрание сочинений, т. III. Работы по философии и истории естествознания. М., Изд-во АН СССР, 1956, стр. 735.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 41, стр. 307.

вitiем переговоров Наркомпроса с Академией. 4 апреля 1918 г. нарком по просвещению А. В. Луначарский информировал Ленина о результатах этих переговоров. В интервью с А. В. Луначарским, которое было опубликовано 5 апреля 1918 г. в московской вечерней газете «Новости дня», сообщалось: «Вчера народный комиссар по просвещению Луначарский был приглашен Председателем Совета Народных Комиссаров Лениным, с которым имел весьма продолжительное собеседование... Между прочим, народный комиссар Луначарский... представил Ленину обращение Академии наук, где говорится, что представители Академии наук готовы работать с Советской властью»¹.

Помимо того, что Наркомпрос в январе — марте налаживал сотрудничество с Академией, в апреле 1918 г. по поручению Ленина в непосредственный контакт с ее руководством вступил секретарь Совнаркома Н. П. Горбунов. Впоследствии Н. П. Горбунов писал, что в апреле—июле 1918 г. он «согласно общим директивам Владимира Ильича вел переговоры с Академией наук и отдельными академиком о привлечении Академией наук к работе по восстановлению хозяйства страны»².

9 апреля 1918 г. Н. П. Горбунов посетил Академию. В беседе с академиком С. Ф. Ольденбургом он сообщил, что Совнарком считает «крайне желательным возможно широкое развитие научных предприятий Академии»³. Н. П. Горбунов просил С. Ф. Ольденбурга информировать Совнарком о неотложных нуждах как самой Академии, так и связанных с ней научных учреждений, с тем чтобы помочь ученым в их работе.

12 апреля 1918 г. в повестке дня заседания Совнаркома, проходившем под председательством Ленина, стоял доклад А. В. Луначарского «О предложении Академией наук ученых услуг Советской власти по исследова-

нию естественных богатств страны». Совнарком одобрил предложение Академии, признал необходимым выделить средства для проведения соответствующих исследований и поставил перед ней в качестве неотложной задачи «разрешение проблем правильного распределения в стране промышленности и наиболее рациональное использование ее хозяйственных сил»¹.

В распоряжение Академии предоставлялись необходимые средства. Так, 31 мая 1918 г. Совнарком выделил на ее нужды 350 тыс. рублей.

Когда Ленину стало известно, что в Наркомпросе ведутся разговоры о реформе Академии, он немедленно принял меры против преждевременных попыток ее реорганизации. «...Я прекрасно помню две-три беседы, в которых он буквально предостерегал меня, чтобы кто-нибудь не озорничал вокруг Академии»², — писал впоследствии А. В. Луначарский. Выслушав информацию А. В. Луначарского о взаимоотношениях Наркомпроса с Академией, Ленин говорил ему: «Нам сейчас вплотную Академией заняться некогда, а это важный общегосударственный вопрос. Тут нужна осторожность, такт и большие знания, а пока мы заняты более проклятыми вопросами. Найдется у вас какой-нибудь смельчак, наскочит на Академию и перебьет там столько посуды, что потом с вас придется строго взыскивать»³.

Для понимания ленинских методов работы со старыми учеными представляет интерес следующее свидетельство А. В. Луначарского: «Владимир Ильич на мой доклад об Академии наук ответил, что необходимо обеспечить ее средствами, необходимо побудить ее к шагам, которые практически связали бы ее работу с нашими задачами, необходимо найти там опору среди более прогрессивных ученых. „Вообще, — говорил мне тогда Владимир Ильич, — не беритесь сейчас за какое-нибудь резкое реформирование этого учреждения,

придет время подумать и об этом»»¹.

Ленин глубоко верил в творческие силы передовых русских ученых. Он прекрасно понимал, что старым ученым, сформировавшимся в условиях дореволюционной России, нужны время и факты, чтобы убедиться в огромных преимуществах социалистического строя для судеб отечественной науки. Когда специалисты увидят на практике, говорил Ленин, что пролетариат вовлекает в строительство новой жизни все более широкие массы, «...они будут побеждены морально, а не только политически отсечены от буржуазии»². Замечательные ленинские методы работы со старой научной интеллигенцией, методы, основанные на убеждении и бережном отношении к деятелям науки, определили сравнительно быстрый переход ученых Академии на путь строительства новой жизни. По свидетельству А. В. Луначарского, Академия наук «была первым высоким ученым учреждением, согласившимся добровольно работать вместе с нами в разрешении стоящих перед нами проблем»³.

Ленинский план научно-технических работ

После того как Академия заявила о своем согласии сотрудничать с Советской властью и развернуть работы по изучению естественных производительных сил страны, возникла необходимость определить главнейшие направления научных исследований.

В период между 18 и 25 апреля 1918 г. Ленин написал «Набросок плана научно-технических работ». В этом выдающемся труде Ленин указывал:

«Академии наук, начавшей систематическое изучение и обследование естественных производительных сил * России, следует немедленно дать от Высшего совета народного хозяйства поручение

образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганиза-

¹ «Новости дня», 1918, 5 апреля, № 9, стр. 1.

² Н. П. Горбунов. Великие планы развития науки и техники. В кн.: В. И. Ленин во главе великого строительства. М., Госполитиздат, 1960, стр. 174.

³ «Вестник АН СССР», 1957, № 10, стр. 158.

¹ Декреты Советской власти, т. II. М., Госполитиздат, 1959, стр. 94.

² А. В. Луначарский. К 200-летию Всесоюзной Академии наук. «Новый мир», 1925, № 10, стр. 110.

³ Там же.

¹ А. В. Луначарский. Академия наук в Москве. «Экономическая газета», 1931, 21 июня, № 118, стр. 3.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 38, стр. 167.

³ Архив АН СССР, ф. 12, оп. 1, № 29, л. 179.

ции промышленности и экономического подъема России»¹.

К словам «систематическое изучение и обследование естественных производительных сил» В. И. Ленин делает следующее примечание: «Надо ускорить издание этих материалов из всех сил, послать об этом бумажку и в Комиссариат народного просвещения, и в союз типографских рабочих, и в Комиссариат труда».

Рациональное размещение промышленности, «слияние и сосредоточение производства в немногих крупнейших предприятиях», обеспечение социалистического государства «всеми главнейшими видами сырья и промышленности» — такие задачи поставил Ленин перед учеными. Особое внимание он обращал на проблемы электрификации промышленности, транспорта и сельского хозяйства.

«Набросок плана научно-технических работ» — документ огромной политической важности. Он убедительно свидетельствует, насколько глубоко вникал Ленин в работу Академии, выдвигая перед ней такие задачи, выполнение которых гарантировало подлинный расцвет науки в Советской стране и постепенное превращение самой Академии в крупнейший мировой научный центр. Широта теоретических обобщений гармонически сочетается в ленинском плане научно-технических работ с постановкой конкретных задач науки, продиктованных насущными потребностями народного хозяйства.

Примечательно, что выполнение важнейших государственных заданий в области науки и техники Ленин считал необходимым поручить Академии — ведущему центру отечественной науки. «Ленинские идеи, сформулированные в „Наброске“, наложили глубокий отпечаток на последующую деятельность Академии и на развитие всей советской науки»², — отмечает президент АН СССР академик М. В. Келдыш.

Академия наук выполняет поручение Ленина

В июне 1918 г. Академия по поручению Ленина подготовила «Записку о задачах научного строительства». В протоколе заседания совета КЕПС от 14 июня 1918 г. сказано: «Ученый секретарь¹ доложил пожелание Председателя Совнаркома выяснить те взгляды, которых придерживаются представители науки и научные общества по вопросу о ближайших задачах русской науки. Н. С. Курнаков, С. Ф. Ольденбург и Н. И. Андрусов подчеркнули всю важность вопроса, тесно связанного с современными принципами и устоями науки»².

29 июня 1918 г. совет КЕПС обсуждал представленную А. Е. Ферсманом «Записку о задачах научного строительства» и одобрил ее.

В начале «Записки» говорится о большой роли науки в экономическом и культурном возрождении страны, о необходимости укрепления связей науки с жизнью. «...Русская наука в лице ее многочисленных научных органов, — отмечается в Записке, — не может оставаться чуждой запросам времени и оторванной от потребностей жизни»³.

В качестве «общих задач экономическо-статистического характера» в «Записке» выдвигались: создание научного института хозяйственного изучения страны, выработка мер по охране природных богатств, «разработка твердых основ государственной статистики и планомерная ее организация», учет природных богатств. В числе «общих мероприятий по изучению производительных сил страны» указывались «создание центрального государственного института по изучению свойств русских природных тел», организация физико-технического института, проведение планомерных работ по прикладной химии.

Подробное освещение в «Записке» получили «отдельные мероприятия по различным отраслям народного

Извещение о первом торжественном собрании Академии наук после победы Великой Октябрьской социалистической революции.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 36, стр. 228.

² М. В. Келдыш. Многонациональный Союз Советских Социалистических Республик и развитие науки. В кн.: Наука Союза ССР. М., «Наука», 1972, стр. 8.

¹ Ученым секретарем КЕПС был А. Е. Ферсман.

² Архив АН СССР, ф. 132, оп. 1, № 8, л. 16.

³ Ленин и Академия наук. Сб. документов. М., «Наука», 1969, стр. 49—50.

ТОРЖЕСТВЕННОЕ СОБРАНИЕ РОССІЙСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ

29 декабря 1917 года.

Въ этомъ собраніи будутъ читаны:

1. Отчетъ по Отдѣленіямъ Физико-Математическихъ Наукъ и Историческихъ Наукъ и Филологіи за 1917 годъ, составленный Непремѣннымъ Секретаремъ академикомъ С. Ѳ. Ольденбургомъ.
2. Краткіе отчеты по присужденію академическихъ премій въ 1917 году, составленные Непремѣннымъ Секретаремъ академикомъ С. Ѳ. Ольденбургомъ.
3. Отчетъ о дѣятельности Отдѣленія Русскаго языка и словесности за 1917 годъ, составленный академикомъ Н. А. Котляревскимъ.

По окончаніи чтеній будутъ провозглашены имена лицъ, вновь избранныхъ Академіею въ почетные члены и въ члены-корреспонденты.

Начало собранія въ 2 часа пополудни въ маломъ Конференцъ-Залѣ Академіи.

хозяйства»: создание органов для учета полезных ископаемых, исследование соляных озер, организация института и показательной станции по керамическим производствам, изучение животноводства, обследование лесного дела, создание института питательных веществ и т. д.

В «Записке» выдвигались предложения, касающиеся создания широкой научной основы мелиорации земель, изучения вопросов дорожного дела, объединения картографических работ, пропаганды «идеи необходимости чистого положительного знания для цели практической жизни»¹.

«Записку» от начала до конца пронизывает идея подчинения научных исследований задачам развития экономики и культуры страны. Многие конкретные мероприятия по изучению производительных сил страны, по организации новых научных центров, заключенные в «Записке», говорили о стремлении ученых отдать свои силы и знания благородному делу возрождения России. Так, выполняя поручение Ленина, Академия сделала важный шаг в приближении своей работы к практическим потребностям пролетарского государства.

«Обращайтесь прямо ко мне»

Как известно, в период гражданской войны Советская республика испытывала острый недостаток в самом необходимом — сырье, топливе, продовольствии. Многие заводы и фабрики остановились. Страна голодала. Огромные трудности, с которыми столкнулся народ, вставший на защиту завоеваний Великого Октября, естественно, сказывались и на положении Академии.

Для отопления зданий Академии не доставало топлива, и ученым приходилось работать в холодных помещениях. Был жестко лимитирован расход электрической энергии. Нехватало лабораторного оборудования. Тяжело переносили ученые трудности, вызванные недостатком продовольствия.

Чтобы помочь ученым, 28 декабря 1919 г. Совнарком по инициативе Ле-

нина принял декрет «Об улучшении положения научных специалистов»¹. В январе 1920 г. была создана Петроградская комиссия по улучшению быта ученых (ПетроКУБУ), во главе которой стоял М. Горький. В ноябре 1921 г. стала функционировать Центральная комиссия по улучшению быта ученых (ЦеКУБУ). «Можно с уверенностью сказать, что в нашем Союзе нет ни одного ученого, который бы не имел дела с ЦеКУБУ»², — отмечал впоследствии председатель комиссии А. Б. Халатов.

Ленин оказывал действенную помощь ЦеКУБУ и ПетроКУБУ. Он стремился удовлетворить все просьбы, с которыми Горький обращался в Совнарком по делам ПетроКУБУ³. Были введены академические пайки. Принимались меры к налаживанию медицинского обслуживания деятелей науки, к улучшению их жилищных условий. По словам президента Академии наук академика А. П. Карпинского, помогавшая ученым ЦеКУБУ «буквально спасла ряд из них от голодной смерти в 1918—1920 гг.»⁴.

Руководство Академии не раз обращалось за содействием в разрешении различных вопросов непосредственно к Ленину. И Ленин всегда шел навстречу просьбам ученых.

В мае 1920 г. руководство Академии — А. П. Карпинский, В. А. Стеклов и С. Ф. Ольденбург направило Ленину телеграмму с просьбой помочь в получении дров для отопления академических зданий⁵. Вскоре эта просьба была удовлетворена.

1 ноября 1920 г. Ленин подписал удостоверение члену-корреспонденту Академии наук В. И. Срезневскому на право вывоза из Саратова академических рукописей, эвакуированных туда во время первой мировой войны.

¹ Организация науки в первые годы Советской власти (1917—1925). Сб. документов. Л., «Наука», 1968, стр. 339—340.

² «Ленинградская правда», 6 сентября 1925 г., № 203, стр. 4.

³ Подробно об этом см.: С. И. Мошнин. Семь шагов по Земле. Очерки о становлении и развитии советской науки. 1917—1924. М., «Советская Россия», 1972, стр. 55—102.

⁴ «Moscow Daily News», 1934, 21 January.

⁵ Архив АН СССР, ф. 2, оп. 1—1918, № 1, л. 390.

В распоряжение Академии был предоставлен специальный поезд. «Владимир Ильич лично следил за прохождением этого поезда»¹, — писал впоследствии В. Д. Бонч-Бруевич, бывший в те годы управляющим делами Совнаркома. В 1920—1921 гг. рукописи Академии были постепенно возвращены в Петроград.

«Ленин всегда делал все возможное, чтобы оградить ученых от трудностей гражданской войны»², — писал академик А. П. Карпинский.

В ноябре 1920 г. Академия направила в Совнарком записку с конкретными предложениями об улучшении условий научной работы в стране. В записке речь шла о необходимости восстановить международные научные связи, своевременно публиковать труды ученых, укрепить материальную базу науки.

О записке Академии стало известно Ленину. 27 января 1921 г. Ленин принял Горького, вице-президента Академии наук В. А. Стеклова³, ее постоянного секретаря С. Ф. Ольденбурга и президента Военно-медицинской академии В. Н. Тонкова.

Ленин говорил с учеными о выдающейся роли научных исследований в строительстве нового общества. По свидетельству С. Ф. Ольденбурга, Ленин особое внимание обращал на те науки, которые «помогают нам выявлять и применять наши естественные богатства, нужные разоренной войной стране, т. е. науки математические, естественные и экономические»⁴. Участники беседы смогли убедиться в том, насколько большое значение Ленин придавал вопросам подготовки научной смены, укрепления материальной базы исследований, создания самых благоприятных условий для творческой деятельности ученых. Вспоминая о встрече с Лениным, С. Ф. Ольденбург писал: «..., Я лично,—

¹ В. Бонч-Бруевич. В. И. Ленин в Петрограде и Москве. М., Политиздат, 1966, стр. 31.

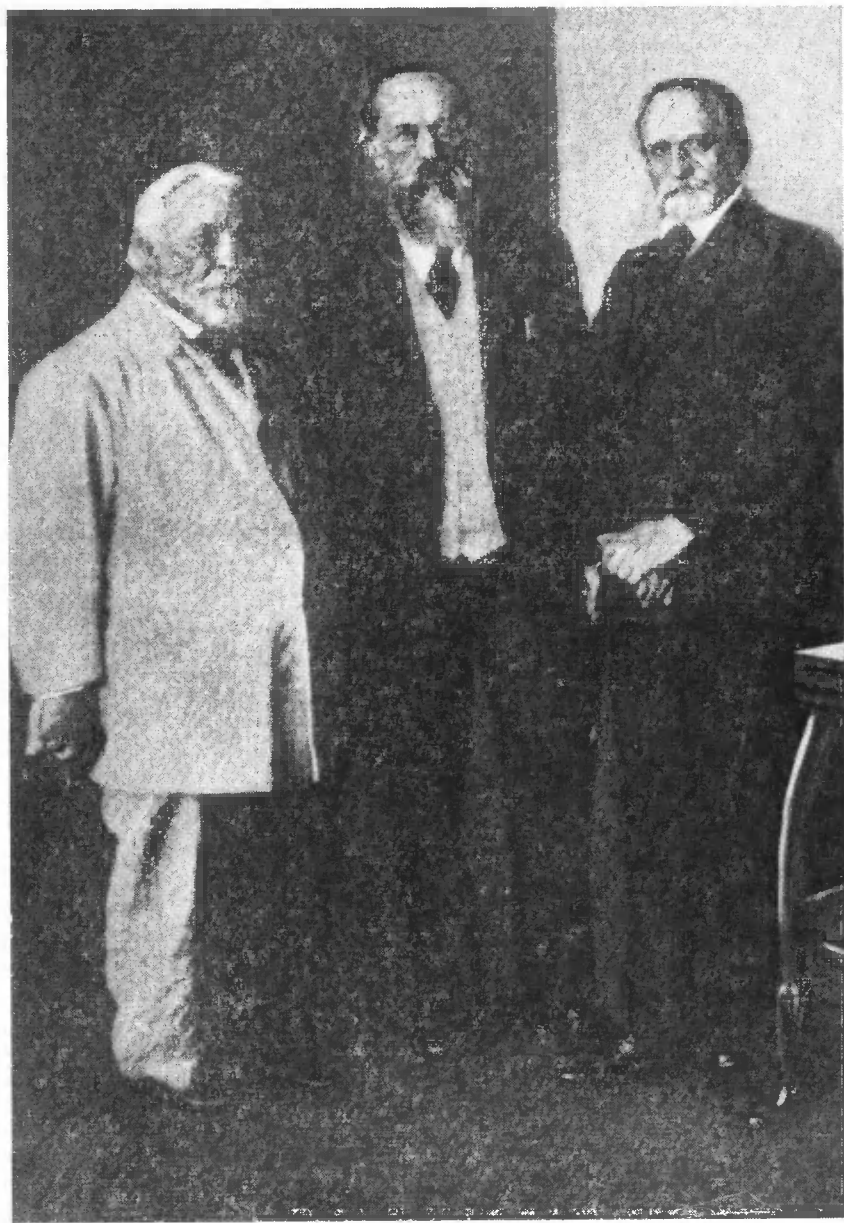
² «Moscow Daily News», 1934, 21 January.

³ В. А. Стеклов был избран вице-президентом Академии наук в мае 1919 г.

⁴ С. Ф. Ольденбург. Ленин и наука. «Научный работник», 1926, № 1, стр. 6.

Руководители Академии наук в первые годы Советской власти (слева направо): А. П. Карпинский, В. А. Стеклов, С. Ф. Ольденбург.

Фото первой половины 1920-х годов.



закончил Владимир Ильич беседу,—глубоко интересуюсь наукой и придаю ей громадное значение. Когда вам что нужно будет, обращайтесь прямо ко мне»¹.

После беседы Ленина с учеными были осуществлены крупные государственные мероприятия в области организации науки.

1 февраля 1921 г. Совнарком обсуждал вопрос об обеспечении нормальной работы научно-учебных и на-

учно-технических учреждений РСФСР. Заседание проходило под председательством Ленина¹.

Ранее, 24 января 1921 г., Ленин подписал постановление Совнаркома «Об условиях, обеспечивающих научную работу академика И. П. Павлова и его сотрудников»².

В 1921—1923 гг. Советское правительство отпустило на нужды Акаде-

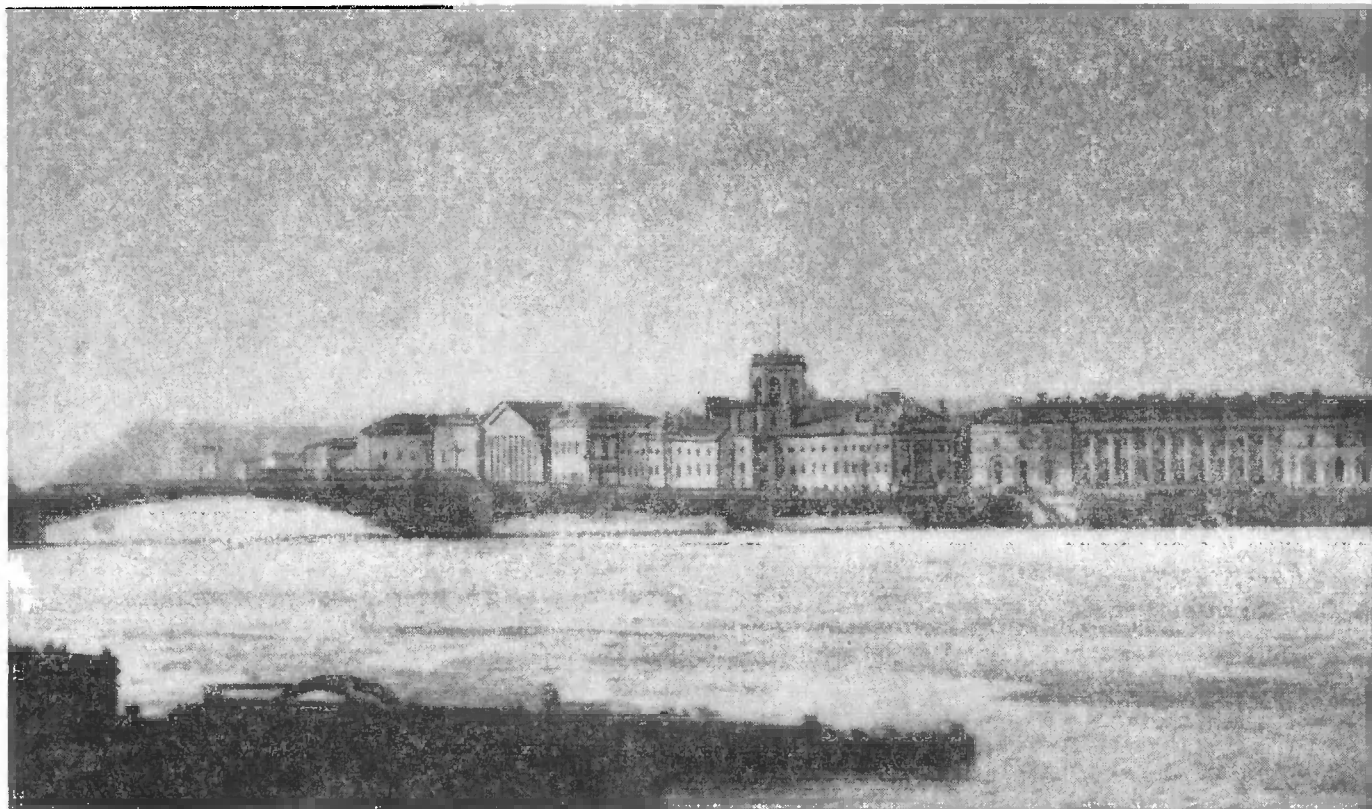
мии значительные средства. Расширялись рабочие площади академических учреждений. В 1922—1923 гг. в новых помещениях разместились Пушкинский дом, Геологический и минералогический музей Академии наук.

По личному указанию Ленина в 1921 г. Академии было возвращено здание ее Библиотеки, занятое в годы первой мировой войны военным госпиталем. «Академия будет всегда помнить,—сказано в отчете о ее деятельности за 1923 г.,—что лишь благодаря энергичному личному участию Владимира Ильича ей было воз-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 42, стр. 578—579.

² Там же, стр. 262—263.

¹ Там же.



Панорама зданий Академии наук в Ленинграде (слева направо): одно из зданий Ленинградского университета; главное здание АН СССР (дом с портиком и колоннами), где размещались Президиум Академии, Физико-математический институт, Сейсмическая комиссия и другие учреждения; Музей антропологии и этнографии (бывшая Кунсткамера); Зоологический музей; здание бывшей фондовой биржи, где размещается Центральный военно-морской музей, не входящий в систему Академии наук; Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Геологический и минералогический музей (все в одном здании); крайнее здание с башней (справа от Ростральной колонны) — Институт русской литературы (Пушкинский дом).

Фото конца 1920-х годов.

вращено столь необходимое для нее здание Библиотеки»¹.

Характеризуя заботу Ленина об Академии, А. П. Карпинский отмечал: «С самого начала революции Владимир Ильич уделял очень много внимания расширению деятельности Академии. По его распоряжению почти сразу после установления Советской власти были приняты специальные меры по защите всех научных ценностей. По его инициативе, а также по инициативе покойного А. В. Луначарского ряд новых зданий, образующих ныне так называемый академический центр на Васильевском острове, был передан Академии, имевшей до революции в своем распоряжении только три здания»².

Расширение деятельности Академии наук

В первые послереволюционные годы развернулся созидательный про-

цесс формирования государственной системы организации советской науки. Одним из выражений этого процесса стало расширение деятельности Академии наук.

В 1918 г. в составе КЕПС были организованы Институт физико-химического анализа, Институт по изучению платины и других благородных металлов, а также ряд новых отделов (Отдел по редким элементам и радиоактивным веществам, Отдел нерудных ископаемых, Отдел каменных строительных материалов, Отдел оптотехники и др.).

В 1921 г. в системе Академии был создан Физико-математический институт во главе с академиком В. А. Стекловым, в 1922 г. — Радиевый институт во главе с академиком В. И. Вернадским (в 1924 г. этот Институт перешел в ведение Наркомпроса). В 1924 г. Академия пополнилась Химическим институтом, директором которого стал академик Н. С. Курнаков. В 1925 г. возникли Физиологический институт (директор академик И. П. Павлов) и Почвенный институт им.

¹ Отчет о деятельности Российской Академии наук за 1923 г. Л., 1924, стр. 1.

² «Moscow Daily News», 1934, 21 January.



В. В. Докучаева (директор академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг).

О росте численности академических учреждений говорят следующие данные. В 1925 г. в Академии имелось 62 учреждения, в том числе 42 научных. В числе научных учреждений находились 8 институтов, 2 самостоятельные лаборатории и 8 лабораторий при отделах учреждений. В Академии работали 8 самостоятельных музеев, 35 комиссий и комитетов¹.

Увеличивался личный состав Академии. Выборы новых академиков и членов-корреспондентов Академии наук проводились ежегодно. Всего в 1918—1925 гг. было избрано 25 новых академиков, среди них — физик А. Ф. Иоффе, химик Д. П. Коновалов, геологи Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, Е. С. Федоров и А. Е. Ферсман, биологи В. Л. Комаров, С. П. Костычев, С. Г. Навашин, В. Л. Омелянский, А. Н. Северцов, Г. П. Сушкин и В. М. Шимкевич, историки М. М. Богословский,

В. П. Бузескул, Н. П. Лихачев и С. Ф. Платонов, востоковеды И. Ю. Крачковский, Б. А. Тураев и Ф. И. Щербатской, славяновед П. А. Лавров, литературовед М. Н. Розанов и другие ученые.

В 1925 г. число научных и научно-технических сотрудников Академии составляло 924. Налицо очень значительный рост ее личного состава.

Количественный рост Академии сопровождался постепенной перестройкой ее деятельности. В июле 1919 г. академики А. П. Карпинский, А. Н. Крылов, Н. Я. Марр, С. Ф. Ольденбург, В. А. Стеклов, А. А. Шахматов и А. Е. Ферсман подготовили «Соображения о некоторых желательных преобразованиях строя Российской Академии наук» — обширный документ, в котором содержались предложения о реорганизации сети академических учреждений, в частности их укрупнении. Авторы «Соображений» высказывались за укрепление контактов Академии с научными учреждениями и вузами страны. Они предлагали установить такой порядок выборов новых академиков, который гарантиро-

вал бы активное участие научной общественности страны в выдвижении и обсуждении кандидатов в академики¹. Как видно, авторы «Соображений» стремились перестроить деятельность Академии на демократических началах, что оказало положительное влияние на последующее ее развитие, повышение ее роли в научном потенциале страны.

«За последние два года деятельность Академии наук расширилась до чрезвычайности и не только в области чисто ученого труда, но и особенно в организации и устройстве новых предприятий и учреждений ученого и просветительного характера, новых правил и форм внутренней жизни, вызываемых современными условиями и требованиями»², — писал в феврале 1919 г. академик В. А. Стеклов.

¹ Академия наук СССР. Ее задачи, разделение и состав. Л., Изд-во АН СССР, 1925, стр. 59.

¹ Протоколы Общего собрания Академии наук, 1919. Приложение к протоколу VII экстраординарного заседания Общего собрания от 30 июля 1919 г. Архив АН СССР, ф. 1, оп. 1а, № 166.

² Архив АН СССР, ф. 2, оп. 1—1917, № 42. л. 410.

Роль Академии наук в изучении естественных производительных сил страны

После победы Великого Октября Академия наук активно включилась в исследование естественных производительных сил страны.

Знаменательно, что уже в апреле—мае 1918 г. на заседаниях совета и отделов КЕПС регулярно обсуждались вопросы, касающиеся организации работ по изучению природных богатств страны. Выступая на заседании Отдела по изучению Севера, состоявшемся 31 мая 1918 г., президент Академии А. П. Карпинский говорил: «...мы должны обратить особое внимание на изучение Северного края с его неисчерпаемыми и все еще малоисследованными богатствами, и нам нужно возможно шире популяризировать знания о его жизненных и естественных ресурсах, дабы продуктивно их использовать, а следовательно, и поднять культуру и благосостояние всего отечества»¹.

В мае 1918 г., по докладу Ф. Ю. Левинсона-Лессинга, совет КЕПС рассматривал вопрос об исследовании сапропелей для использования их в качестве удобрений. Соляной отдел КЕПС, которым руководил академик Н. С. Курнаков, в мае 1918 г. принял решение о необходимости проведения геологических разведок пермских соляных отложений. В Отделе нерудных ископаемых продолжались исследования по графиту, селену, мрамору, кварцевым материалам, плавиковому шпату и т. д.

При активном участии ученых Академии развернулись работы по исследованию Курской магнитной аномалии. В 1918 г. при Московском отделении КЕПС была образована Комиссия по исследованию Курской магнитной аномалии, которой руководил академик П. П. Лазарев. К разработке проблем, связанных с исследованием Курской аномалии, привлекались академики А. Н. Крылов, А. Ф. Иоффе, В. А. Стеклов и др.

22 апреля 1922 г. Ленин беседовал с П. П. Лазаревым о работах в райо-

не Курской аномалии¹. Оценивая роль Ленина в организации этих работ, П. П. Лазарев писал впоследствии: «Мы можем с полным правом утверждать, что без Ленина не было бы предпринято это грандиозное комплексное исследование»².

Начиная с 1920 г. Академия приступила к изучению природных богатств Кольского полуострова. В результате многолетних исследований, которыми руководил академик А. Е. Ферсман, ученые смогли открыть богатейшие запасы апатито-нефелиновых месторождений.

Как известно, в феврале 1920 г. в соответствии с указаниями Ленина была образована Государственная комиссия по электрификации России (ГОЭЛРО). В работе Петроградской группы ГОЭЛРО участвовали сотрудники КЕПС. Им принадлежали значительные заслуги в подготовке плана электрификации Северного района³.

Академия не прошла мимо изучения природных богатств Кара-Богаз. В 1921 г. Институт физико-химического анализа совместно с ВСНХ направил экспедицию на Кара-Богаз для проведения там гидрологических, метеорологических и химических наблюдений. В последующие годы масштабы исследований в районе Кара-Богаз становились все более значительными. Показательно следующее высказывание академика Н. С. Курнакова: «Я работал над проблемой Кара-Богаз (залива в Каспийском море) с 90-х годов. Однако все наши усилия, направленные на то, чтобы обеспечить применение биллионов тонн глауберовой соли, залегающей на дне залива, при царской власти были бесплодны»⁴. Как отмечал Н. С. Курнаков, «Ленин понял огромную важность этой проблемы для развития химической промышленности нашей страны... и, благодаря его личному вмешательству, сразу же после окончания гражданской войны мы получили средства для продолжения исследований в этой области»⁵.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 45, стр. 675.

² Ленин и Академия наук. Сб. документов, стр. 112.

³ Там же, стр. 150—184.

⁴ «Moscow Daily News», 1934, 21 January.

⁵ Там же.

О расширении фронта исследований в области естественных производительных сил страны свидетельствует возрастание масштабов экспедиционной деятельности Академии. Только в 1924 г. Академия наук направила в различные районы СССР 46 экспедиций¹.

Первые годы после победы Великого Октября — замечательный период в истории отечественной науки и ее ведущего центра — Академии наук. Забота, внимание и помощь со стороны Ленина определили быстрый рост Академии, постепенную её перестройку на новых началах, помогли ученым подойти к решению важнейших народнохозяйственных проблем. «Академия наук всегда пользовалась неизменной и постоянной поддержкой Советской власти и В. И. Ленина, — писал академик А. Е. Ферсман. — Благодаря этому, несмотря на тяжелые годы мировой и гражданской войн, наша Академия необычайно сильно увеличила свою деятельность»².

Уделяя большое внимание работам по изучению естественных производительных сил, Академия тем самым осуществляла замечательную ленинскую программу, изложенную в «Наброске плана научно-технических работ».

*

В 1925 г. в нашей стране отмечалось 200-летие Академии наук.

Юбилей Академии превратился в подлинное торжество советской науки. Мероприятия Партии и Правительства, осуществленные в связи с юбилеем, большой размах юбилейных торжеств наглядно убеждали ученых в том, какие замечательные перспективы открываются перед советской наукой.

Юбилей имел большое международное значение. Участвовавшие в юбилейных торжествах иностранные ученые увидели, как выросла в послеоктябрьские годы Академия и каких

¹ А. Е. Ферсман. Экспедиционная деятельность Академии наук СССР и ее задачи. 2-е изд. Л., Изд-во АН СССР, 1929, стр. 3—4.

² А. Е. Ферсман. Академия наук СССР к годовщине Октября. «Ленинградская правда», 7 ноября 1926 г.

¹ «Вестник АН СССР», 1968, № 4, стр. 70.

значительных успехов добились советские ученые во многих областях науки. Международные связи Академии после юбилея расширились, авторитет советской науки за рубежом значительно возрос.

Накануне этого юбилея произошло знаменательное событие в истории Академии. 27 июля 1925 г. ЦИК и СНК СССР приняли постановление «О признании Российской Академии наук высшим ученым учреждением Союза ССР». Отныне Академия наук стала высшим всесоюзным ученым учреждением, состоящим при Совнаркоме СССР (раньше Академия наук находилась в ведении Главнауки Наркомпроса РСФСР). Она получила наименование: Академия наук Союза Советских Социалистических Республик¹. Таким образом, Академия наук выделялась из все разраставшейся сети научных учреждений страны как главный центр советской науки.

Академик С. Ф. Ольденбург в речи, посвященной 200-летию АН СССР, говорил о выдающейся роли Ленина в организации советской науки: «В самые трудные дни нашей жизни,

когда казалось временами, что никакая работа уже невозможна, его личное вмешательство, его помощь словом и делом создавали возможность работы... И если мы теперь можем говорить о действительно возродившейся научной работе, то этим мы в самой полной степени обязаны, ему и тому, что заветы его исполняются в такой же мере и его преемниками»¹.

¹ Академия наук СССР за 200 лет. Речь неперменного секретаря С. Ф. Ольденбурга, читанная в торжественном заседании конференции Академии 6 сентября 1925 г. Л., Изд-во АН СССР, 1925, стр. 19.

Рекомендуемая литература

В. И. Ленин. НАБРОСОК ПЛАНА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ. Полн. собр. соч., т. 36.

В. И. Ленин. О НАУКЕ И ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ. 2-е изд., доп. М., Политиздат, 1971.

ЛЕНИН И АКАДЕМИЯ НАУК. Сб. документов. М., «Наука», 1969.

В. И. Ленин и А. М. Горький. ПИСЬМА, ВОСПОМИНАНИЯ, ДОКУМЕНТЫ. Изд. 3-е. М., «Наука», 1969.

В. И. Ленин и А. В. Луначарский. ПЕРЕПИСКА, ДОКЛАДЫ, ДОКУМЕНТЫ. М., «Наука», 1971.

ЛЕНИН И СОВРЕМЕННАЯ НАУКА. Кн. 1—2. М., «Наука», 1970.

М. В. Келдыш. В. И. ЛЕНИН И РАЗВИТИЕ НАУКИ. В кн.: Ленин и современная наука. Кн. 1, М., «Наука», 1970.

В. Л. Комаров. В. И. ЛЕНИН И НАУКА. В кн.: В. Л. Комаров. Избр. соч., т. XI. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1948.

НАУКА СОЮЗА ССР. М., «Наука», 1972.

С. Ф. Ольденбург. ЛЕНИН И НАУКА. «Научный работник», 1926, № 1.

А. Е. Ферсман. В. И. ЛЕНИН И ИЗУЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ СССР. «Вестник АН СССР», 1940, № 4—5.

Л. Д. Шевяков. О «НАБРОСКЕ ПЛАНА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ» В. И. ЛЕНИНА. В кн.: Ленин и наука. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Э. Б. Генкина. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В. И. ЛЕНИНА (1921—1923). М., «Наука», 1969.

Е. Н. Городецкий. РОЖДЕНИЕ СОВЕТСКОГО ГОСУДАРСТВА. М., «Наука», 1965.

Г. Д. Комков, О. М. Карпенко, Б. В. Левшин, Л. К. Семенов. АКАДЕМИЯ НАУК СССР — ШТАБ СОВЕТСКОЙ НАУКИ. М., «Наука», 1968.

И. С. Смирнов. ЛЕНИН И СОВЕТСКАЯ КУЛЬТУРА. Государственная деятельность В. И. Ленина в области культурного строительства (октябрь 1917 г.—лето 1918 г.). М., Изд-во АН СССР, 1960.

¹ Собрание законов и распоряжений Рабоче-Крестьянского правительства СССР, 1925, № 48, стр. 351.

Подписаться на «Природу» можно с любого очередного номера

Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати. Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в Центральную контору «Академкнига» по адресу: Москва, Центр, Большой Черкасский переулок, 2/10.

Подписная цена на полгода — 3 руб.
Цена одного номера — 50 коп.

Генетический аппарат инфузорий и его эволюция

Профессор Ю. И. Полянский



Юрий Иванович Полянский, доктор биологических наук, заведующий лабораторией цитологии одноклеточных организмов Института цитологии АН СССР и кафедрой зоологии беспозвоночных Ленинградского государственного университета. Ученик В. А. Догеля. Автор работ в области цитогенетики простейших и физиологии одноклеточных организмов, а также научно-популярных статей («Природа», 1971, № 5 и др.). Президент Всесоюзного общества протозоологов.

Одним из замечательных открытий в области естественных наук последней четверти века (и в особенности последнего десятилетия) бесспорно явилось выяснение молекулярных основ наследственной информации. Изучение механизма репликации ДНК, транскрипции с ДНК на РНК, триплетного кода нуклеотидов, детерминирующего синтез белковой молекулы на рибосомах (процесс трансляции) — все это раскрыло величайшие «тайны природы». Как это всегда бывает в истории науки, открытия эпохального значения стимулируют ее развитие, ставят новые задачи, открывают перед наукой и человечеством новые перспективы в овладении природой. Успехи молекулярной биологии и генетики раскрывают новые горизонты управления наследственностью. Работы последних лет в области изучения синтеза молекул ДНК на РНК делают реальностью синтез генов, последствия чего для управления наследственностью и для медицинской генетики пока еще трудно даже себе представить...¹.

Общность молекулярного механизма наследственности

Одна из самых замечательных черт молекулярного механизма наследственности — общность его на всех этапах органической эволюции. Начиная от вирусов и кончая высшими цветковыми растениями, млекопитающими

ми и человеком, в основе механизма лежит репликация молекул ДНК (у некоторых вирусов — РНК), осуществляемая специфическими ферментами и протекающая на основе комплементарности нуклеотидов. Эти замечательные, недавно открытые процессы определяют преемственность жизни на планете Земля и служат молекулярной основой органической эволюции. Но наряду с принципиальным единством репликации аппарата наследственной информации в процессе органической эволюции произошли существенные прогрессивные ее изменения. Говоря о самых основных этапах этой эволюции (и оставляя в стороне вирусы), следует назвать прокариотный (предъядерный) и эукариотный (истинно ядерный) тип организации клетки. К первому относятся бактерии и синезеленые водоросли, ко второму — почти все остальные организмы. При переходе от прокариотного к эукариотному уровню произошли изменения, открывшие огромные новые эволюционные возможности (ароморфоз, по А. Н. Сечерцову). Дифференцировалось клеточное ядро, и на основе молекулярного механизма репликации ДНК возник митоз, неразрывно связанный с образованием хромосом. Произошло тесное объединение молекул ДНК с белками — гистонами и образование комплекса дезоксирибонуклеопротеидов (ДНП), что, вероятно, имело большое значение для регуляции действия генов.

Существуют две группы эукариотных организмов. Это, с одной стороны, простейшие (Protozoa и Protophyta) и с другой — многоклеточные растения и животные (Metazoa и Meta-

¹ О синтезе ДНК на матрицах РНК и о значении этого открытия см.: С. М. Гершензон. Ревертаза, генетика и рак, «Природа», 1973, № 3; «Природа», 1974, № 2, стр. 111.

phyta). У первых вся эволюция протекала на уровне организации одной клетки, у вторых она связана с дифференцировкой многоклеточных комплексов — тканей, органов. А priori можно ожидать, что формы эволюции генетических аппаратов на этих двух основных путях филогенеза эукариот не должны быть идентичными и что сравнение их должно представлять большой интерес для молекулярной биологии, генетики и цитологии в целом. Вопрос о своеобразии морфофизиологических закономерностей эволюции одноклеточных организмов обсуждался нами в ряде статей¹, и мы не будем его здесь затрагивать. Речь пойдет лишь об особенностях эволюции генетических аппаратов и соответственно ядерных структур. Наиболее интересны в этом плане две прогрессивные группы простейших — инфузории и радиолярии, представленные большим числом видов и характеризующиеся большой сложностью (в пределах клетки!) организации. В дальнейшем мы оставим в стороне радиолярии (они заслуживают самостоятельной статьи) и будем говорить лишь об инфузориях.

Особенности ядерного аппарата инфузорий

У подавляющего большинства видов инфузорий ядерный аппарат характеризуется двумя особенностями: ядерным дуализмом (наличием вегетативного и генеративного ядра) и высоким содержанием ДНК в вегетативном ядре (макронуклеусе), во многом превосходящим диплоидный уровень. Количество ДНК в макронуклеусе разных видов инфузорий варьирует в очень широких пределах. Если принять ДНК микронуклеуса за диплоидный уровень, то количество ДНК в макронуклеусе превосходит этот уровень от 8—10 до нескольких тысяч раз. Крупные виды обычно обладают макронуклеусами, содержащими очень большие количества ДНК,

у мелких видов количество ДНК в макронуклеусе (по отношению к ДНК микронуклеуса) значительно меньше.

В процессе эволюции ядерный дуализм возник раньше, чем обогащение макронуклеуса ДНК. Среди современных инфузорий существует группа относительно примитивных видов, обладающих ядерным дуализмом на диплоидном уровне. У этих форм происходит своеобразное разделение двух основных функций ДНК между двумя категориями ядер. Одни ядра (генеративные; или микронуклеусы) осуществляют только репликацию ДНК: они делятся митотически и у них отсутствует транскрипция, тогда как другие — вегетативные ядра (диплоидные макронуклеусы) утратили способность к делению, сохранив способность к образованию больших количеств РНК. В дальнейшей эволюции ядерного аппарата инфузорий произошло обогащение вегетативного ядра ДНК, и это привело к резкому повышению функции транскрипции. Очевидно, этот процесс следует рассматривать как интенсификацию функций в смысле А. Н. Северцова. Одновременно с обогащением макронуклеуса ДНК они вновь приобрели способность делиться. Однако форма их деления не является митозом и носит крайне своеобразный характер. В основе его лежит эндомитоз¹, сопровождающийся последующим распределением между дочерними ядрами целых геномов («сегрегация геномов»).

Напомним еще, что макронуклеус — ядро, имеющее ограниченный (хотя иногда и очень длительный) период существования. Рано или поздно происходит конъюгация² или самооплодотворение (аутогамия), макронуклеус резорбируется в цитоплазме, и новый макронуклеус развивается за счет микронуклеуса. Все эти процес-

сы были подробно рассмотрены И. Б. Райковым¹.

Еще недавно казалось, что вопрос о природе макронуклеуса в основном ясен. Обогащение вегетативного ядра ДНК рассматривалось как процесс полиплоидизации, происходящей путем последовательных эндомитозов, или политенизации, хромосом, а сам богатый ДНК макронуклеус — как высокополиплоидное ядро, включающее множество геномов, из которых каждый соответствует геному диплоидного микронуклеуса. Однако работы последних лет показали, что процесс этот намного сложнее и многообразнее. Наряду с полиплоидизацией, роль которой не отрицается, происходят сложные преобразования генетического материала, сопровождающегося иногда частичным разрушением ДНК, что приводит к тому, что генный состав макронуклеуса и микронуклеуса оказывается различным. Очень многое в этих процессах остается еще неясным, требующим дальнейших исследований. Однако уже полученные результаты представили существенный интерес для молекулярной биологии и генетики.

Исследования, о которых пойдет речь, проводились на двух группах объектов. С одной стороны, это равноресничные инфузории, относящиеся к родам *Paramecium* и *Tetrahymena*, а с другой — инфузории из отряда брюхоносличных — *Stylonichia* и *Euploides* (рис. 1).

Остановимся прежде всего на некоторых особенностях генетики инфузорий. В качестве примера привлечем исследования, выполненные на *Tetrahymena pyriformis*, которая стала излюбленным объектом генетических исследований простейших.

Уникальная форма полового процесса

Напомним, что для инфузорий характерна крайне своеобразная и нигде более не встречающаяся форма полового процесса — конъюгация, внешне выражающаяся во временном объединении особей. При этом диплоидные микронуклеусы в каждом

¹ Эндомитоз (от греч. ἐνδον — внутри и μίτος — нить) — удвоение числа хромосом в клеточном ядре, не сопровождающееся разрушением оболочки и делением ядра.

² Конъюгация (от лат. conjugatio — соединение) — особая форма полового процесса, свойственная инфузориям, при котором происходит временное соединение особей, обменивающихся гаплоидными ядрами.

¹ Ю. И. Полянский. Эволюция простейших и морфофизиологические закономерности эволюционного процесса. Сб.: Закономерности прогрессивной эволюции. Л., Изд. Ин-та истории естествознания и техники АН СССР, 1972.

¹ И. Б. Райков. Ядерный дуализм простейших. «Природа», 1972, № 4.

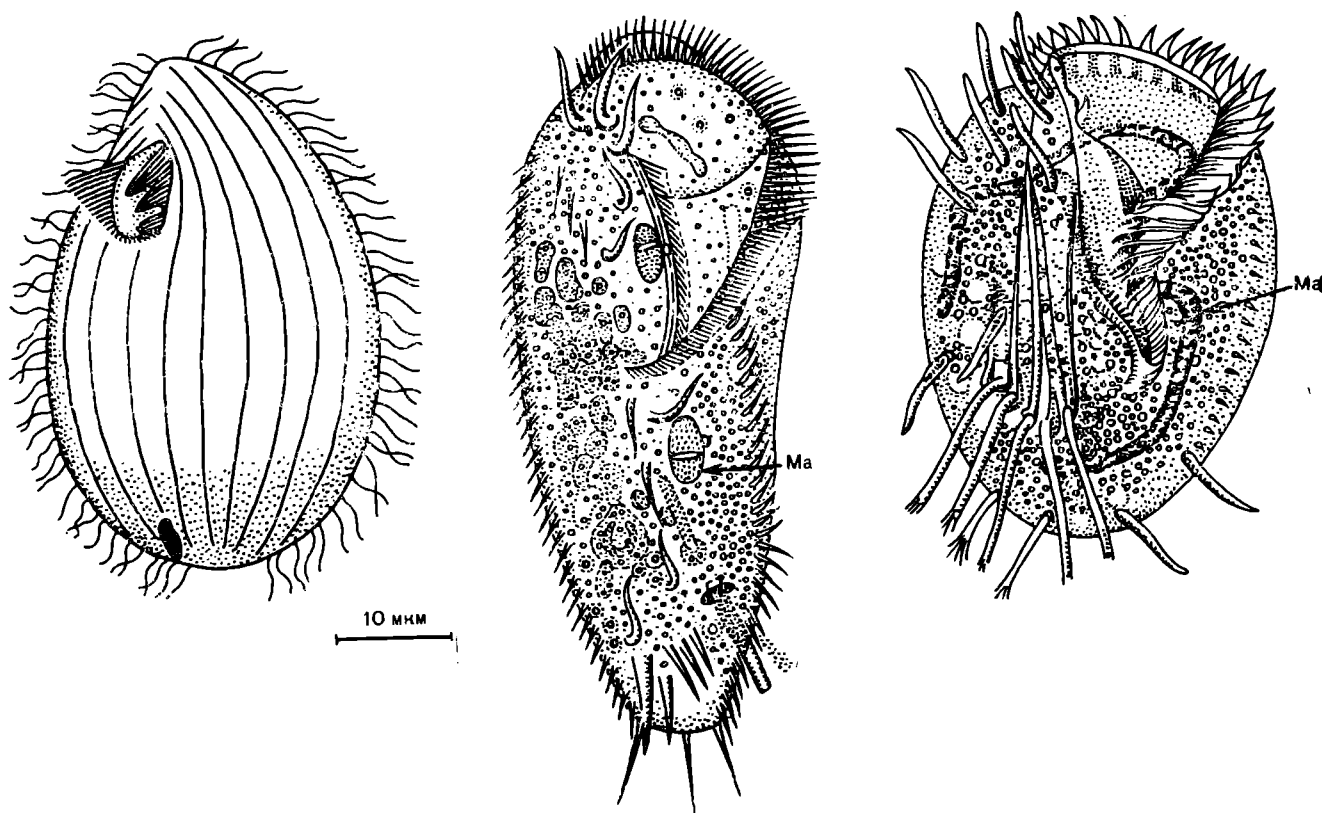


Рис. 1. Инфузории—объекты генетических исследований (слева направо): *Tetrahymena pyriformis*, *Stylonichia mytilus*, *Euplotes patella*. Стрелками указаны макронуклеусы (Ma).

конъюганте прodelывают сначала типичный мейоз, в результате которого получается 4 гаплоидных ядра (рис. 2). После этого в каждой особи по 3 ядра резорбируются в цитоплазме, а одно делится еще раз. Получается по два пронуклеуса, из которых один остается на месте, а второй мигрирует в партнера, где сливается со стационарным ядром. Таким образом восстанавливается диплоидный комплекс хромосом и в каждом из конъюгантов образуется по одному ядру — синкариону. Из изложенного выше ясно, что оба синкариона обладают совершенно идентичным набором генов. Это обстоятельство очень важно для понимания дальнейшего хода генетических событий.

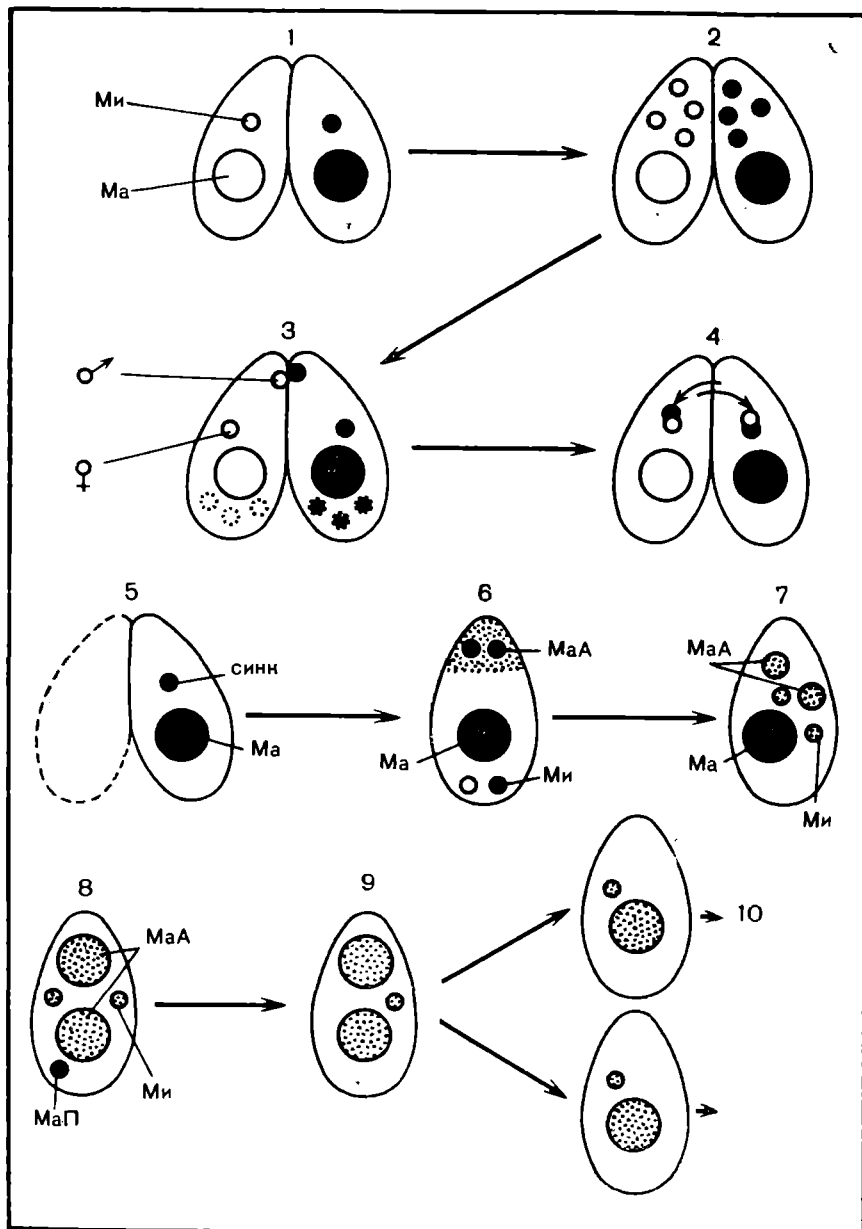
Синкарион делится один или несколько раз. У инфузорий *Paramecium*

aurelia и *Tetrahymena pyriformis* он делится дважды. Получается в каждом конъюганте по 4 ядра. Из них одно обычно резорбируется в цитоплазме, второе становится микронуклеусом, а два превращаются в зачатки макронуклеуса. По мере развития зачатков новых макронуклеусов старый макронуклеус разрушается и растворяется в цитоплазме. Конъюганты в начале дифференцировки зачатков макронуклеусов расходятся и теперь обозначаются как эксконъюганты. При первом делении единственный микронуклеус делится митотически, тогда как развивающиеся зачатки макронуклеусов не делятся, а распределяются между дочерними особями. Две первых дочерних особи — потомки каждого эксконъюганта — получают разные, но происходящие из одного и того же синкариона макронуклеусы. В дальнейшем, при бесполом размножении, делятся как микронуклеусы, так и макронуклеусы. Последовательный ряд особей, образующихся путем деления, при котором дочерние макронуклеусы представляют собой про-

дукты деления одного исходного материнского макронуклеуса, носит название кариониды. Таким образом, каждый эксконъюгант, обладающий двумя зачатками макронуклеусов, дает начало у *Tetrahymena* двум карионидам и соответственно каждая конъюгирующая парочка — четырем карионидам. У *Paramecium* и *Tetrahymena* развитие зачатка макронуклеуса связано с обогащением его ДНК. Это дало основание процесс развития макронуклеусов *Paramecium* и *Tetrahymena* трактовать как последовательное удвоение диплоидных хромосомных комплексов. Т. Соннеборн и Д. Нэнни полагают, что макронуклеус состоит из субнуклеусов, каждый из которых представляет собой диплоидный хромосомный комплекс данного вида.

Нужно подчеркнуть, что морфологически субнуклеусы не всегда выявляются на уровне световой и электронной микроскопии, и реальность их постулируется преимущественно генетическими данными, которые будут рассмотрены ниже. В последнее время, однако, датская исследова-

Рис. 2. Схема хода ядерных процессов при конъюгации инфузории *Tetrahymena pyriformis*: 1—соединение двух особей, в каждой по микронуклеусу (Ми) и макронуклеусу (Ма); 2—в каждом из конъюгантов микронуклеус претерпел мейоз, в результате которого из одного микронуклеуса образовались четыре ядра с гаплоидным комплексом хромосом; 3—в каждом из конъюгантов по три резорбирующихся микронуклеуса (на заднем конце конъюгантов), четвертый микронуклеус претерпел еще одно деление и дал начало двум пронуклеусам—мигрирующему мужскому (♂) и стационарному, или женскому (♀); 4—конъюганты обменялись мужскими пронуклеусами, происходит слияние пронуклеусов (оплодотворение); 5—в конъюганте ядерный аппарат состоит из синкариона (синк) и старого, родительского макронуклеуса (Ма); 6—эксонъюгант с четырьмя ядрами, образовавшимися путем двукратного деления синкариона, из них два ядра в передней части эксонъюганта (МаА) дадут начало новым макронуклеусам, два (в задней части инфузории)—микронуклеусам, в середине клетки—старый макронуклеус; 7—в эксонъюганте два зачатка новых макронуклеусов в стадии роста, два микронуклеуса и старый (резорбирующийся) макронуклеус; 8—зачатки двух новых макронуклеусов достигли нормальных размеров (МаА), старый макронуклеус разрушается (МаП в задней части инфузории), два макронуклеуса расположены в середине; 9—эксонъюгант с двумя новыми макронуклеусами и одним новым микронуклеусом (второй резорбировался); 10—деление эксонъюганта. Новые макронуклеусы, не делясь, распределяются между дочерними особями. Микронуклеус разделился.



тельница О. Нильссон при делении *Tetrahymena* обнаружила в макронуклеусе структуры, которые она склонна толковать как субнуклеусы, ибо количество ДНК в каждой из них соответствует таковому в диплоидном микронуклеусе.

Обратимся теперь к рассмотрению установленных многочисленными исследователями некоторых своеобразных генетических явлений, которые

наблюдаются при агамном¹ размножении.

Генетическая однородность и наследуемая неоднородность

Мы видели выше, что синкарионы обоих эксонъюгантов одной пароч-

¹ Агамное размножение — бесполое размножение путем деления.

ки генотипически совершенно одинаковы, они имеют идентичные гены. Можно ожидать, исходя из привычных генетических и цитологических представлений, что и все потомки обоих эксонъюгантов при бесполом размножении должны быть одинаковы в генотипическом отношении, и различия между ними могут носить лишь чисто модификационный (т. е. ненаследуемый) характер. Факты, од-

нако, не согласуются с подобными предположениями. В потомстве эксконъюгантов появляются наследуемые различия, закономерно передающиеся из поколения в поколение при бесполом размножении. При как будто одинаковом генотипе возникает наследуемая неоднородность. Это показали исследования (О. Аллен, Д. Нэнни и др.), проводившиеся на гетерозиготных клонах. Наиболее точно наследуемая неоднородность изучена по трем признакам — наследованию ферментов (в особенности эстераз), наследованию специфических белков (серотипов) и наследованию так называемых «типов спаривания». При скрещивании *Tetrahymena*, несущих разные аллели одного локуса определенной эстеразы, получают гетерозиготы. Электрофоретический анализ показывает, что при этом не наблюдается обычного, как при скрещивании и соединении в общей зиготе двух (доминантной и рецессивной) аллелей, доминирования, и удается отчетливо выявить «работу» обеих аллелей — обе эстеразы. Казалось бы, можно ожидать, что при дальнейшем бесполом размножении это состояние сохранится неограниченно долго. Поскольку при агамном размножении не происходит мейоза и редукции числа хромосом, то нет оснований для расщепления и появления «чистых», гомозиготных по данной аллели, форм. На самом деле все происходит совсем иначе. Через некоторое количество бесполок поколений, в течение которых сохраняется «смешанный» фенотип, начинается процесс выщепления «чистых» по данному признаку линий, которые фенотипически не проявляют гетерозиготных черт и при электрофоретическом анализе обнаруживают лишь одну эстеразу. В дальнейшем эти «чистые» формы сохраняются в течение неограниченного числа бесполок поколений. Выщепление чистых форм идет строго закономерно в количественном отношении. Кроме эстераз и по всем другим изученным признакам (фосфатазы, серотипы, «типы спаривания») «чистых» форм оказывается 0,0113 от общего числа делящихся инфузорий в расчете на одно клеточное деление. Эта цифра повторяется с таким же постоянством, как отноше-

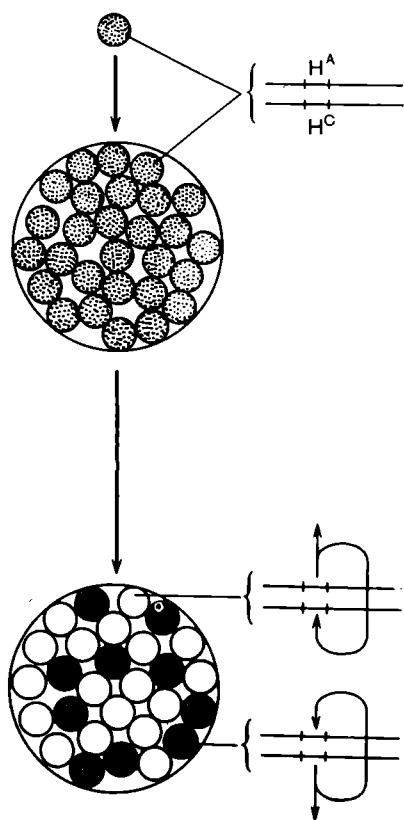


Рис. 3. Схема строения и дифференцировки макронуклеуса *Tetrahymena* (по Д. Нэнни). Серые кружки в общей оболочке (вверху, слева) — гетерозиготные субнуклеусы, в них проявляются обе аллели (H^A и H^C) локуса H (вверху, справа); макронуклеус (внизу, слева) с «чистыми» субнуклеусами (черные и белые кружки), с которых произошла межаллельная репрессия в одних случаях одной, в других — другой аллели локуса H (внизу, справа).

ние 3:1 при менделевском моногибридном расщеплении. Для объяснения этих фактов Нэнни в 1958 г. предложил гипотезу, математически обоснованную И. Шенстед. Нэнни принимает, что макронуклеус состоит из диплоидных субнуклеусов, каждый из которых включает весь генотип вида. Дифференцировка начинается с того, что в каждом субнуклеусе, в каждом локусе (в комплексе двух аллелей) происходит межаллельная репрессия (рис. 3), в результате которой одна из аллелей данного локуса инактивируется (респрессируется, подавляет-

ся). Таким путем субнуклеус (но пока еще не весь макронуклеус) становится «чистым». По окончании этого процесса природа макронуклеуса меняется. Он состоит из «чистых» субнуклеусов, несущих по одной «работающей» аллели каждого локуса, тогда как вторая не проявляется — она репрессирована (белые и черные кружки на рис. 3).

Дальше начинается второй этап дифференцировки. При бесполом размножении перед делением макронуклеуса происходит удвоение субнуклеусов, которые затем случайно распределяются между дочерними ядрами. При этом происходит выщепление 0,0113 части «чистых» макронуклеусов (т. е. несущих на нашей схеме только белые или черные кружки). Детальный математический анализ, выполненный Шенстед (в существо которого мы здесь входить не будем), показал, что для удовлетворения этих эмпирически устанавливаемых отношений необходимо, чтобы число субнуклеусов в начале процесса (до репликации) равнялось 45, после удвоения — 90. Таким образом, путь генетического анализа приводит нас к представлению о сложной полигеномной структуре макронуклеуса.

Важным аргументом, говорящим в пользу гипотезы субнуклеусов, служит также явление регенерации макронуклеуса, впервые доказанное американским генетиком-протистологом Т. Соннеборном. При конъюгации старый макронуклеус распадается на большое число фрагментов, которые в конечном счете резорбируются в цитоплазме, новое же вегетативное ядро возникает из продуктов деления синкариона. Экспериментально (действием повышенной температуры) зачаток нового макронуклеуса можно разрушить, не убивая инфузорию. В таких случаях новый макронуклеус эксконъюганта возникает путем регенерации одного из фрагментов старого вегетативного ядра. Это возможно лишь при том условии, если фрагменты содержат полноценные геномы, число которых умножается путем репликации.

Развитие полноценного макронуклеуса из небольшой его части может быть получено и при травматической регенерации после разрезания инфу-

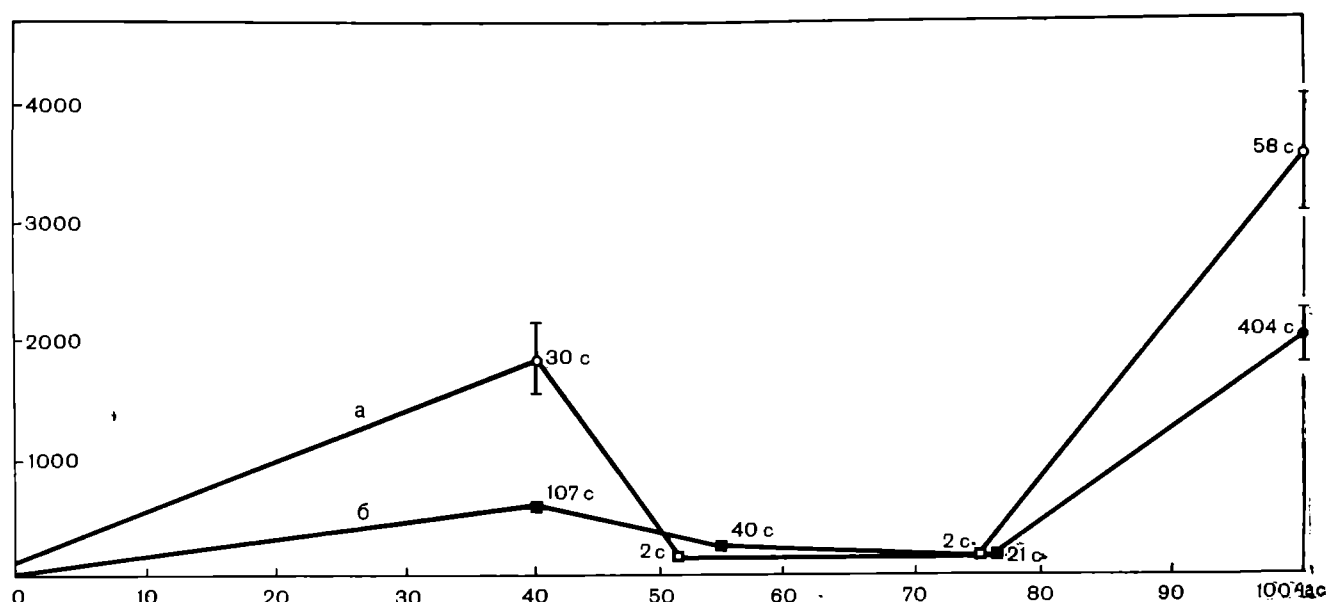
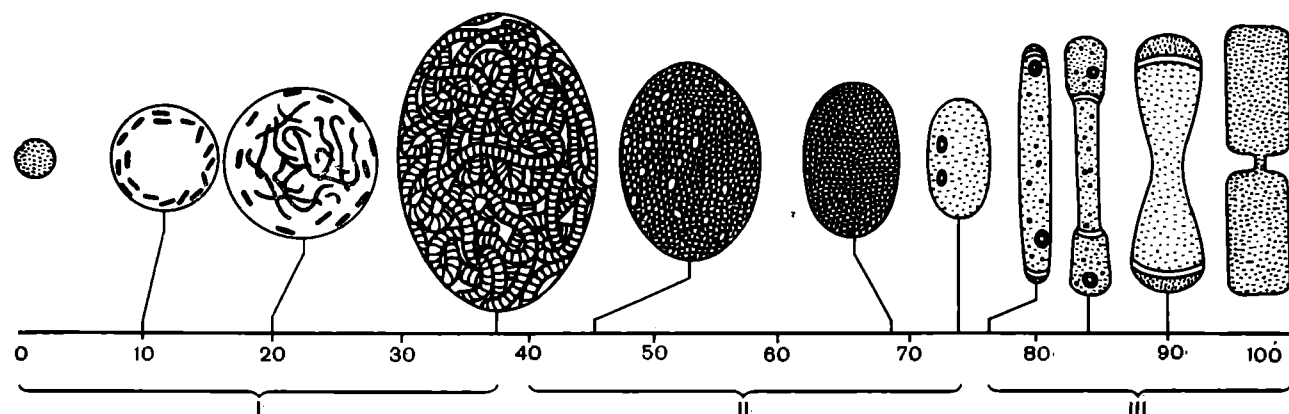


Рис. 4. Динамика развития макронуклеуса у инфузорий. Вверху — схема развития макронуклеуса брюхоноскопической инфузории *Stylonicchia mytilus*: I — первый этап полиплоидизации, на котором количество ДНК возрастает примерно в 30 раз; II — этап «обеднения» ДНК, на котором происходит потеря ДНК зачатками макронуклеуса; III — второй этап полиплоидизации, в макронуклеусе видны возникшие ядрышки, несущие РНК, что свидетельствует о начале транскрипции (по Д. Аммерману). Внизу — кривые динамики количества ДНК в развивающихся зачатках макронуклеусов *Stylonicchia* (б) и *Euplotes* (а). Количество ДНК в макронуклеусе в стадии G принимается равным 2с (диплоидному). По оси абсцисс — время в часах; по ординат — количество ДНК в условных единицах.

зории на части. Подобные опыты особенно демонстративны у инфузорий (например, *Stentor*), обладающих лентовидным или четковидным макронуклеусами, у которых вегетативное ядро восстанавливается из одного сегмента или даже его части. Имеется и еще ряд фактов, говорящих в пользу того, что в макронуклеусе отдельные хромосомы объединены в целые геномы в виде цепочек, соединенных концами и передающихся целыми комплексами при делении ядра. Это наблюдали И. Б. Райков у *Nassula*, Э. Рутман у *Loxophyllum*, Ж. Мора у *Colpidium*.

В нашей лаборатории у мелких равноресничных инфузорий из рода *Colpoda* М. А. Френкель обнаружила в

макронуклеусе отчетливо морфологически отграниченные скопления ДНК в небольшом количестве (перед делением инфузорий их 8). Важно, что количество ДНК в каждом таком агрегате соответствует количеству его в микронуклеусе. Таким образом, у этого вида диплоидные субнуклеусы отчетливо выявляются морфологически.

Изложенная выше и хорошо обоснованная гипотеза субнуклеусов за последнее время подвергалась, однако, критике, и были предложены иные схемы для объяснения расщепления при агамном размножении тетрахимен. Мы не будем вдаваться в детали этой частной проблемы, отметим лишь что и вновь пред-

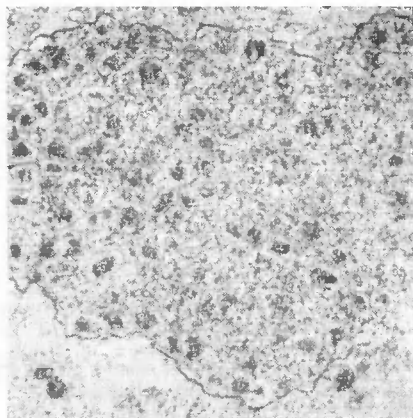


Рис. 5. Электронномикроскопические фотографии двух стадий развития макронуклеуса *Stylonichia* (увелич. ~ в 9 тыс. раз). Слева — политенные (гигантские) хромосомы; они состоят из отдельных дисков (отмечены стрелками). Справа — хромосомы распались на отдельные, не связанные между собою пузырьки; каждый из них соответствует одному диску (см. рис. 8).

лагаемые гипотезы исходят также из представления о полигенной природе макронуклеуса.

Одно из следствий рассмотренного выше своеобразного явления расщепления при агамном размножении — это повышение изменчивости в пределах агамно размножающихся популяций. Можно предполагать, что в процессе адаптации популяций к условиям среды это может иметь важное биологическое значение, давая материал для естественного отбора.

Генетическая структура макронуклеуса

За последние несколько лет вопрос о генетической структуре макронуклеуса подвергся цитологической и биохимической разработке на брюхо-ресничных инфузориях *Stylonichia* и *Euplotes*. Теория субнуклеусов к этим формам оказывается, по-видимому, неприложимой, и здесь имеет место совершенно своеобразная организация генетического аппарата макронуклеуса.

Большой интерес представляют исследования Д. Аммермана из ФРГ (1965—1973), детально изучившего с применением методов цитофотометрии и ауторадиографии развитие макронуклеусов из синкарiona как у *Euplotes*, так и у *Stylonichia* (рис. 4 сверху). В начале этого процесса в развивающихся зачатках макронуклеуса отчетливо выявляются гигантские (увеличивающиеся в размерах) политенные хромосомы. Определение количества ДНК методом фотометрии показывает, что при этом количество

ДНК возрастает — очевидно, происходит репликация ДНК. Однако вскоре этот процесс затухает и начинается обратное явление — утеря ДНК зачатками макронуклеусов (см. рис. 4). При этом у *Euplotes* количество ДНК, первоначально возросшее в 30 раз по отношению к диплоидному комплексу, спускается до диплоидного уровня. У *Stylonichia* падение количества ДНК менее резкое, но направленность процесса та же (рис. 4, внизу). Некоторое время (измеряемое часами) сохраняется низкий уровень содержания ДНК, после чего вновь возобновляется синтез (репликация) ДНК, достигающий в конце концов характерного для данного вида уровня. При втором «взрыве» синтеза хромосомы морфологически не обнаруживаются. В этот период в развивающемся макронуклеусе возникают несущие РНК ядрышки, что указывает на начавшийся процесс транскрипции (т. е. начало синтеза РНК). В конце первого периода репликации ДНК происходит полная дезинтеграция политенных хромосом. Аммерман наблюдал это на светооптическом уровне, а американский исследователь Г. Клотцель в 1970 г. — с помощью электронного микроскопа. Рис. 5 воспроизводит одну из электроннограмм Клотцеля по развитию макронуклеуса *Euplotes*. На ней видно, что хромосом уже не существует. Они распались на отдельные «сегменты», соответствующие дискам политенной хромосомы (о которых подробнее будет рассказано ниже). Напомним, что этот процесс сопровож-

дается общим обеднением зачатков макронуклеуса ДНК.

В макронуклеусе у инфузورий нет хромосом?

Как трактовать только что описанный процесс? Что это за смены периодов синтеза и распада ДНК? Какая ДНК распадается и какая синтезируется? Перед нами весьма парадоксальное явление — ядро (макронуклеус) эукариотного организма не имеет хромосомной организации. Базирываясь на данных световой и электронной микроскопии, Аммерман приписывает макронуклеусу хромомерное строение — хромомеры¹ присутствуют самостоятельно, не будучи объединены в хромосомы. А priori можно было бы допустить, что генный состав макронуклеуса не меняется, что при развитии макронуклеуса сначала происходит уменьшение количества копий, а затем в результате репликации число их вновь возрастает (процесс, который получил название амплификации генов).

Возможно и другое допущение, которое в силу данных, которые будут изложены далее, представляется более вероятным. При обеднении зачатка макронуклеуса хроматином, при разрушении хромосом теряется некоторая часть генома, происходит его

¹ Хромомеры — конечные, видимые под микроскопом структурные элементы (хроматинные частицы), имеющие определенную величину и определенное положение по длине хромосомы.

качественное обеднение. Сохраняются лишь те гены, которые необходимы для осуществления вегетативной функции макронуклеуса. Но эти гены многократно реплицируются, и таким образом возникает совершенно своеобразный вегетативный ядерный аппарат — макронуклеус, имеющий ограниченный срок существования и обладающий высокой синтетической активностью. Перед каждым делением инфузории в макронуклеусе происходит репликация ДНК, которая у брюхо-ресничных инфузорий протекает очень своеобразно. Зоны репликации возникают на дистальных концах лентовидного ядра с двух его противоположных полюсов, а затем движутся навстречу друг другу и соединяются на экваторе. На препаратах это выглядит таким образом, что через все ядро «пробегают» две реорганизационных полосы, имеющие форму пояса, причем те части ядра, через которые прошел пояс, обладают удвоенным количеством ДНК.

У изученных Аммерманом брюхо-ресничных инфузорий распределение при амитотическом делении макронуклеуса многократно умноженных (амплифицированных) хромомеров носит случайный характер. Почему же это не приводит к анеуплоидии (нарушению системы генов генотипа)? Очевидно потому, что копий очень много и каждое дочернее ядро получает некоторое количество всех хромомеров. Однако и при этих условиях анеуплоидия постепенно должна нарастать. Исходя из предполагаемого числа копий, Аммерман произвел примерный математический расчет (в существо которого мы здесь входить не будем), показавший, что случайного распределения должно «хватить» примерно на 400 агамных поколений, после которых наступает депрессия и гибель. Это согласуется с фактами: если примерно через 400 поколений у *Stylonichia* не произойдет конъюгации, инфузории впадают в состояние депрессии и гибнут.

Природа макронуклеуса стилонихий

Дальнейшее развитие проблема природы макронуклеуса стилонихий (и других брюхо-ресничных инфузо-

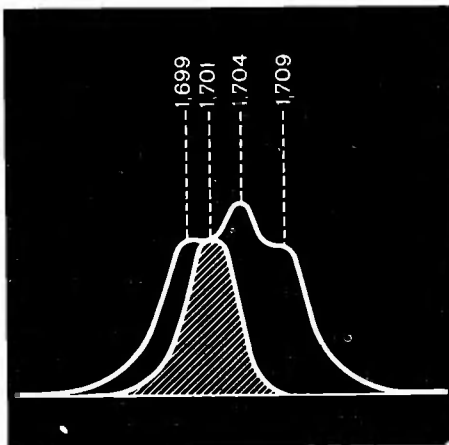


Рис. 6. Кривые, показывающие плавучую плотность в хлористом цезии (CsCl) ДНК микронуклеуса (не заштриховано) и макронуклеуса (заштриховано). Цифры указывают величину в г/см^3 , выражающую плотность.

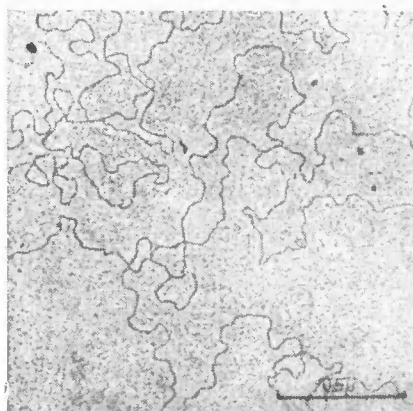
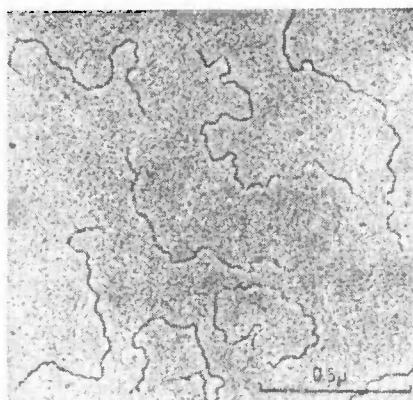


Рис. 7. Электронномикроскопические фотографии молекул ДНК: вверху — макронуклеуса, внизу — микронуклеуса. Хорошо видно, что молекулы ДНК макронуклеуса значительно короче молекул ДНК микронуклеуса.

рий) получила в работах американского биохимика и цитолога Д. Прескотта и его сотрудников (1970—1973). Эти авторы методами биохимического анализа показали, что между ДНК микронуклеусов и макронуклеусов существуют значительные различия. Укажем лишь важнейшие из них. Изучение такого важного показателя, характеризующего свойства ДНК, как плавучая плотность в хлористом цезии (CsCl) показало, что ДНК микронуклеуса образует четыре пика, тогда как ДНК макронуклеуса обнаруживает всего один пик в области $1,701 \text{ г/см}^3$ (рис. 6). Существенные различия между обеими ДНК обнаружены и по ряду других биохимических показателей, на которых мы не будем здесь останавливаться. Особенно интересен результат электронномикроскопического исследования макромолекул ДНК, полученных с применением особых методов распластывания в пленке и последующим напылением платиной. Оказалось (рис. 7), что молекулы ДНК в макронуклеусе значительно короче, чем ДНК микронуклеуса. Длина молекул макронуклеуса колебалась в пределах $0,2\text{--}2,2 \text{ мкм}$, тогда как самые короткие молекулы ДНК микронуклеуса были 15 мкм (более длинные молекулы не удавалось измерить). Как указывает Прескотт, размеры молекул ДНК макронуклеуса достаточны для кодирования белковой молекулы. Это дает ему основание рассматривать эти молекулы как отдельные гены. В своей последней статье, обобщая все полученные данные, Прескотт с сотрудниками выдвигают интересную гипотезу молекулярной и генетической структуры макронуклеуса стилонихий. Эта гипотеза очень близка к взглядам Ф. Крика на строение хромосом¹. Сущность гипотезы наглядно иллюстрируется предложенной ими схемой, которую мы воспроизводим на рис. 8. Каждый диск политенной хромосомы, по Прескотту, соответствует одному гену (локусу). В процессе распада хромосом в конце первого периода синтеза ДНК отдельные диски (и соответственно гены) отделяются друг от друга и приобретают форму пузырь-

¹ Ф. Крик. Общая модель хромосом высоких организмов. «Природа», 1972, № 4.

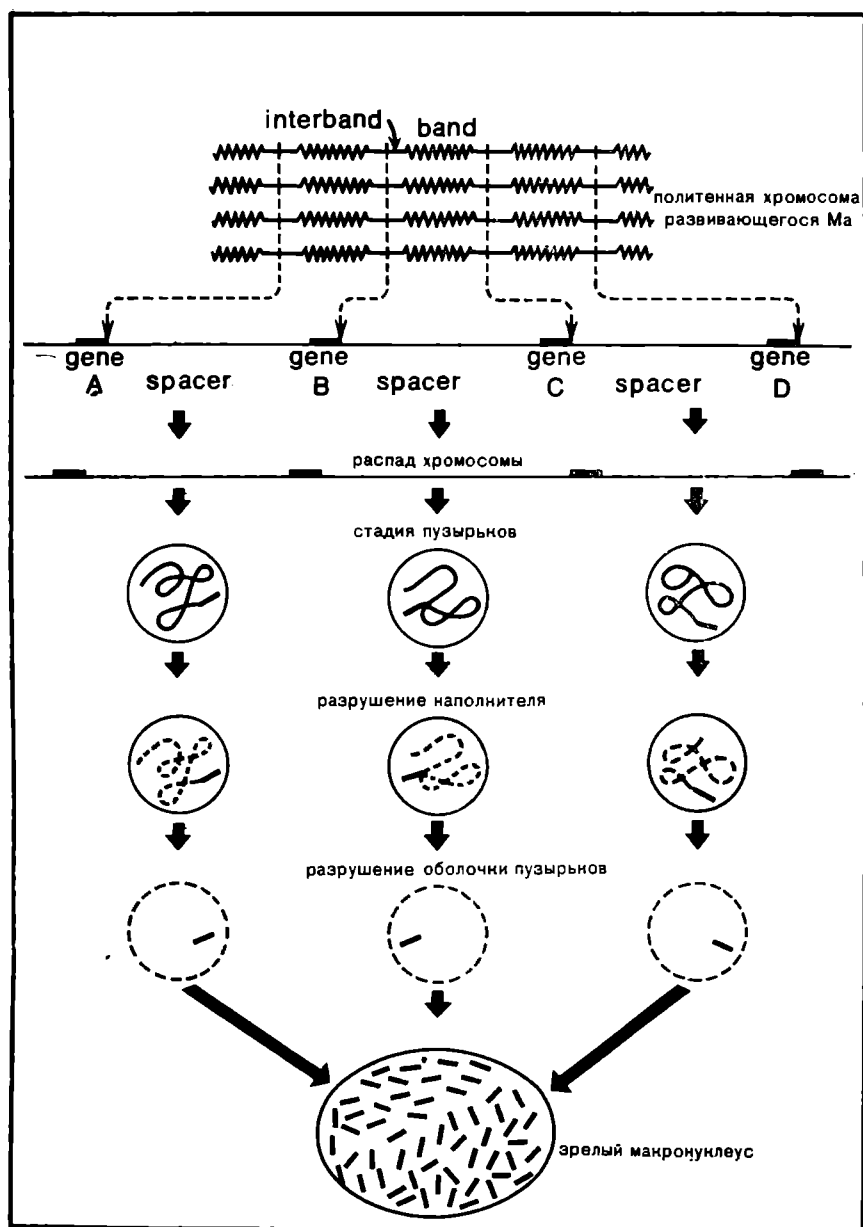


Рис. 8. Преобразование ДНК хромосом при развитии макронуклеуса стилонихий. Согласно схеме Д. Прескотта, каждый диск (band) политенной хромосомы соответствует межгенной ДНК, не несущей генетической функции; это — наполнитель (spacer). Гены локализуются в междисковых участках (interband). Каждый междисковый участок соответствует одному гену (gene). В процессе распада хромосом в конце первого периода синтеза ДНК отдельные диски и относящиеся к ним междисковые участки (т. е. гены) отделяются друг от друга и приобретают форму пузырьков (см. рис. 5). В дальнейшем наполнитель (не несущий генетической функции диск) разрушается. Исчезают и оболочки пузырьков, и локализованные в междисковых участках гены оказываются свободнолежащими в зрелом макронуклеусе, который таким образом становится «мешком с генами». (По Д. Прескотту, 1973, с добавлениями).

ков. Каждый диск включает в себя собственно ген и соединяющий его с соседним геном участок ДНК, не несущий генетической функции (Прескотт называет эту часть диска «наполнителем» — spacer). Обе эти части первоначально входят в состав пузырька. Затем начинается процесс обеднения зачатка макронуклеуса хроматином и растворение оболочек пузырьков (см. рис. 8) Прескотт предполагает, что утеря ДНК осуществляется за счет «наполнителя», который

распадается на отдельные нуклеотиды. В результате макронуклеусы остаются в «чистом виде», гены, которые по своей массе у стилонихий составляют около 7% ДНК политенных хромосом, локализуются в междисковых участках. К этому времени оболочка отдельных пузырьков окончательно исчезает и гены оказываются лежащими в общей оболочке макронуклеуса. Вслед за этим сразу же начинается процесс многократного удвоения (репликации) генов, который

и приводит к быстрому увеличению количества ДНК в макронуклеусе. Таким образом, в definitivoном сформировавшемся макронуклеусе каждый ген представлен весьма многочисленными копиями, число которых измеряется сотнями. При каждом последующем делении макронуклеуса (при бесполом размножении инфузорий) вновь происходит репликация ДНК (генов). Сопоставляя изложенную гипотезу Прескотта с представлениями Аммермана, можно сказать, что

хромомеры соответствуют отдельным генам.

Характеризуя структуру макронуклеуса стилиний, Прескотт пишет: «Эти результаты показывают, таким образом, что макронуклеус *Styloni- chia* есть мешок со свободно плавающими генами, в котором каждый ген представлен сотнями копий. Подобная ситуация весьма полезна для изучения структуры и функции гена, в особенности если бы отдельные гены удалось получить в чистом виде». Действительно, если предлагаемая Прескоттом схема верна, то изучение макронуклеусов — «мешков с генами» может представить выдающийся интерес, и прежде всего для молекулярной биологии.

Этапы эволюции генетического аппарата

В настоящее время, базируясь на известных, но далеко еще не достаточных фактах, можно построить гипотетическую картину эволюции ядерного и генетического аппарата инфузорий — обширной прогрессивной филогенетической ветви одноклеточных организмов, включающей свыше 6 тыс. видов¹. Первым этапом эволюции этих эукариот явилась дифференцировка диплоидных ядер на генеративные микронуклеусы и вегетативные макронуклеусы. Микронуклеус становится своеобразным «сейфом» для хранения наследственной информации. Его ДНК сохраняет функцию репликации (воспроизведение наследственного материала), но теряет функцию транскрипции (процесс синтеза РНК). Все (или почти все) гены этого ядра репрессируются. В противоположность этому диплоидные макронуклеусы осуществляют энергично транскрипцию, продуцируя большие количества РНК, но их ДНК полностью теряет способность к репликации. Этот этап эволюции в современной фауне представлен несколькими десятками видов низших равноресничных инфузорий.

Следующий важный прогрессивный этап эволюции, носящий ароморфный

характер, — это обогащение вегетативного ядра ДНК. Не исключено (как и предполагает И. Б. Райков), что этот процесс в филогении осуществился через слияние некоторого количества диплоидных макронуклеусов в ядерную структуру более высокого порядка. Одновременно произошло восстановление функции репликации ДНК макронуклеуса. На этих стадиях прогрессивного преобразования вегетативное ядро становится высоко полиплоидным (полигенным), включающим многочисленные субнуклеусы (или иные субъединицы), каждая из которых по своему генотипу равнозначна диплоидному микронуклеусу. На этом этапе находятся, по-видимому, многие современные виды инфузорий и в том числе излюбленные объекты генетических исследований — *Paramecium* и *Tetrahymena*. У немногих объектов (например, инфузорий *Colpoda*) субнуклеусы в макронуклеусе морфологически выявляются как скопления хроматина, однако в большинстве случаев морфологически их обнаружить не удастся.

На этом полиплоидном этапе эволюции ядерного аппарата инфузорий возникают рассмотренные выше качественно своеобразные генетические явления. Речь идет о процессе расщепления при бесполом размножении, которое приводит к наследуемому многообразию при неизменном генотипе. Для объяснения этих явлений выдвинута гипотеза межялленной репрессии (стойкое подавление фенотипического выражения некоторых аллельных генов — см. рис. 3), приводящее к образованию «чистых» субнуклеусов. Возможны, вероятно, и другие объяснения этого феномена, но важной биологической стороной его является возникновение наследуемого (а не модификационного) многообразия при бесполом размножении одноклеточных организмов, дающего, очевидно, материал для естественного отбора. Для инфузорий эта своеобразная форма «расщепления» без мейоза имеет, возможно, особенно большое значение, ибо половой процесс (конъюгация) происходит у них редко (через сотни бесполовых поколений) и поэтому явления менделевских расщеплений играет здесь меньшую роль, чем у многоклеточ-

ных организмов, размножающихся половым путем. В полиплоидных макронуклеусах перед делением ядра происходит процесс репликации субнуклеусов, который нередко приобретает характер эндомитоза, за которым следует расщепление между дочерними ядрами целостных геномов («сегрегация геномов»). Этот процесс наиболее отчетливо был описан И. Б. Райковым у инфузории *Nassula*.

Резюмируя все вышесказанное, можно прийти к выводу, что преобразования макронуклеуса в эволюции инфузорий носят в основном количественный характер. Происходит полиплоидизация ядра, увеличивается число идентичных субъединиц, каждая из которых несет весь генотип вида и по генному составу соответствует диплоидному микронуклеусу. Однако эволюция ядерного аппарата и соответственно генетических механизмов может приобретать и другой характер, как это явствует из исследований по ядру брюхоресничных инфузорий, основные результаты которых рассмотрены нами выше. Здесь происходят глубокие качественные изменения генетического аппарата макронуклеуса. Разрушаются не только субнуклеусы, но и хромосомы. Генетический аппарат приобретает совершенно особый характер свободно плавающих генов, представленных сотнями копий. Можно предположить, что подобная организация, активно работающая на транскрипцию, представляет физиологические преимущества, при этом в хромосомах микронуклеуса сохраняется полный аппарат наследственной информации, обеспечивающий преемственность поколений.

Таким образом, уже то, относительно немногое, что нам известно о генетическом аппарате инфузорий, показывает большое разнообразие путей эволюции генетического аппарата эукариот, находящихся на одноклеточном уровне организации. Можно утверждать, что дальнейшие сравнительные исследования в этом направлении на разнообразных объектах представят большой интерес не только для генетики и кариологии простейших, но и для общей генетики и молекулярной биологии.

¹ См. упомянутую выше статью И. Б. Райкова, а также его книгу «Кариология простейших». Л., «Наука», 1967.

Возможно ли движение назад во времени?

А. А. Гриб

Кандидат физико-математических наук



Андрей Анатольевич Гриб, ассистент кафедры теории ядра и элементарных частиц Ленинградского государственного университета. Занимается проблемами нарушения симметрии в квантовой теории поля и рождения частиц и античастиц в сильных электромагнитных и гравитационных полях.

Направленность времени

«Однако,— заметил Врач, пристально глядя на уголь в камине,— если время—действительно только четвертое измерение пространства, то отчего же время везде рассматривалось и рассматривается как нечто совершенно отличное от пространства? И отчего мы не можем двигаться во времени точно так же, как мы двигаемся по всем остальным измерениям пространства?»

Кто не помнит беседу о возможности путешествия во времени в начале известной повести Г. Уэллса «Машина времени»? Путешественник во времени излагает Врачу свою теорию, согласно которой время ничем не отличается от пространства, невозможность же путешествия в нем связана с тем, что все мы как бы «падаем» во времени под действием некоей силы, подобной силе притяжения. Поэтому, если бы удалось изобрести нечто вроде воздушного шара, чтобы противостоять этой «силе», можно было бы путешествовать во времени в разные стороны: вперед—назад (вправо—влево), как и в пространстве. Разумеется, эта беседа с Путешественником во времени относится к области фантастики. А возможно ли движение назад во времени пусть не нас самих, но хотя бы каких-то физических тел? Ведь в пространстве одинаково допустимо движение и вправо, и влево. Почему же во времени это невозможно?

Прежде всего отметим, что, говоря о необратимости времени, мы будем использовать данные наук, не занимающихся живыми объектами, и не будем говорить о биологическом времени и вообще о биологии.

Общепринятый образ времени в физике—так называемая вещественная прямая. Если точкам этой прямой, например 0, 1, 2, 3, поставить в соответствие некоторые события, скажем, точке 0—деревянный дом, точкам 1, 2—пожар, а точке 3—грудю пепла, то движению «назад» соответствует собирание пепла и дыма в деревянный дом. Таким образом, хотя принятый нами образ времени ничем не отличается от пространственной длины, так что, казалось бы, имеет смысл как движение вправо, так и влево, в действительности движение назад во времени приводит к очень странным следствиям. Тот факт, что время всегда «течет» в одну сторону, А. С. Эддингтон предложил назвать «стрелой времени». Короче говоря, движение «назад во времени» выводит нас из реального мира в какой-то другой, в котором будут происходить иные, чем в нашем, процессы. Естественно считать, что ответственность за «стрелу времени» несет не само время, а что-то другое, мешающее соответствующим событиям происходить в обратной последовательности. Более того, теория относительности, отбросив ньютоновское понятие об абсолютном времени, учит нас не отрывать время от материальных процессов, так что вместо традиционного образа «реки времени», несущей в себе множество существ и тел, бессильных сопротивляться потоку, скорее нужно представить, что сами материальные процессы определяют направление «течения». Вопрос о направленности времени в таком случае оказывается связанным с вопросом об обратимости процессов во времени.

В природе бывают как обратимые, так и необратимые процессы. При-

Рисунки выполнены доктором физико-математических наук И. В. Новожиловым по специальной просьбе редакции.

мер обратимого процесса — игра в мяч, когда два человека кидают мяч друг другу, так что мяч от человека А попадает к человеку В, а затем опять к А, т. е. возвращается в то же механическое состояние. Пример необратимого процесса — уже упоминавшийся выше пожар. Связывая направление времени с необратимыми процессами, мы приходим к следующим возможностям.

а). Существование во Вселенной пространственных областей с обратным ходом событий. Это означает



либо наличие материальных систем, не подчиняющихся второму началу термодинамики (с точки зрения нашего направления времени), либо существование антимиров. Первая возможность исключается современными экспериментальными данными астрономии. Что же касается второй возможности, то она заранее не отвергается. Однако из того, что существуют «антигалактики», в которых второе начало термодинамики не нарушается, еще не следует наличие обратного хода времени. Окончательно это можно утверждать лишь при установлении связи с сознательными существами, живущими и действующими в этом обратном направлении.

б). Существование временного интервала с обратным ходом событий. Иначе говоря, может ли, например, Вселенная преподнести нам сюрприз — изменить направление времени? В со-

временной космологии¹ иногда рассматривают так называемые пульсирующие модели Вселенной, в которых предполагается, что с некоторого момента расширение наблюдаемой Метагалактики сменяется сжатием и одновременно начинает убывать энтропия. Однако никаких доказательств в пользу такого поведения энтропии нет, так что упомянутые модели не выходят за рамки чисто умозрительных рассуждений.

в). Существование совместно двух процессов разных направлений. Эта возможность может реализоваться в мире элементарных частиц.

Наконец, отдельно следует отметить вопрос о возможности получить информацию из будущего. Следует подчеркнуть, что распространение сигнала из будущего можно рассматривать и при обычном направлении времени, поменяв местами поглощение и излучение. Это не относится к приему информации, основанному, например, на наблюдении периодически повторяющегося излучения квантов. Замена поглощения, с точки зрения одного направления времени, излучением, с точки зрения другого направления, не влияет на сам факт повторения импульсов.

Если отбросить все перечисленные возможности как фантастические, то мы, естественно, должны заняться вопросом о причине необратимости процессов во времени.

В чем же причина этой необратимости? В пространстве возможно движение как вправо, так и влево, и если почему-либо движение в какую-то сторону (например, влево) невозможно, то мы сразу ищем причину этой асимметрии в виде стенки или поршня, который гонит воду вправо, мешая ее движению влево, и т. п. Есть ли такая же «сила» во времени? В современной физике, однако, мы знаем примеры появления пространственной асимметрии и без внешней причины в виде некой силы. Это, например, — несохранение четности в слабых взаимодействиях, когда элементарные частицы летят в основном в одну сторону. Так, нейтрино летит лишь в на-

правлении, противоположном его спину (спин — некоторая внутренняя характеристика частицы, связанная с собственным моментом количества движения). Этот пример показывает, что и в изотропном пространстве возникновение асимметрии физических процессов не требует внешней причины. Так же как и в случае обращения времени — замены t на $(-t)$, — замена правого на левое переводит физическое нейтрино в некоторую новую частицу, называемую антинейтрино и тем самым выводит из реального мира в некоторый уже не существующий, зеркальный. Эта, возможно не самая простая, иллюстрация асимметрии в пространстве приводится нами для того, чтобы пояснить утверждение, что необратимость времени мыслится в современной физике не как следствие некой внешней причины в виде «силы» (как считал уэллсовский Путешественник во времени), а как свойство самих процессов во времени.

Теперь перейдем к конкретному обсуждению вопроса о необратимости времени.

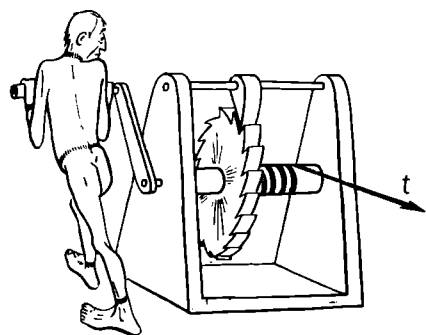
Необратимость времени в классической физике

Говоря о классической физике, мы будем иметь в виду ньютоновскую механику, статистическую физику, термодинамику и электродинамику. Уже из самого вида уравнений ньютоновской механики для замкнутой системы тел ясно, что механические процессы обратимы во времени. Действительно, второй закон Ньютона для одного тела имеет вид:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F},$$

где $\vec{F}$ — сила, не зависящая от времени, m — масса тела, $\vec{r}$ и t характеризуют положение тела соответственно в пространстве и времени. Замена t на $(-t)$ ничего не меняет в этом уравнении, и поэтому обратный процесс точно так же имеет физический смысл, как и прямой. В самом деле, если снять на киноплёнку некоторый механический процесс, например движение поезда, вращение одного тела вокруг другого и т. п., то, прокручи-

¹ T. Gold. La structure et l'Evolution de l'Univers. Proceedings of the 11th Solvay Congress. Brussels, 1958, p. 81.



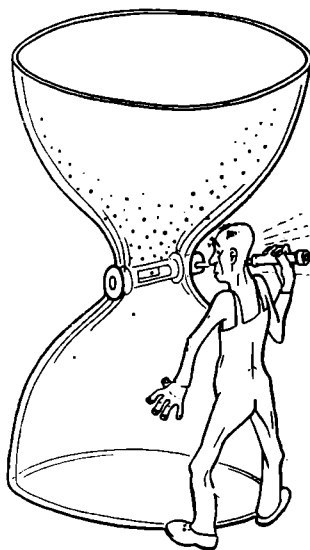
вая киноленту в обратную сторону, мы не обнаружим ничего нефизического.

Но рассмотрим подробнее движение какой-нибудь реальной механической системы. Например, пусть по земле катится мяч. Через некоторое время первоначально двигавшийся мяч остановится. Сила, вызывающая остановку, есть трение. Снимем это движение на киноленту и прокрутим ее в обратную сторону. Мы будем наблюдать очень странную картину: безо всякой видимой причины мяч начнет двигаться по земле, достигнет руки человека и внезапно остановится. Итак, причина необратимости движения механической системы — трение. Однако описание трения требует уже привлечения новой науки — термодинамики, поскольку в процессе трения выделяется тепло.

Таким образом, в поисках причины необратимости мы должны от классической механики перейти к термодинамике. Одним из основных принципов этой науки является так называемое второе начало термодинамики. В формулировке Р. Клаузиуса второе начало утверждает, что теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более теплому. Поэтому, если мы рассмотрим какой-либо процесс с выделением теплоты, то обратный процесс, при котором тепло переходит от более холодного к более теплому телу без совершения работы, уже будет противоречить второму началу. С другой стороны, что такое теплота, как не характеристика движения атомов и молекул, составляющих макротело? Если

же движение каждой такой частицы описывать классической механикой, уравнения которой обратимы во времени, то совершенно непонятно, откуда берется необратимость.

В самом деле, возьмем сосуд, разделенный стенкой на две части. В одну половину пусть будет налита чистая вода, а в другую — раствор медного купороса. Уберем стенку. Через некоторое время вся жидкость окрасится в синий цвет. Обратного же процесса, когда частицы медного купороса все соберутся в одну половину сосуда, мы так и не увидим. Но если бы мы попытались рассмотреть этот процесс в какой-либо микроскоп, позволяющий следить за одной молекулой, то мы не увидели бы ничего, кроме беспорядочного движения множества частиц, причем движение каждой частицы было бы обратимым



(что можно проверить с помощью все той же кинолентки). Таким образом, получается странная ситуация: снимая на кинолентку движение каждой отдельной частицы и прокручивая фильм обратно, мы ничего абсурдного не получаем; рассматривая же движение всех молекул вместе, приходим к противоречащей опыту картине медного купороса, собирающегося в одной половине сосуда.

Разрешение возникающего парадокса дает статистическая механика. Согласно ей, обратное движение всех молекул вместе возможно, но маловероятно. Тем самым статистическая механика вводит в физику новое понятие — вероятность. В этой науке впервые появляются уравнения, описывающие изменения во времени не самого состояния системы, но вероятности состояния. И вот здесь-то и появляется необратимость. Отсюда и возникла возможность связать стрелу времени со статистическими (вероятностными) свойствами необратимых процессов. Эта точка зрения, восходящая к Л. Больцману, в наше время развивалась Г. Рейхенбахом, А. Грюнбаумом и др.

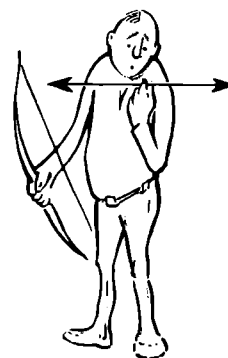
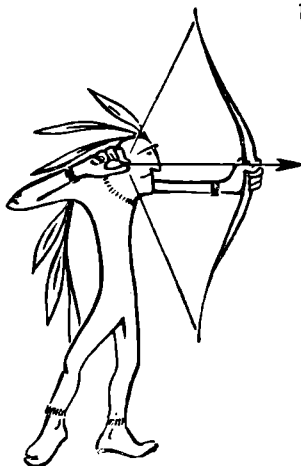
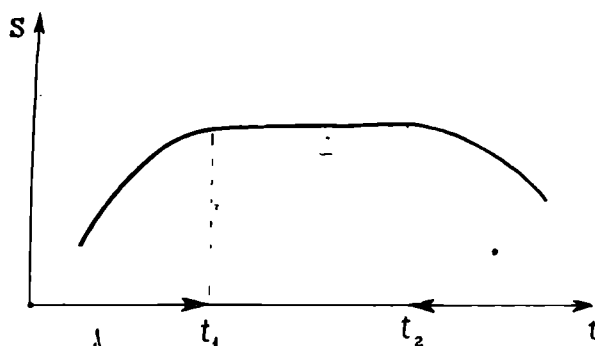
Основной характеристикой состояния системы является так называемая энтропия S . Согласно Больцману, $S = k \ln W$, где W — вероятность состояния, k — постоянная Больцмана. Второе начало термодинамики утверждает, что энтропия замкнутых систем не убывает, т. е. она либо возрастает, либо остается той же. Если убрать стенку, то наиболее вероятным состоянием большого числа молекул воды и медного купороса в сосуде будет состояние с равномерным распределением молекул того и другого сорта по всему объему. Обратный процесс соответствовал бы возникновению менее вероятного упорядоченного состояния, при котором бы энтропия уменьшалась. Кажется, можно связать направление возрастания энтропии с изменением времени от прошлого к будущему, что соответствует переходу от менее вероятного процесса к более вероятному. Здесь нужно соблюдать осторожность, поскольку, как впервые заметил Й. Лошмидт, энтропия, если рассматривать поведение во времени изолированной системы, увеличивается как при возрастании времени, так и при его убывании. Можно сказать, что возрастание энтропии еще не дает направления времени, поскольку возникающая ситуация аналогична положению путника, попавшего на плато, изрезанное узкими каньонами. Если путник находится на дне такого каньона, то, в какую бы сторону он ни шел, ему все равно придется идти вверх.

Важно отметить, что свойство неубывания энтропии есть некоторое статистическое свойство (оно соблюдается в среднем; в отдельные моменты времени энтропия может и убывать, но эти флуктуации случаются редко). Тем не менее все же есть возможность связать направление времени со статистическими свойствами. Для этого нужно рассматривать, следуя Э. Шредингеру и Г. Рейхенбаху, не изолированную, а так называемую ответвлившуюся систему. Предположим, что имеется некоторая изолированная система, содержащая подсистему. Поведение всей системы описывается в соответствии с законом неубывания энтропии, но для подсистемы этот закон не обязан выполняться, так что она может находиться в некотором упорядоченном состоянии. Затем подсистема перестает взаимодействовать с другими частями системы, становясь изолированной. Ее энтропия возрастает во времени, поскольку эволюция происходит от маловероятного начального к более вероятному конечному состоянию.

Простейший пример такой ситуации — бросание камня в воду. Камень и вода составляют некоторую общую систему, но затем от этой системы ответвляется лишь вода, и, изучая движение волн, мы строим теорию, в которой начальное маловероятное состояние воды создано внешней по отношению к ней причиной. Эти внешние по отношению к изучаемым системам причины и порождают начальные условия соответствующей задачи. Но система остается изолированной некоторое конечное время. Потом она опять взаимодействует с остальным миром, и ее энтропия может убывать. Поэтому Больцман считал важным определить полную энтропию наблюдаемой Вселенной, предполагая, что она не высока. Согласно Больцману, это значение энтропии есть следствие того, что наша Вселенная пришла к упорядоченному состоянию в результате гигантской флуктуации. Подсистемы ее также упорядочены, что дает возможность определить единое направление времени для всех процессов во Вселенной. Однако потом, после эры равновесия, возможен спад кривой, и тогда воз-

никнет период с обратным направлением времени (время всегда направлено в сторону возрастания энтропии).

Кроме того, Больцман предполагал существование участков Вселенной, в которых время направлено в сторону, противоположную нашей. При этом допускается, что Вселенная в целом находится в состоянии теплового равновесия. Однако эта гипотеза Больцмана о существовании пространственно разделенных миров с противоположными направлениями времени (т. е. с противоположным характером изменения энтропии) не подтверждается никакими астрономическими наблюдениями. Тем не менее основу статистического объяснения направления времени по-прежнему составляет идея о том, что окончательное истолкование необратимости следует искать в масштабах всего космоса. Источник необратимости нельзя найти в элементарных законах.



Математически необратимость выражается в том, что данное состояние Вселенной задано как крайне маловероятное (тем самым и весьма далекое от теплового равновесия).

Поиски источника необратимости, естественно, ведут нас в область космологии, согласно которой наша Вселенная представляет собой большой взрыв, причем галактики играют роль ракет в фейерверке.

В заключение этого раздела отметим, что необратимость времени ведет к явной асимметрии между предсказанием будущего и восстановлением прошлого. Действительно, предположим, что на дне ямы лежит камень. Зная начальные условия, мы можем предсказать будущее поведение камня, но о прошлом этого камня, например о том, с какой стороны он свалился и с какой скоростью, мы сказать не можем. Эта неэквивалентность проявляется и в теории вероятности, в так называемой форму-

ле Байеса, показывающей, что восстановление прошлого, в отличие от предсказания будущего, требует уже некоторого добавочного знания о прошлом.

Если бы Путешественник попробовал отправиться назад во времени, то, согласно статистической механике, он попал бы в парадоксальную Вселенную К. Фламариона и А. Пуанкаре. Всякое предсказание в такой Вселенной невозможно, поскольку уже упоминавшийся камень стал бы под действием трения двигаться в заранее неизвестном направлении. Тела одинаковой температуры стали бы одно нагреваться, другое охлаждаться, причем опять-таки заранее нельзя сказать, какое из этих тел охладится, и т. п.

В конце кратко рассмотрим электродинамику. Уравнения Максвелла, как нетрудно убедиться, не меняются при замене t на $(-t)$ и обратимы во времени. Они имеют два типа решений: одни соответствуют сигналам, распространяющимся вперед во времени (запаздывающие потенциалы), другие — распространяющимся назад во времени (опережающие потенциалы). Тем самым электродинамика «не чувствует» направления времени: его можно определить относительно некоторых необратимых процессов, выделяющих такое направление вследствие уже упоминавшихся выше особенностей термодинамики и статистической механики. Отбрасывание опережающих потенциалов осуществляется с помощью выбора начальных условий для уравнений Максвелла (из математики известно, что для нахождения определенного решения недостаточно одних уравнений, нужны еще и начальные условия). Однако необратимость вводится в электродинамику чистым декретированием: никакого обоснования этому акту не дается, кроме ссылки на необратимость времени.

Недавно появились попытки обосновать отбрасывание опережающих потенциалов, исходя из теории квантованных полей. Согласно этой теории, электромагнитное поле можно описать, основываясь на представлении о частицах — фотонах. Для фотонов же справедлива статистическая механика (здесь уже требуется кван-

товая статистическая механика). На языке фотонов мы опять можем связать необратимость с возрастанием энтропии. Переходя затем от фотонов к классическому электромагнитному полю, можно убедиться, что закон неубывания энтропии приводит к отбрасыванию опережающих потенциалов. Однако полностью эта программа обоснования выбора начальных условий в уравнениях Максвелла еще не проведена. Наконец, имеются попытки связать отбрасывание опережающих потенциалов с общей теорией относительности.

Необратимость времени в теории относительности

Специальная теория относительности в своем утверждении, что мир, в котором мы живем, есть мир не в трехмерном пространстве и времени отдельно, а мир в некотором едином четырехмерном пространстве-времени, как будто бы вполне соответствует взглядам уэллсовского Путешественника. Действительно, четырехмерность пространства-времени означает, что интервалы по всем четырем измерениям можно определять в одних и тех же единицах. Существует некоторая универсальная константа, позволяющая связывать метры и секунды. Она не зависит от какого-либо физического процесса. По своей величине эта константа совпадает со скоростью света в пустоте, скоростью нейтрино и вообще со скоростью любой частицы с нулевой массой покоя. Другое важное следствие теории относительности — отсутствие единого абсолютного времени для всех систем отсчета. Время теперь есть уже характеристика не только (и не столько!) самого физического процесса, но отношения этого процесса к некоторой системе тел и часов, называемой системой отсчета. Поэтому относительно разных систем отсчета время течет по-разному. Отсюда возникает известный «парадокс близнецов»¹, который прямо

описывает возможное путешествие в будущее (совсем в смысле Уэллса). Машина времени в данном случае есть просто релятивистская ракета. Возвращаясь на Землю, космонавт, двигавшийся со скоростью, близкой к скорости света (сначала в одну сторону, потом в обратную), обнаружит, что, хотя для него прошло несколько часов, на Земле прошла тысяча лет. Однако специальная теория относительности ничего не говорит о возможности движения назад во времени. Поэтому Путешественник сможет попасть в будущее, но вернуться назад ему уже не удастся. Помешает не специальная теория относительности, поскольку уравнения релятивистской механики так же обратимы, как и уравнения классической механики, но все та же термодинамика.

Новые черты в проблему необратимости времени вносит общая теория относительности (теория гравитации). Согласно этой теории, квадрат интервала в четырехмерном пространстве-времени определяется формулой:

$$dS^2 = g_{\mu\nu}(x) dx^\mu dx^\nu,$$

где $\mu, \nu = 0, 1, 2, 3$, а $g_{\mu\nu}$ — некоторые функции координат и времени, для нахождения которых нужно решать уравнение Эйнштейна. Эти функции могут меняться при замене $x^0 = ct$ на $(-x^0)$, т. е. свойства пространства-времени меняются при обращении времени. Интересно отметить, что именно такие решения и соответствуют реально наблюдаемой в астрономии расширяющейся Вселенной. Расширяющаяся Вселенная может быть описана известным решением А. А. Фридмана. Замена t на $(-t)$ приводит в этом случае к замене расширения сжатием. А. С. Эддингтон, Ф. Хойл и ряд других авторов

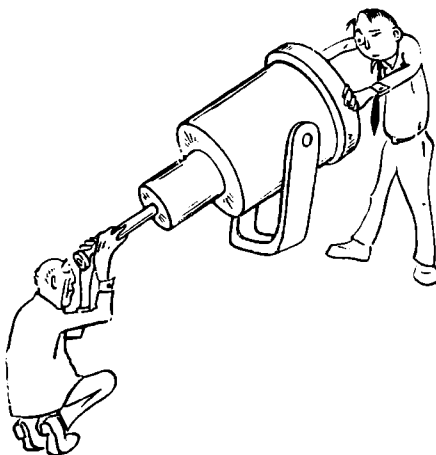
зад (при этом ракета подвергается ускорению!) и, прилетев обратно на Землю, обнаруживает, что, хотя он еще молодой человек, его брат уже дедушка (для них прошло разное время). Возникающий парадокс (поскольку, согласно теории относительности, равномерно движущиеся инерциальные системы отсчета эквивалентны, кажется, что нельзя сказать, какой из братьев будет старше) разрешается тем обстоятельством, что один из братьев подвергался ускорению и поэтому их системы отсчета уже неэквивалентны.

¹ Один из двух братьев близнецов отправляется в космос на ракете, движущейся со скоростью, близкой к скорости света. Достигнув некоторой планеты, космонавт поворачивает на-

высказали мысль, что именно расширение Вселенной и ответственно за стрелу времени. Однако следует отметить, что направление времени характеризует не только глобальное расширение Вселенной, но и все локальные процессы, связь которых с разбеганием галактик (или с расширением пространства, характеризующимся чрезвычайно малым параметром, проявляющимся лишь для космических расстояний) во многих случаях не прослеживается. Тем не менее расширение Вселенной как будто дает нам первый пример фундаментального необратимого процесса, не обусловленного статистическими соображениями. «Как будто» употреблено нами в связи с тем, что уравнения Эйнштейна имеют несколько фридмановских решений, совместных с расширением Вселенной на некотором интервале времени. В частности, кроме решения с «началом» и бесконечным расширением во времени («открытая модель»), есть решение, описывающее Вселенную с началом и концом времени. В этой модели с некоторого момента времени расширение заменяется сжатием («закрытая модель»). Необратимость времени в ней (и в связанной с ней теории пульсирующей Вселенной) уже не столь ясна. Пока еще нельзя сказать, какая из этих моделей лучше описывает действительность.

Наконец, для иллюстрации уэллсовской машины времени отметим модели с замкнутым временем, рассматривающиеся в общей теории относительности. Примером может служить модель вращающейся Вселенной К. Гёделя. Машина времени в такой Вселенной — релятивистская ракета. Космонавт, возвращающийся на Землю в будущем, в случае замкнутого времени может оказаться в точке, расположенной в прошлом по сравнению с моментом отлета. Однако наблюдаемая нами часть Вселенной не соответствует гёделевской модели, так что ее рассмотрение представляет пока чисто теоретический интерес.

Итак, теория относительности не дает нам окончательного решения проблемы стрелы времени. Может быть, ответ нужно искать не в мега-, а в микромире? Что говорит о необратимости квантовая теория?



Необратимость времени в квантовой теории

Квантовая теория вносит ряд новых черт в проблему необратимости времени.

Уравнение Шредингера в квантовой механике обратимо во времени, так же как и уравнения классической механики. При обращении времени в уравнении Шредингера, имеющем вид

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = H\psi,$$

(где H — энергия), осуществляются замена t на $(-t)$ и операция комплексного сопряжения. Однако, кроме уравнения Шредингера, существенной частью квантовой механики является теория измерения. Согласно этой теории, при измерении ψ -функция претерпевает изменение, не описываемое каким-либо уравнением, превращаясь в так называемую статистическую смесь. Это означает, что исходная ψ -функция с разными вероятностями становится какой-либо из собственных функций оператора, сопоставляемого измеряемой физической величине. Анализ проблемы измерения в квантовой механике, проделанный Дж. фон Нейманом, показал, что именно это изменение (редукция волнового пакета) приводит к возникновению закона необувания величины,

играющей в квантовой теории роль энтропии. Эта величина возрастает в случаях, когда производится измерение так называемых некоммутирующих (одновременно не измеримых) величин типа координаты и импульса и т. п. Процесс, описываемый совместно уравнением Шредингера и редукцией волнового пакета, оказывается необратимым. Таким образом, именно та черта, которая делает квантовую механику столь непохожей на классическую физику — существование некоммутирующих величин и соотношений неопределенностей Гейзенберга, — оказывается ответственной за появление необратимости.

Здесь, однако, надо сделать одну важную оговорку. Дело в том, что если бы наблюдатель мог производить измерения назад во времени, то соответствующая энтропия также возрастала бы. Источник необратимости лежит в неспособности наблюдателя производить свои измерения в обратном порядке времени. Если считать эту квантовомеханическую необратимость причиной необратимости всех процессов в природе, то тогда естественно предположить, что причина направленности времени находится вне физики¹. Такая точка зрения тоже возможна. До 1964 г. квантовая теория поля (физика элементарных частиц) фактически не внесла ничего нового в проблему необратимости времени. В 1964 г. на Международной конференции по физике элементарных частиц в Дубне было сделано сенсационное сообщение об обнаружении аномального распада K_2^0 -мезона на два π -мезона². Существование этого распада, по-видимому (если верна так называемая CPT-инвариантность³), означает, что мы столкнулись с примером элементарного необратимого процесса. Уже само уравнение Шредингера оказывается в этом случае необратимым во времени (математически это проявляется в том, что не существует оператора T , обладающего свойством $THT^{-1} = H^*$).

¹ M. S. Wafarabe. Le Concept de Temps en Physique Moderne et la Durée Pure de Bergson. Rev. de Metaphysique et de Morale, v. LVI, 1951, p. 134.

² Г. Л. В ар д е н г а, Э. О. О к о н о в. Слабые взаимодействия сокрушают симметрии. «Природа», 1970, № 9.

³ См. подробнее там же.

Обратимость во времени оказывается возможной, лишь если при замене t на $(-t)$ еще и в пространстве заменить правое на левое, а частицу на античастицу. Последнее означает, что, хотя в выражении для квадрата интервала в теории относительности $S^2 = c^2 t^2 - r^2$ можно по отдельности заменять $\vec{r}$ на $(-\vec{r})$ и t на $(-t)$, в действительности возможна какая-то новая связь между пространством и временем, так что при изменении направления времени нужно поменять местами правое с левым. Проявлением необратимости процессов распада будет нарушение так называемого принципа детального равновесия, т. е. вероятность прямого процесса окажется неравной вероятности обратного (полная необратимость означала бы отсутствие обратного процесса). Однако, кроме как в распадах К-мезонов, во всех остальных процессах в физике элементарных частиц никаких аномалий в смысле возможной необратимости уравнений не наблюдается. Трудно понять, какую роль может играть эта необратимость в общем вопросе о направлении времени.

В заключение обсудим теоретическую возможность движения элементарных частиц назад во времени. Как известно, одним из первых успехов теории элементарных частиц, соединяющей в себе принципы квантовой механики и теории относительности, было предсказание П. Дираком существования античастиц. Античастицы, согласно Дираку, являются дырками в фоне состояний частиц с отрицательной энергией. Р. Фейнман и Е. Штюкельберг предложили другую интерпретацию античастиц. Согласно этой интерпретации, античастицу можно истолковать как частицу, движущуюся назад во времени. Так, позитрон — это электрон, движущийся в прошлое, антипротон — протон, совершивший такой же поворот назад, и т. п. Процесс аннигиляции пары можно изобразить с помощью фейнмановской диаграммы (рис. 1). Такая интерпретация античастицы обычно рассматривается как чисто формальная, тем не менее она логически не противоречива, поэтому ее вполне можно принять всерьез и физически.

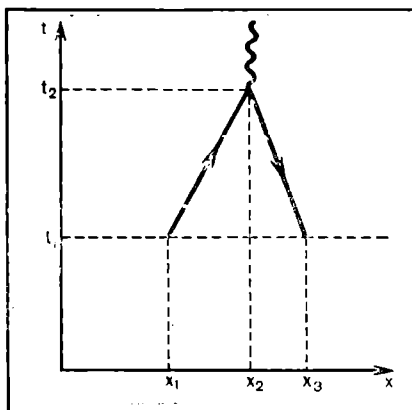


Рис. 1. Диаграмма Р. Фейнмана, иллюстрирующая процесс аннигиляции пары электрон-позитрон. Сплошная линия соответствует движению электрона от точки x_1 к x_2 — вперед во времени, а от x_2 к x_3 — назад во времени. Последнее соответствует движению позитрона вперед во времени. Волнистая линия изображает γ -квант.

При этой интерпретации возникает ряд необычных свойств времени. Например, можно различать индивидуальное время электрона (на рис. 1 оно равно $2(t_2 - t_1)$ при движении от x_1 к x_3) и общее время ($t_{x_1} - t_{x_3} = t_1 - t_1 = 0$). Наконец, в один и тот же момент времени одна и та же частица (электрон) может находиться в точках x_1 и x_3 . Основываясь на фейнмановской интерпретации, Рейхенбах высказал мнение, что время в микромире не упорядочено и его направленность есть статистическое свойство, справедливое лишь в макромире. Однако подобное утверждение представляется нам слишком сильным. Античастицу вполне можно считать движущейся обычным образом во времени, отождествляя ее уже с другой частицей, отличающейся от исходной зарядом или каким-либо другим квантовым числом. Фейнмановская интерпретация — лишь одна из возможных.

Наконец, отметим допустимость разного упорядочения событий во времени на малых расстояниях. Согласно теории относительности, два события А и В, отделенные пространственно-подобным интервалом, с точки зрения двух наблюдателей могут быть по-разному упорядочены во

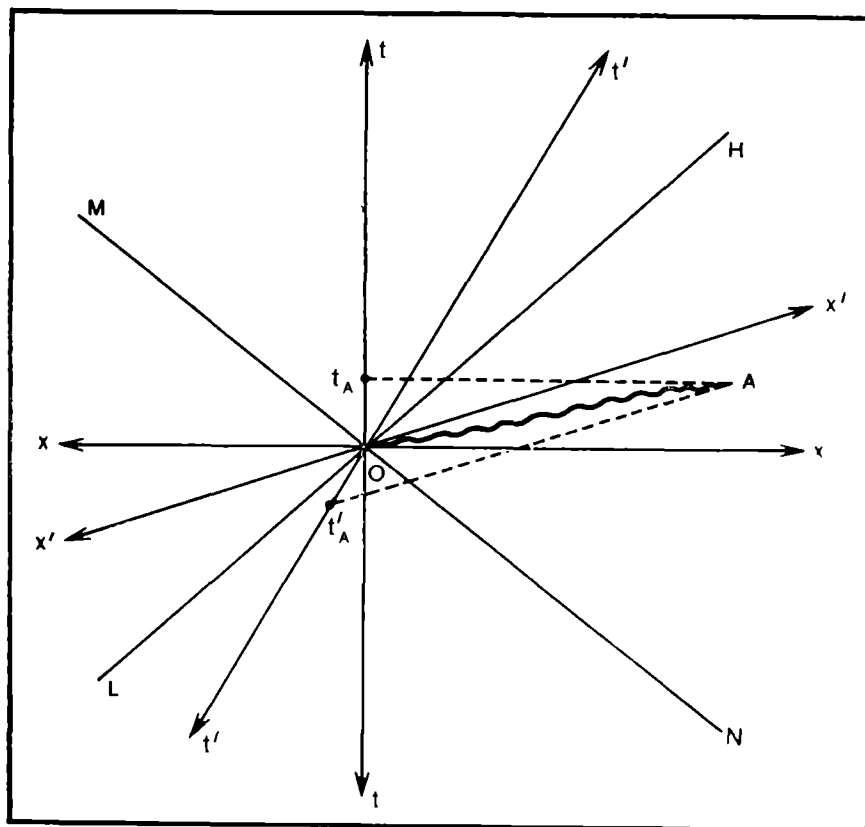
времени. Так, если для одного наблюдателя событие А раньше В, то с точки зрения другого наблюдателя, движущегося относительно первого с некоторой скоростью, событие В раньше А. В макрофизике это не приводит к каким-либо нарушениям причинности, так как скорость сигнала, связывающего А и В, должна быть больше скорости света. Однако в микрофизике соотношение неопределенностей Гейзенберга $\Delta x \Delta p \geq \hbar / 2$ приводит к следующему: на малых расстояниях большая неопределенность в импульсе ведет к тому, что возможны так называемые виртуальные процессы, когда некоторая частица из точки А переходит в точку В. При этом квадрат четырехмерного интервала $(\vec{x}_A - \vec{x}_B)^2 - (\vec{x}_A^0 - \vec{x}_B^0)^2$ не больше величины $(\hbar / mc)^2$. Если m — масса протона, то $\hbar / mc \approx 2 \cdot 10^{-14}$ см. На столь малых расстояниях возможны, например, следующие процессы: в точке А происходит распад $p \rightarrow p + \pi^-$, затем в точке В происходит поглощение π^- -мезона протоном $p + \pi^- \rightarrow p$. Для второго наблюдателя событие А соответствует более позднему событию, чем событие В. При этом противоречия не возникает, лишь если поглощение и испускание поменяются местами. Для второго наблюдателя будет происходить следующее: протон в точке В испускает π^+ -мезон, превращаясь в нейтрон, этот π^+ -мезон поглощается нейтроном в точке А, превращаясь в протон. Важно отметить, что для разных наблюдателей виртуальный π -мезон представляет частицу разного знака заряда: частицу для одного наблюдателя и античастицу для другого.

Еще один пример движения назад во времени, обсуждающийся в литературе, — возможное существование частиц, движущихся быстрее скорости света, так называемых тахионов². Теория относительности предсказывает для этих частиц отрицательное значение квадрата массы. Изобразим на диаграмме Минковского (рис. 2)

¹ Для виртуальной частицы не выполнена обычная связь между энергией и импульсом.

² Дж. Фейнберг. Частицы, которые движутся быстрее света. «Природа», 1971, № 1.

Рис. 2. Диаграмма Минковского, иллюстрирующая передачу информации с помощью тахионов. Сигнал передается из O в A с точки зрения системы координат xt и из A в O с точки зрения системы координат $x't'$. Система xt неподвижна, система $x't'$ движется относительно xt с некоторой скоростью $v < c$. LK и MN — линии светового конуса. Волнистая линия изображает распространение тахиона. Точке O соответствует момент времени $t_0 = t'_0 = 0$.



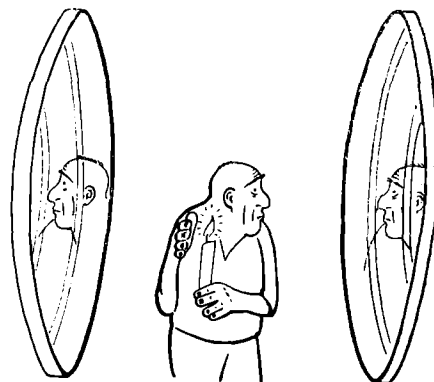
ситуацию, соответствующую сигналу, передаваемому с помощью тахионов. В некоторой системе координат S с координатными осями x, t сигнал распространяется из точки O в точку A со скоростью $c < v < \infty$. Другая система координат соответствует наклонным осям x', t' . Линии LK и MN — линии светового конуса (линии распространения света). Тогда временной порядок событий O и A в разных системах координат оказывается разным. Время t' для точки A находится проведением пунктирной линии, параллельной x' ; t'_A оказывается раньше, чем t'_0 . Но t_A позже, чем t_0 . Скорость тахиона в системе S' будет определяться соотношением $-\infty < v < -c$. Имея источник тахионов, можно передавать сигналы как в будущее, так и в прошлое, что равнозначно созданию антiteleфона. Однако имеющиеся эксперименты ничего не говорят в пользу существования тахионов.

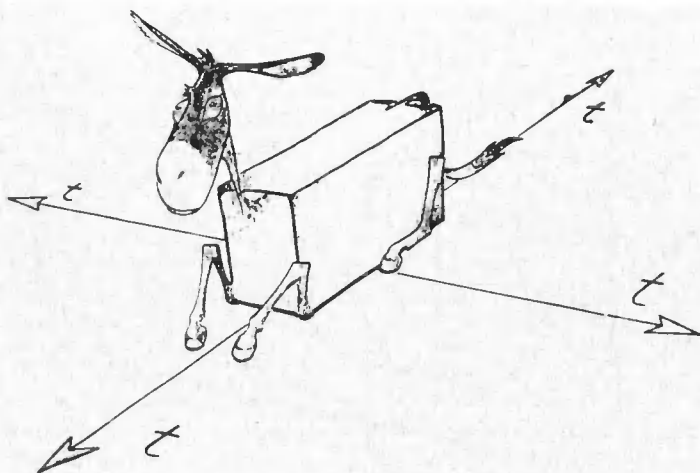
Отметим вопросы, возникающие в связи с теоретической возможностью передачи сигналов из будущего. Пред-

положим, некто посылает из будущего модулированный поток частиц (например, электронов), которые наблюдатель, по Фейнману, интерпретирует как поток античастиц. Электроны, с точки зрения посылающего сигналы, будут аннигилировать с античастицами — электронами для наблюдателя с обычным течением процессов во времени. Наблюдатель, принимающий сигнал, обнаружит необычно увеличившееся число рождений пар частица-античастица, причем по позторению этих рождений он может судить о модуляции потока античастиц и получить сообщение из будущего. Парадокса не возникнет лишь в том случае, если экспериментатор, передающий сигналы, сам живет назад во времени, поскольку в противном случае он мог бы сделать бывшее не бывшим, так как передавал бы сигналы и в свое прошлое, меняя его. При этом направленность времени физического процесса оказывается определенной относительно наблюдателя, производящего измерения (если наблюдатель может делать измерения в

одну сторону, то время течет одним образом, если в другую, — то другим).

На этом пути возможно разрешение парадокса для тахионов. А пошлет B в 15 час. сообщение назад во времени, если только сам не получит в 13 час. сообщения от B . B сразу по получении в 12 час. сигнала от A , посланного в 15 час., посылает сообщение вперед во времени, которое A получит в 13 час. Парадокс возник-





кает, только если считать А живущим (обладающим свободой воли) в том же направлении времени, что и Б. Если же это не так, то само условие посылки сигнала наблюдателем А бессмысленно, поскольку 13 час. есть будущее и, следовательно, еще не случившееся для А. Однако, если возможен обмен информацией между такими двумя наблюдателями, живущими в разном направлении времени, то наличие у них свободы воли приведет к тому, что один может попросить другого изменить свое прошлое. Тогда само получение информации из будущего оказывается обусловленным тем, что принимающий информацию ничего не делает для изменения этого будущего. Всякий его акт изменит получаемую информацию.

Вполне логична здесь средневековая концепция «опасного знания»: прием сигнала из будущего лишает принимающего сигнал возможности менять будущее, тем самым получение такого «знания» приводит к утрате свободы воли — предсказание совпадает с возможностью осуществить только одно определенное действие, которое «вызывает» предсказанное. Это рассуждение приводится нами для иллюстрации того, в область каких необычных связей между временем, свободой воли и т. п. мы должны забрести, если хотим проанализировать возможность получения сигналов из будущего.

*

Теперь попробуем подвести итоги. Как мы выяснили, существуют четыре на первый взгляд независимые стрелы времени: статистическая (возрастание энтропии), электродинамическая (отсутствие опережающих потенциалов, или сходящихся из бесконечности электромагнитных волн), космологическая (расширение Вселенной) и распад K_2^0 -мезона. Сколько-нибудь надежно установленной связи между этими «стрелами» не прослеживается. Наконец, имеется квантовомеханическое обоснование необратимости, делающее виновником по крайней мере первых двух «стрел» наблюдателя — его способность менять мир только в одну сторону; оно, таким образом, связывает вопрос о течении времени с проблемой свободы воли и т. п. С другой стороны, все указанные «стрелы», в том числе квантовомеханическую, можно объединить в одну, сказав, что необратимость есть свойство самого времени, так что возникновение «стрел» есть следствие этого первичного факта.

Что касается возможности движения некоторых объектов назад во времени, то такими объектами могут быть античастицы и гипотетические тахионы. Но передача информации из будущего, а тем самым и действительное установление того, что эти

объекты движутся во времени назад, реальна, лишь если существуют экспериментаторы, способные действовать в другом направлении времени. Близкая встреча с такими экспериментаторами («антилюдьми») была бы для нас крайне нежелательна... Впрочем, это рассуждение уводит нас в область фантастики, физика же есть наука опытная, а ее опыты пока ничего не говорят о сигналах из будущего.

УДК 114; 115

Рекомендуемая литература

А. Эддингтон. ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ И ТЯГОТЕНИЕ. Одесса, «Mathesis», 1923.

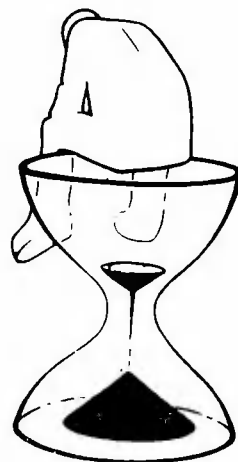
Г. Рейхенбах. НАПРАВЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ. М., ИЛ, 1962.

А. Грюнбаум. ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ. М., «Прогресс», 1969.

Л. Больцман. ЛЕКЦИИ ПО ТЕОРИИ ГАЗОВ. М., Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1953.

ВРЕМЯ И СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА. Сб. статей. М., «Мир», 1970.

E. Schrödinger. IRREVERSIBILITY. «Proc. Roy. Irish. Acad.», v. LIII, 1950.



Тунгусский угольный бассейн

Ю. Р. Мазор

Кандидат геолого-минералогических наук



Юрий Романович Мазор, старший научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Московского государственного университета. Много лет занимается геологией, угленосностью и изучением качества углей Тунгусского угольного бассейна. Автор научных работ по метаморфизму углей, закономерностям изменений угленосности и качества углей, методам их прогноза.

Каждому приходилось слышать о Донбассе и Кузбассе, но не все знают о существовании Тунгусского угольного бассейна. Так же как со словом «Донбасс» возникают представления о шахтах и угле, обычно со словом «Тунгусский» прежде всего ассоциируется Тунгусский метеорит. А между тем Тунгусский бассейн стоит на втором (после Ленского бассейна) месте в мире по запасам угля — 2345,2 млрд т, занимая площадь свыше 1 млн км², площадь, которая превосходит все известные угольные бассейны мира. Более того, в нем, как в фокусе, сконцентрированы основные геологические проблемы, связанные с происхождением углей. В бассейне известны как бурые, так и каменные угли, встречаются графиты. Но установление распределения углей на площади и в разрезе, закономерностей изменений их качества чрезвычайно затруднено проявившейся здесь вулканической деятельностью, вследствие чего при изучении бассейна возникает много вопросов о месте, роли и характере влияния вулканизма на преобразование углей. Разрешение этих вопросов имеет большое теоретическое и практическое значение, особенно если иметь в виду, что многие развитые капиталистические страны охвачены сейчас энергетическим кризисом. Этот кризис прежде всего показал необходимость создания прочной топливной базы, основанной на комплексном использовании энергетических ресурсов. Пальма первенства в топливном балансе, отданная нефти, привела к быстрому истощению ее запасов во многих странах, в то время как при-

рост угольных запасов был приостановлен, а добыча углей значительно сокращена.

В настоящий момент это положение срочно исправляется. Например, в Америке вновь возвращаются к заброшенным в свое время угольным разработкам и шахтам с целью их реконструкции и расширения добычи в новых повышенных масштабах, на что ассигнуются крупные средства.

Таким образом, забвение угольной промышленности обошлось странам Запада достаточно дорого и наглядно показало важность планомерного изучения угольных бассейнов и месторождений, постепенного наращивания запасов и добычи углей.

Наша страна обладает значительными угольными ресурсами, существенная часть которых скрыта в недрах Тунгусского бассейна.

Тунгусский бассейн расположен на Восточно-Сибирском плоскогорье в междуречье двух гигантских водных артерий Сибири — Енисея и Лены, протягиваясь с юга на север (почти от Байкала и Приангарья до широты Норильска и р. Хатанги) более чем на 1800 км. Его западная часть находится в Красноярском крае, юго-восточная — в Иркутской области и Якутской АССР.

Неповторима и природа бассейна. Это — относительно высоко поднятая над уровнем моря равнина, глубоко прорезанная многочисленными реками, что создает впечатление горного ландшафта, особенно в северной части бассейна, где отдельные вершины достигают 1500 м и более. Такие реки, как знаменитая Ангара, Подкаменная Тунгуска и Нижняя Тунгуска, в устье которой расположен Туруханск,

Виллой, Котуй, образуют по берегам высокие скальные обрывы, причудливые «зámки», останцы самой разнообразной формы и размеров.

Глубокие озера в базальтах, слагающих поверхность плоскогорья в заполярной части бассейна, при вечернем незаходящем солнце напоминают гималайские пейзажи Н. Рериха с их характерными лилово-сиреневыми тонами.

Богатства бассейна

Но не только красотами природы и метеоритом, упавшим в 60 км к северу от пос. Ванавара (на р. Подкаменной Тунгуске) и получившим название «Тунгусского», примечателен этот край. Его сегодняшнее — это медно-никелевые месторождения Норильска и Талнаха, алмазы Якутии, свинцовые и железорудные месторождения в бассейне Ангары, графиты на Нижней Тунгуске. А его будущее — помимо перечисленных, а возможно, и новых полезных ископаемых — это уголь. Максимально рациональное использование угля, к которому мы стремимся, со временем приведет к тому, что он будет служить не топливом, не в качестве кокса, а в качестве сырья для химической промышленности. Из угля путем соответствующей переработки можно получать самые разнообразные и неожиданные продукты, вплоть до парфюмерных изделий. Его сжигание в котлах и топках является вынужденной мерой, от которой человечество в недалеком будущем, несомненно, откажется.

Названием и понятием «Тунгусский угольный бассейн» мы обязаны С. В. Обручеву, который проводил исследования на его территории, начиная с 1917 г.¹ Именно он внес значитель-



Тунгусский угольный бассейн (граница показана точками).

ный вклад в познание геологического строения бассейна, доказав широкое площадное распространение угленосных отложений верхнего палеозоя в междуречье Енисея и Лены, связанных общностью условий формирования.

Критерии поисков углей нужного качества

Растительный материал, из которого образуются угли, проходит последовательно целый ряд превращений. Отмирая и накапливаясь в болотах, он образует вначале торф. По мере погружения торфяники перекрываются сносимыми в них глинистыми и песчаными осадками, торфы теряют воду и превращаются в бурые угли. Дальнейшее погружение и воздействие все увеличивающихся температуры и давления приводит к образованию каменных углей, составляющих в свою очередь ряд, в котором угли на определенной стадии превращения отличаются друг от друга своими хи-

мическими и физическими свойствами. В этом ряду последними стоят антрациты — наиболее сильно измененные каменные угли. Конечным продуктом превращения, или метаморфизма, углей является графит. Угли средних стадий метаморфизма при соответствующем петрографическом составе обладают способностью спекаться и давать металлургический кокс. Угли же низких и высоких стадий метаморфизма такой способностью не обладают и могут использоваться как энергетическое топливо и для других нужд. Вот почему важно заранее знать, где и, главное, какие угли в данном угольном бассейне нужно искать и какие можно найти. И особенно важно это в таких труднодоступных бассейнах, как Тунгусский, где тайга почти сплошь покрывает всю территорию. Только на северной окраине она сменяется лесоступной и тундрой, где слабая обжитость заметно осложняет изучение района, а доставка бурового оборудования связана со значительными материальными затратами.

В обычных угольных бассейнах, таких, как Донбасс, Кузбасс и другие, изменение свойств углей на площади подчиняется простой закономерности: с увеличением глубины залегания угольных пластов и, соответственно, с увеличением мощности перекрывающих отложений увеличивается степень метаморфизма углей. Такое закономерное изменение свойств углей на площади получило название в угольной геологии «регионального метаморфизма углей». В Тунгусском же бассейне изменение качества углей в силу ряда причин расшифровывается значительно более сложно.

Дело в том, что угленосная толща карбона и перми прорвана многочисленными более молодыми интрузиями изверженных пород — долеритов — и, кроме того, в северной части бассейна перекрыта траппами (излившимися на поверхность в раннем триасе лавами базальтового состава), а в южной части — туфогенными породами — пепловыми продуктами извержения вулканов.

Расплавленные горячие интрузии долеритов застывали в угленосных породах, образуя вокруг себя зоны контактовых изменений угленосных

¹ Начало открытия и исследования Тунгусского бассейна совпадает с началом первых работ в Донецком и Кузнецком бассейнах и относится к 1723 г. — маршруту Д. Т. Мессершмидта по Нижней Тунгуске. Позднее о наличии углей на правом берегу Енисея сообщил А. Ф. Миддендорф после своего путешествия на Таймырский п-в в 1843 г. В 1886 г. академик Ф. Б. Шмидт списал находки углей в Норильске. Одновременно со Шмидтом купец К. П. Сотников сделал заявку на норильские каменные угли и

руды. В 1915 г. его племянник А. А. Сотников, тогда еще студент горного факультета Томского политехнического института, провел на Норильском месторождении глазомерную съемку, собрал коллекцию углей и руд и поставил заявочный столб на Угольном ручье, на горе Шмидта.



Вид на долину р. Курейки.

пород и углей. Под воздействием тепла интрузий, температура которых достигала 1200° , угли, попавшие в такие зоны, изменялись, достигая нередко антрацитового или даже графитовой стадии.

Две точки зрения

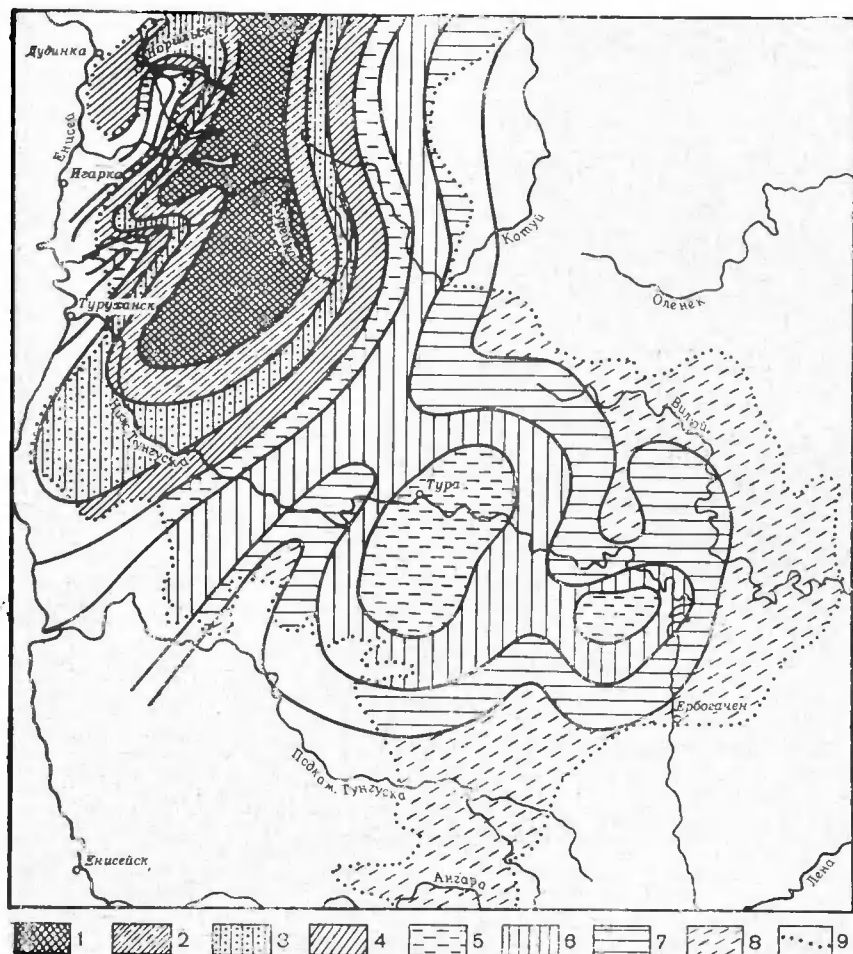
Широкое развитие интрузивных тел и зон контактовых изменений позволило одному из первых исследовате-

лей Норильского района Тунгусского бассейна Н. Н. Урванцеву в 1954 г.¹ попытаться объяснить все изменения углей региональным термометаморфизмом, т. е. изменением под воз-

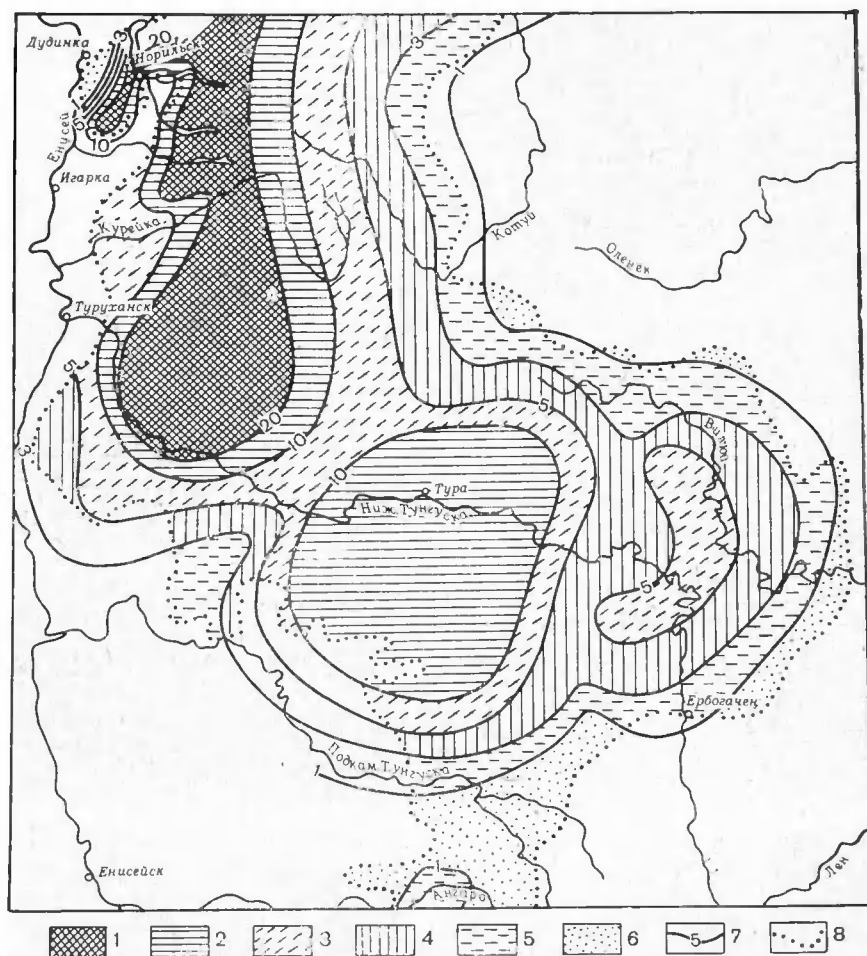
¹ После Великой Октябрьской революции в связи с возобновлением интереса к Северному морскому пути в Норильск с 1919 по 1931 г. направлялись геологоразведочные партии Сибгеолкома, Горного совета ВСНХ и Сибпромразведки, возглавляемые ныне известным исследователем Норильского района Н. Н. Урванцевым.

действием тепла интрузивных тел, создавших чрезвычайно широкие площадные ореолы изменения в угленосных породах. Эта точка зрения в различных видах была повторена рядом исследователей.

Существует и другой взгляд на изменение свойств углей Тунгусского бассейна. Его приверженцы приписывают основную роль региональному метаморфизму. Еще в 1938 г. Л. М. Шорохов, а затем В. П. Тебеньков в низовьях Нижней Тунгуски отметили



Схематическая прогнозная карта общей угленосности верхней перми Тунгусского бассейна. (Составил Ю. Р. Мазор, 1972.) Суммарная мощность угольных пластов: 1 — свыше 20 м, 2 — от 20 до 10 м (площади с высокой угленосностью); 3 — от 10 до 5 м (площади со средней угленосностью); 4 — от 5 до 3 м, 5 — от 3 до 1 м (площади с низкой угленосностью), 6 — менее 1 м (площади со слабым проявлением угленосности), 7 — изолинии суммарной мощности угольных пластов (в м); 8 — граница современного распространения угленосных отложений. Отчетливо видно общее увеличение угленосности в западном направлении.



сти Тунгусского бассейна обилием интрузивных образований. Они не учитывали того факта, что не менее обширные поля интрузивов на восточной окраине бассейна в пределах Западной Якутии, хорошо видимые на геологической карте, не изменяют углей до тех же стадий метаморфизма, до которых они доведены в приенисейской части бассейна (тощие, полуантрациты). Восточнее развиты бурые угли и каменные угли начальных стадий метаморфизма, за исключением контактовых зон, в которых они изменены более сильно. Но такие зоны не имеют широкого площадного распространения.

Работая в Тунгусском бассейне более 10 лет, мы пришли к выводу, что ответ на поставленный вопрос надо искать в истории развития Тунгусского бассейна. Именно анализ истории развития бассейна дал возможность

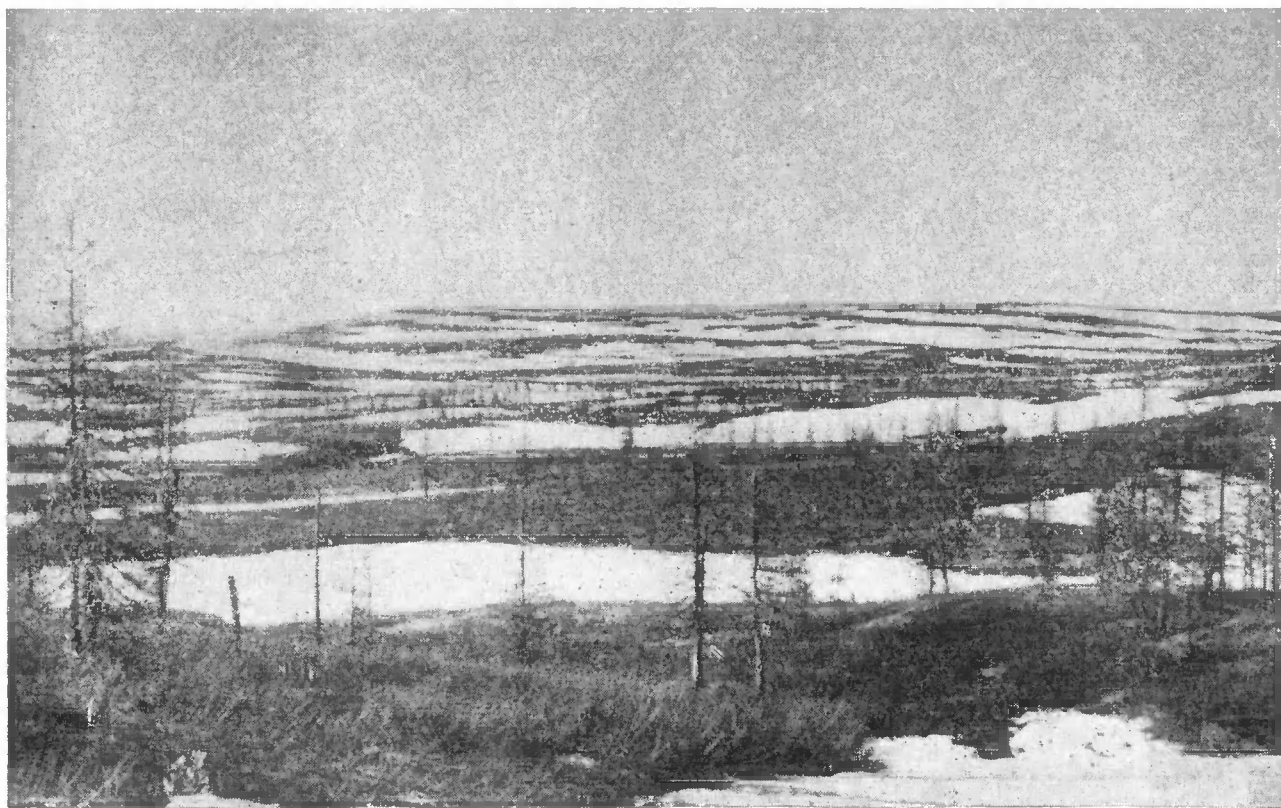
впервые по существу разрешить многие вопросы и недоумения, остававшиеся после попыток применить различные гипотезы.

Реконструкция истории развития Тунгусского бассейна была проведена нами двумя путями. Первый из них основан на изучении закономерностей метаморфизма углей, а второй — на палеогеографических и палеотектонических построениях, выполненных для времени, предшествовавшего угленакпложению (девон, ранний карбон), для времени накопления угленосной толщи (ранний карбон — поздняя пермь) и перекрывающих туфо-лавовых образований (ранний триас).

В изменении метаморфизма углей бассейна, как отмечал в 1960 г. А. К. Матвеев, давно была подмечена закономерность: с юга на север, от Ангары к Норильску, и с востока на запад, от Якутии к Енисею, увеличива-

ется степень метаморфизма углей от бурых до тощих и антрацитов. Анализ мощности угленосной толщи и перекрывающих туфо-лавовых отложений дал ответ на причины такого закономерного увеличения степени метаморфизма углей. С увеличением мощности угленосной толщи и перекрывающих отложений увеличивается степень изменения углей, и это не имеет прямой связи с интенсивностью проявления интрузивного магматизма.

Особенно хорошо эту зависимость можно видеть по широтному профилю, проходящему по Нижней Тунгуске и Вилюю. Мощность угленосных отложений в бассейне Вилюя не превышает 250 м, а перекрывающих образований — 350 м. В западном направлении, к Енисею, мощность угленосной толщи последовательно увеличивается до 1250 м, а мощность ту-



На стр. 38.

Зона тундры в северной части Тунгусского бассейна (вверху); реки прорезают водораздельную поверхность глубокими ущельями (внизу).



В тех местах, где реки прорезают базальтовые покровы, образуются водопады и пороги.

фо-лавовых отложений — до 700 м и более. Таким образом, мощность угленосной толщи возрастает в 5 раз, а перекрывающих отложений — в 2 раза. У Енисея угленосная и туфо-лавовая толщи резко обрываются без малейших следов фациального выклинивания. Из этого следует, что угленосные отложения во время накопления, т. е. в позднем палеозое, не ограничивались территорией правобережья Енисея, а распространялись на территорию современной Западной Сибири. Продолжение угленосных осадков на левом берегу Енисея подтверждается геофизическими данными: под мощным чехлом мезокайнозойских осадков залегают породы, по своим характеристикам аналогичные верхнепалеозойским породам Тунгусского бассейна в его современных границах.

Существованием такого Палеотунгусского бассейна хорошо объясняется общее увеличение степени метаморфизма углей в направлении к Енисею.

В любом угольном бассейне, со-

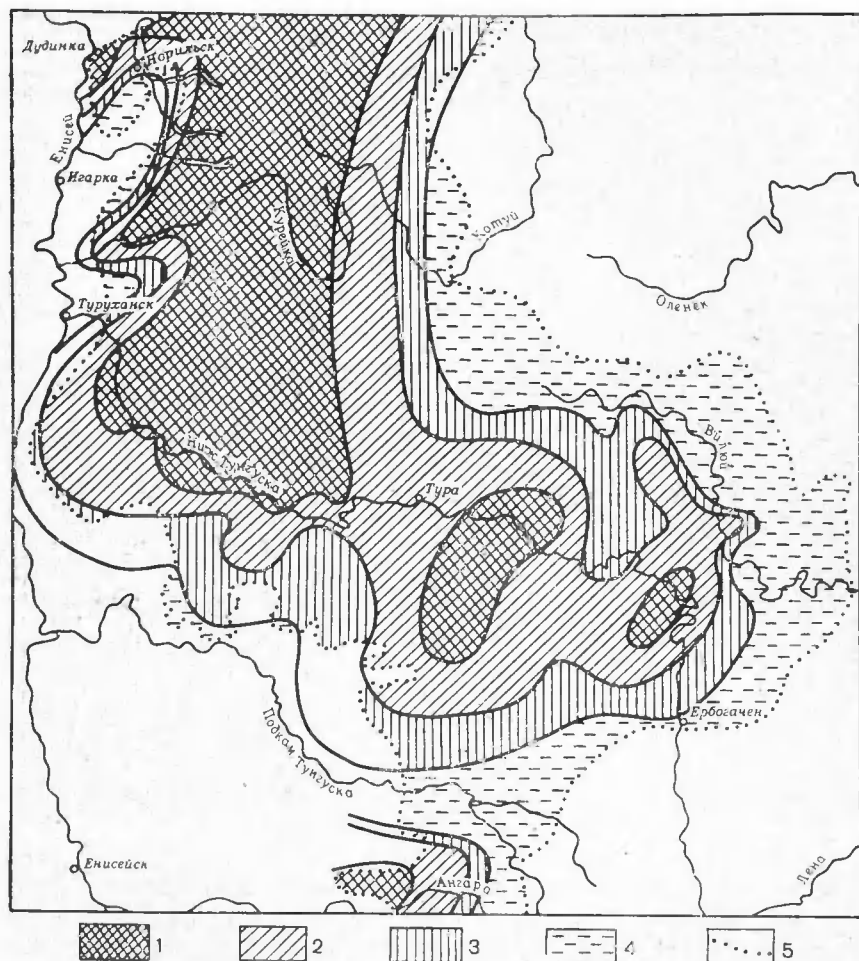
хранившем свои первоначальные генетические границы, степень метаморфизма углей от периферии бассейна к наиболее прогнутой его части постепенно повышается, а затем вновь уменьшается к другой его окраине. Наиболее погруженным частям бассейна соответствуют угли максимальной в бассейне стадии метаморфизма. Такой, по-видимому, наиболее погруженной частью Палеотунгусского бассейна являлась приенисейская его часть. Ныне мы наблюдаем лишь восточную часть Палеотунгусского бассейна.

Этот вывод был подтвержден палеогеографическими и палеотектоническими построениями Г. Ф. Макаренко, которые показали, что начиная с девона и включительно по ранний триас, а следовательно, и в период накопления угленосных осадков, в северной половине приенисейской части бассейна существовали валообразные поднятия субмеридионального простирания. Кстати, эти поднятия существуют и поныне (Курейско-Летнинское, Хантайское, Рыбнинское и т. д.).

Угли на этих поднятиях оказались менее метаморфизованными, чем в окружающих районах. Если ранее предполагалось, что поднятия являлись краевыми поднятиями Сибирской платформы, ограничивающими Тунгусскую синеклизу с запада не только в настоящее время, но и в период накопления позднепалеозойских угленосных осадков, то Макаренко показала, что изопакеты мощностей девона и перми открываются и продолжают к западу от этих поднятий. Это свидетельствует о распространении угленосных осадков верхнего палеозоя на левобережье Енисея.

В Норильском районе и в низовьях Нижней Тунгуски можно видеть, как увеличение степени метаморфизма углей на восточном крыле поднятий сменяется понижением к их осевой части, а на западном крыле вновь степень изменения углей увеличивается.

Доказательства распространения верхнепалеозойских отложений к западу от Енисея можно найти и в характере изменений общей угленосности бассейна.



Схематическая прогнозная карта петрографического состава углей верхней перми Тунгусского бассейна. (Составил Ю. Р. Мазор, 1972.) Зоны петрографического состава углей по содержанию гелитолитов (компоненты групп витринита + 1/3 семивитринита) (в %): 1 — свыше 75, 2—75—50, 3—50—25, 4 — менее 25; 5 — граница современного распространения угленосных отложений.

На востоке бассейна количество угольных пластов невелико, а максимальная мощность отдельных пластов редко достигает 3,0 м. К Енисею их становится больше и в угленосной толще фиксируется уже до 18—20 угольных пластов и прослоев. Мощность отдельных пластов достигает 15—29 м (Листвянско-Вальковское месторождение и месторождение ручья Таити). То, что уменьшения угленосности не происходит к современной западной границе Тунгусского бассейна, также свидетельствует об отсутствии первичной генетической границы и о продолжении бассейна в сторону Западно-Сибирской низменности. О том же говорит характер изменений других показателей качества углей (см. рис. на стр. 36).

Когда же Тунгусский бассейн оформился в современных своих границах? Согласно залеганию туфо-лавовых

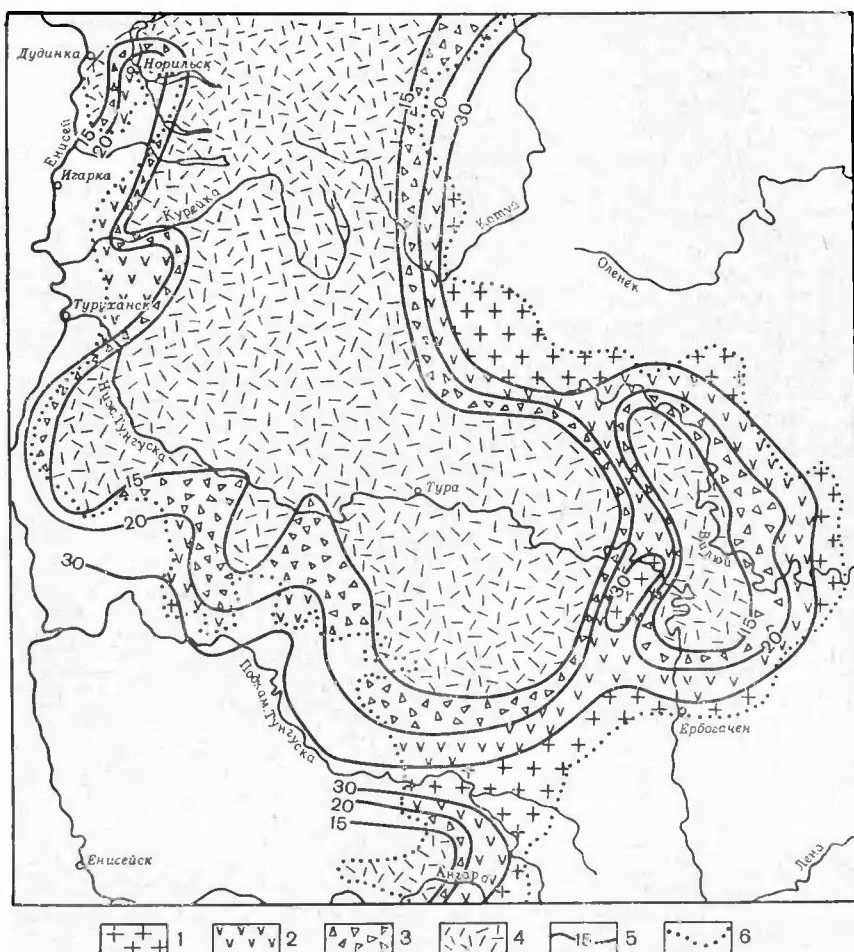
отложений на угленосных указывает, что образование западной границы Сибирской платформы и Тунгусской синеклизы происходило после того, как изливались лавы и накапливались туфы, когда, вероятно, по регенерированным разломам приенисейских байкалид произошло опускание эпипалеозойской Западно-Сибирской плиты и поднятие Сибирской платформы. В результате древние породы, вплоть до рифейских, были выведены на дневную поверхность в зоне Туруханско-Игарских дислокаций. Эти движения, возможно, связаны с раннемезозойской активизацией Тихоокеанского пояса, отголоски которой, по мнению А. Л. Яншина¹, проявились вплоть до Урала.

¹ А. Л. Яншин и н. Тектоническое строение Евразии. «Геотектоника», 1965, № 5.

Возвращаясь к двум точкам зрения на изменение углей бассейна, мы полагаем, что более убедительна вторая точка зрения, защищающая проявление в Тунгусском бассейне регионального метаморфизма углей. Ведь изменение степени их метаморфизма осуществляется на площади бассейна последовательно и направленно и зависит от глубины погружения угленосных осадков, другими словами, от мощности угленосной и перекрывающей толщ. Общий фон регионального метаморфизма углей нарушается лишь в узколокальных зонах контактов с интрузивными траппами.

Вместе с тем надо иметь в виду, что проявление регионального метаморфизма углей в Тунгусском бассейне отличается некоторыми особенностями от подобных процессов в большинстве других угольных бассейнов.

Схематическая прогнозная карта зольности углей верхней перми Тунгусского бассейна. (Составил Ю. Р. Мазор, 1972.) Зоны зольности углей (на сухое топливо) (в %): 1 — свыше 30, 2 — 30—20, 3 — 20—15, 4 — менее 15; 5 — изолинии содержания золы; 6 — граница современного распространения угленосных отложений.



Особенности изменения углей

Сравнивая тунгусские угли с углями других бассейнов, можно видеть, что одинаково с ними метаморфизованы угли, испытавшие значительно большие погружения. Действительно, при нормальном среднем значении геотермического градиента глубина погружения угленосной толщи в Тунгусском бассейне была явно недостаточной для образования наблюдаемых здесь высокометаморфизованных углей. Поскольку глубина погружения мала, можно говорить, что температура при таких погружениях вряд ли превышала 100°C и, следовательно, была недостаточной для достижения антрацитового этапа изменения. Фактор времени, которому многие исследователи приписывают

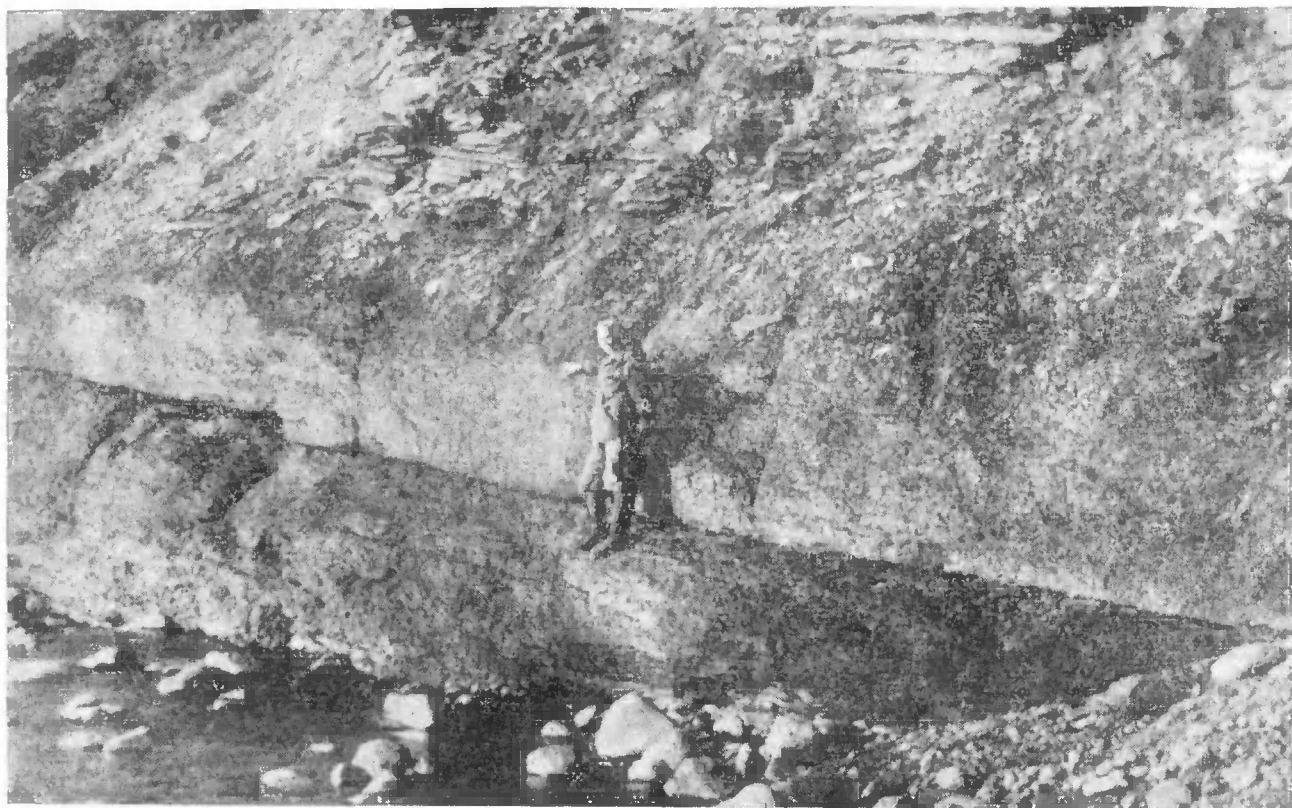
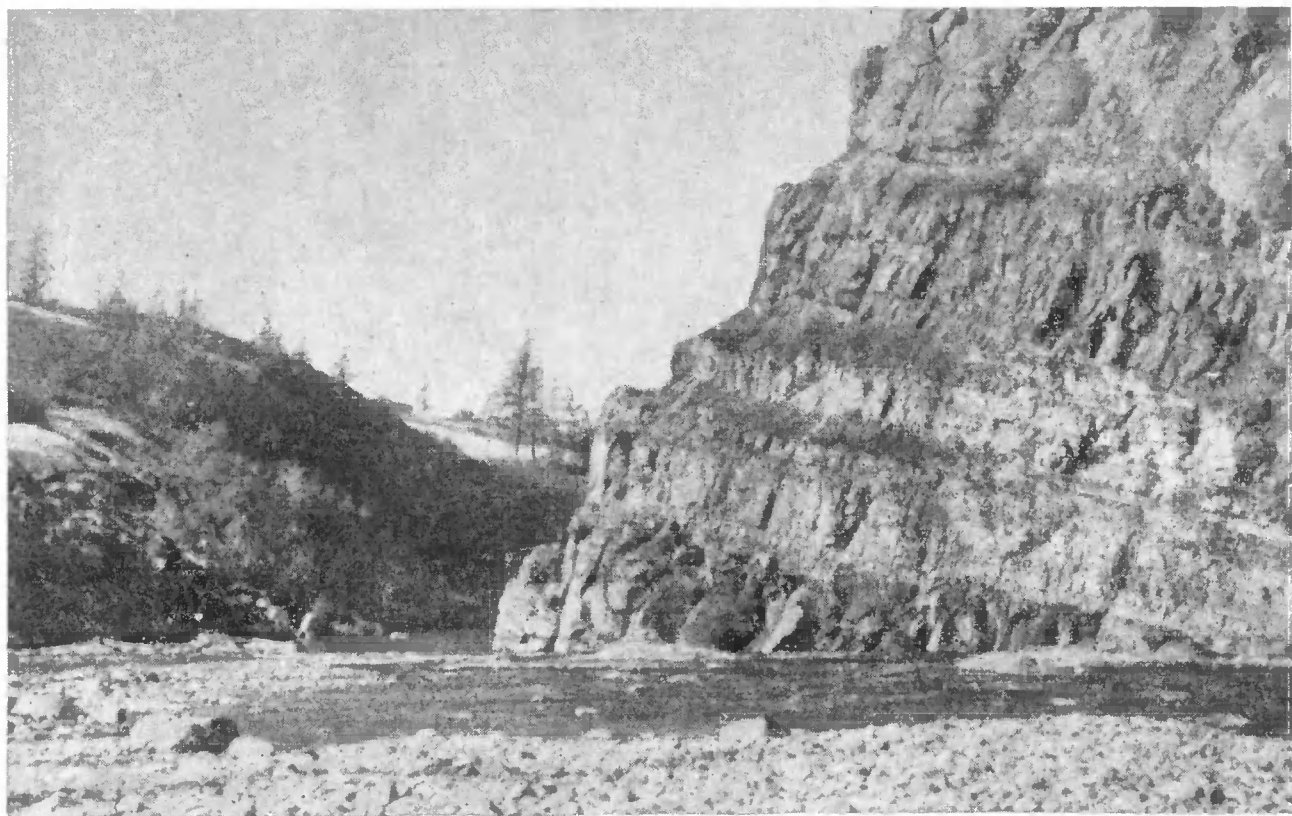
значительную роль (по их мнению, он может даже при температурах максимум $90\text{--}100^{\circ}\text{C}$, воздействующих на уголь в течение $0,6 \times 10^8$ лет, преобразовать угли до тощих), в данном случае не может быть принят во внимание, поскольку сравнение ведется с разновозрастными или даже более древними углями. Поэтому объяснение следует искать в том, что в прошлом геотермический градиент Тунгусского бассейна был более высоким. И для такого утверждения есть основания.

Как уже говорилось, на Сибирской платформе чрезвычайно широко проявилась магматическая деятельность, создавшая мезозойскую трапповую формацию. Более ранние следы этой деятельности обнаруживаются как в угленосных, так и в подстилающих их отложениях нижнего карбона и девона в виде местного туфогенного ма-

териала. Последний свидетельствует о том, что до накопления и во время накопления угленосной толщи Сибирская платформа представляла собой вулканически активную область. Такие вулканические районы в настоящее время характеризуются весьма высокими значениями геотермического градиента: до 20° на 100 м углубления от зоны постоянной температуры при среднем его значении 3°C на 100 м.

Угли Тунгусского бассейна, аналогичные по степени изменения разновозрастным углям Кузнецкого и Печорского бассейнов, отличаются от них внешним видом и рядом химических особенностей.

Преобразование углей в бассейне с нормальным средним геотермическим градиентом происходит относительно медленно, по мере погружения угленосной толщи, нарастания



В этом обнажении высотой около 25 м видны угольные пласты (черные полосы) мощностью до 0,5 м, которые чередуются с песчаниками, алевритами и аргиллитами (вверху). Пласт каменного угля мощностью 4,2 м обнажается выше уреза воды ручья Угольного (правый приток р. Фожиной, Норильский район) почти до середины склона; выше залегают песчаники и аргиллиты (внизу).

температуры и давления. В Тунгусском же бассейне уже на ранних стадиях погружения захороненный растительный материал начинал испытывать тепловое воздействие, которое не могло не сказаться на химизме углей и их петрографическом составе. Нарастание температуры происходило быстро, что видно из сравнения метаморфического градиента (градиент изменения выхода летучих веществ на 100 м мощности разреза) Тунгусского и других бассейнов. Так, для норильских углей (жирных) он равен 4,3%, в то время как обычно его значение не превышает 2%. Вверх по разрезу наблюдается уменьшение значений метаморфического градиента.

Возможно, что еще большую роль в повышенном метаморфизме углей и в придании им изометаморфных черт сыграла эффузивная трапповая деятельность, особенно в тех районах, где угленосные отложения были перекрыты лавовыми покровами. Растекавшаяся расплавленная лава бронировала поверхность угленосной толщи, и усиленный тепловой поток с глубины, ввиду малой проницаемости лав, создавал в зоне развития верхнепалеозойских отложений повышенный термический фон. В результате получалось нечто вроде «камеры пропаривания». Газовой насыщенности способствовала потеря углями при их конденсации и поликонденсации значительного количества летучих веществ — метана, уголекислоты, воды. Высокая тепловая активность, благодаря экранированию лавами, сохранялась в течение длительного време-

ни. Это же явление могло служить источником дополнительного давления.

Некоторая несхожесть в химическом составе углей одних и тех же стадий изменения Тунгусского и других бассейнов объяснялась термальным метаморфизмом углей, под которым различные исследователи понимали либо общий повышенный геотермический градиент бассейна, либо суммарное тепло многочисленных интрузий, либо влияние отдельных интрузий на уголь при отсутствии непосредственного контакта между ними и еще ряд понятий. Представляется, что результаты проведенных исследований служат подтверждением регионального фона изменения углей, связанного с проявлением регионального метаморфизма, в обычном понимании этого термина геологами-угольщиками. Несомненно также, что существует контактовый метаморфизм, который воздействует на угли или непосредственно (в случае прямого соприкосновения с угольным пластом), или через вмещающую осадочную толщу. Выделение особого типа «термального метаморфизма» в этих случаях не имеет смысла.

Следует считать, что основные превращения углей Тунгусского бассейна связаны с процессами их регионального метаморфизма, на который были наложены контактовые изменения, локально нарушающие общие закономерности. Эти закономерности воспроизводятся на построенных картах достаточно четко.

Уже упоминаемое общее изменение степени метаморфизма углей с юга на север и с востока на запад хотя и носит сложный характер, но находится в прямом соответствии с выделенными на палеотектонических картах зонами конседиментационных структур (т. е. структур, существовавших в период накопления угленосных отложений). Наиболее стабильным участкам, испытывавшим минимальные погружения, соответствуют зоны минимально метаморфизованных углей, с увеличением погружения увеличивается степень их изменения. Своего максимума метаморфизм углей достиг в момент наибольшего погружения угленосной толщи, т. е. после накопления перекрывающих туфо-лавовых образований.

Степень изменения углей среднего — верхнего карбона и нижней перми, отчасти и нижних горизонтов верхней перми, зависит от распределения мощностей вмещающих пород (первичная зональность) и перекрывающих толщ (вторичная зональность). Что же касается углей верхней перми, особенно приуроченных к кровле угленосной толщи, то их изменение и зональность метаморфизма определяются лишь палеоструктурным планом трапповой формации (распределением ее мощности), с которой связана и общая направленность метаморфизма углей Тунгусского бассейна. Два фактора обеспечили изменение метаморфизма углей в результате северо-западном направлении от бурых до полуантрацитов и, возможно, антрацитов — отставание в погружении южной и восточной частей бассейна, которое фиксируется палеотектоническими построениями, и увеличение мощности перекрывающих туфо-лавовых образований соответственно в северном и западном направлениях.

*

Построенные схематические прогнозные карты угленосности и качества углей представляют собой лишь первую приближенную попытку решения проблемы прогноза углей Тунгусского бассейна. По мере получения новых данных их необходимо дополнять и уточнять. Особенно это касается карты метаморфизма углей, где необходимо, помимо регионального фона изменения углей, в будущем показать зоны контактового изменения всех известных интрузивных тел. Это сделает такую карту в сочетании с картой петрографического состава и зольности углей базисной основой целенаправленной разведки углей нужного качества.

Дальнейшая разработка методов диагностики регионально и контактово измененных углей прольет свет на масштабы влияния интрузивной деятельности, определив в конечном итоге запасы тех и других углей, а также пути их практического использования.

Время освоения Тунгусского угольного бассейна не за горами.

Академик С. А. Чаплыгин

Профессор И. Н. Веселовский



Иван Николаевич Веселовский, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической механики Московского высшего технического училища им. Н. Э. Баумана. Автор ряда исследований по истории математики, теоретической механики и астрономии и переводов на русский язык произведений Евклида, Диофанта, Архимеда, Коперника, Галилея и др.; Евклид. Начала. М.—Л., ГИИЛ, 1948; Архимед. Сочинения. М., Физматгиз, 1962; Галилей. Звездный вестник. М., «Наука», 1964; Аристотель Самосский — Коперник античного мира (о величинах и расстояниях Солнца и Луны). М., «Наука», 1961.

В области развития теоретической и технической аэродинамики значительное место занимают работы С. А. Чаплыгина. Они послужили началом многочисленных исследований, сыгравших большую роль в создании советской авиации. Все это выдвинуло С. А. Чаплыгина на одно из первых мест среди ученых Советского Союза. В 1926 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР, а в 1929 г.— академиком вновь образованного Отделения технических наук АН СССР.

Студенческие годы

Сергей Алексеевич Чаплыгин родился 24.III (5.IV) 1869 г. в Раненбурге (ныне г. Чаплыгин). Отец его умер в возрасте 24 лет от холеры, когда мальчику было всего лишь два года, так что вся забота о воспитании сына легла на плечи матери, Анны Петровны. По настоянию семьи она вторично вышла замуж. Отчим не имел большой удачи в жизни, но к пасынку относился хорошо. Семья переехала в Воронеж, и в 1877 г. Чаплыгин поступил в гимназию. Учиться ему было легко, так как он обладал великолепной памятью (позднее С. А. Чаплыгин говорил, что настолько хорошо помнил все математические выводы, что даже боялся потерять самостоятельность в своих исследованиях). Легче всего ему давались языки и математика, так что в дальнейшем он колебался, поступить ли ему в Лазаревский институт восточных языков и готовиться к дипломатической деятельности или же пойти на физи-

ко-математический факультет Московского университета.

После окончания гимназии в 1886 г. он все же выбрал университет. Это было как раз в тот год, когда Николай Егорович Жуковский стал профессором Московского университета. В студенческие годы большое влияние на Чаплыгина оказал профессор физики Александр Григорьевич Столетов (1839—1896), который читал курс математической, а позднее экспериментальной физики. Александр Григорьевич немало потрудился над устройством физической лаборатории и организацией практических занятий по физике в университете. Обширная эрудиция, замечательный критический анализ и изящество изложения привлекали к нему внимание слушателей. Он считался очень строгим экзаменатором, о чем ходили даже легенды; когда Столетов спрашивал, что случится, если толочь воду в ступе, экзаменуемый должен был отвечать: «Механическая энергия перейдет в тепловую». В своих воспоминаниях Сергей Алексеевич отрицает это:

он пишет, что экзамены Столетова ничего необычного не представляли; профессор лишь неуклонно требовал ясного понимания главного содержания курса; правда, он выслушивал ответы, не задавая наводящих вопросов, если студент начинал путать, и не помогал выбираться из затруднений, если они происходили от непродуманности и невнимательного изучения предмета. Однако, несмотря на всю привлекательность физики в изложении Столетова, Сергею Алексеевичу не пришлось посвятить себя изучению этого предмета: мешала полная неспособность Чаплыгина к лабораторным работам. Он по природе своей был теоретиком. Поэтому властителем его дум оказался Николай Егорович Жуковский, который как раз в ту пору в своих «Лекциях по гидродинамике» восстановил важность этого, в то время стоявшего на втором плане, отдела теоретической механики. Влияние Жуковского сказывается на первых работах Чаплыгина: «О движении твердого тела в несжимаемой жидкости» (дипломная работа), «О некоторых возможных случаях движения твердого тела в жидкости» (труд содержал две части, причем вторая была защищена как магистерская диссертация в 1898 г.). Жуковский охарактеризовал работу как «единственное исследование по геометрической интерпретации движения твердого тела в жидкости». В действительности, это был перевод на геометрический язык результатов, полученных чисто аналитическими методами.

Преподавательская и научная деятельность

По окончании университета в 1890 г. Сергей Алексеевич был оставлен на определенный срок для подготовки к профессорскому званию. Ему определили стипендию в размере 50 рублей, которая очень обрадовала его семью; для нее такая сумма казалась недостижимым идеалом. Через два года, когда этот срок истек, Сергею Алексеевичу пришлось искать преподавательскую работу в средних учебных заведениях. Осенью 1893 г. он начинает преподавать физику в Московском Екатерининском женском ин-



С. А. Чаплыгин — магистрант Московского университета. 1890 г.

ституте, но это продолжается до 1897 г. Одновременно, с 1895 по 1901 г., Чаплыгин преподает математику в Московском межевом институте, а с 1896 по 1906 г. проводит упражнения по механике в Московском высшем техническом училище (МВТУ) у Жуковского.

В это время тематика теоретических работ Чаплыгина совершенно меняется: в основном он работает в области исследования движения твердого тела, а также, что было в то время новостью, занимается системами с неголономными связями. Таким системам посвящены работы «О движении тяжелого тела вращения на горизонтальной плоскости» (1897), «О некотором возможном обобщении теоремы площадей на случай катания шаров» (1898), а также «Новый взгляд на начало Гамильтона» (1901) — обобщение принципа Гамильтона на случаи неголономных систем. В этом отношении Сергей Алексеевич опередил некоторых западноевропейских ученых, работавших в той же области.

В классической механике XIX в. рассматривались преимущественно наложенные на движущиеся точки связи, которые выражались уравнениями, зависящими от координат точек и от времени (нестационарные связи).

Это — так называемые голономные связи; их уравнения можно было рассматривать как уравнения поверхностей в пространстве трех и более измерений. При помощи дифференцирования этих уравнений определялись возможные перемещения точек системы, а также направления нормальных реакций связей. Однако практика второй половины XIX в. показала, что существуют такие связи, которые налагаются не на координаты (декартовы или обобщенные) точек системы, но на их производные (скорости). Если мы имеем стационарную связь $f(x, y, z) = 0$, то возможные перемещения материальных точек будут удовлетворять уравнению:

$$\frac{\partial f}{\partial x} \delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \delta y + \frac{\partial f}{\partial z} \delta z = 0,$$

где $\delta x, \delta y, \delta z$ — виртуальные скорости рассматриваемой точки. Если связь голономна, то, проинтегрировав полученное выражение, мы получаем уравнение первоначальной связи. Если же связи налагаются только на скорости, то получающееся соотношение между виртуальными скоростями вообще не может быть проинтегрировано; поэтому неголономные связи называются неинтегрируемыми. Число степеней свободы системы с голономными связями определяется числом ее обобщенных координат, а для неголономной — числом независимых возможных перемещений. Отсутствии обобщенных координат не позволяет воспользоваться уравнениями Лагранжа 2-го рода, так что исследование движения неголономной системы требует совершенно иного подхода.

Впервые с подобными задачами Сергей Алексеевич столкнулся в 1895 г., изучая предложенное математиком Л. Линделефом (Финляндия) решение задачи о качении тела вращения по шероховатой плоскости. Решая эту задачу, Линделеф определил положение тела пятью координатами и применил уравнения Лагранжа. Сергей Алексеевич нашел данное решение неправильным, указал, в чем заключается ошибка, и предложил собственное решение.

Возьмем несколько более простой случай: пусть тело вращения представляет собой шар радиуса R . В ка-



Профессора Московского университета, подавшие в отставку в знак протеста против реакционной политики министра просвещения Л. А. Кассо. 1911 г.

Слева направо: (сидят за столом) В. П. Сербский, К. А. Тимирязев, Н. А. Умов, П. А. Минаков, А. А. Мануйлов, М. А. Мензбир, А. Б. Фохт, В. Д. Шервинский, В. К. Цераский; (стоят) Мартынов (?), А. А. Эйзенвальд, Г. Ф. Шершневиц, В. М. Хаостов, А. С. Алексеев, Ф. А. Рейн, Б. К. Млодзеевский, В. И. Вернадский, С. А. Чаплыгин.

Зеленский

честве плоскости Oxy возьмем горизонтальную плоскость, по которой катится шар. Разбивая его движение на поступательное, определяемое движением центра шара, и на вращение вокруг него, мы, следуя методу Линделефа, определили бы движение шара пятью уравнениями — двумя, дающими движение центра S шара:

$$x_C = f_1(t), y_C = f_2(t),$$

и тремя, определяющими вращение шара вокруг центра, например тремя

углами Эйлера. Это было бы вполне правильно, если бы мы рассматривали свободное движение шара в пространстве, подчиненное только одной голономной связи $z_C = R$. В действительности же на шар наложена еще одна связь, а именно: скорость точки касания шара с плоскостью должна быть равна нулю. Это условие сразу определяет проекции угловой скорости ω на оси Ox и Oy :

$$\omega_x = -\frac{1}{R} \left(\frac{dy_C}{dt} \right), \quad \omega_y = \frac{1}{R} \left(\frac{dx_C}{dt} \right).$$

Остается неопределенной только проекция ω_z угловой скорости. Мы получаем тело, обладающее только тремя степенями свободы, на которое наложены три связи (одна голономная и две неголономных):

$$z_C = R, v_{Cx} = R\omega_y, v_{Cy} = R\omega_x.$$

В качестве дальнейших примеров неголономных систем можно привести велосипед, скользящие по льду коньки, серсо, направляющие ролики счетных приборов и т. д. Чаплыгин дал обобщение уравнения Лагранжа для случая, когда на скорости некоторых точек тела налагаются ограни-

чения. Эти уравнения вошли в курсы механики под названием «уравнений Чаплыгина». Работы 1897 и 1898 гг. по механике неголономных систем, а также по движению твердого тела в жидкости, представленные в Академию наук на соискание премии графа Д. А. Толстого, удостоились присуждения Большой золотой медали.

Кроме Чаплыгина неголономными системами также занимался П. В. Воронцов (1871—1923).

Решение аэродинамических задач

Одним из первых чисто аэродинамических произведений Чаплыгина была его докторская диссертация «О газовых струях», защищенная им в 1903 г. Основные идеи ее можно было заметить у Чаплыгина и ранее. Так, в 1896 г. он делал в Математическом обществе доклад «О движении газа с поверхностями разрыва», а в 1901 г. на XI съезде русских естествоиспытателей и врачей — «О струевых течениях газа». Целью докторской дис-

сертации была разработка метода, который позволил бы решать задачи о движении сжимаемой жидкости. Данное Чаплыгиным решение заключается в том, что если есть решение соответствующей задачи для несжимаемой жидкости, то при помощи некоторых преобразований можно получить решение и в случае сжимаемой жидкости.

Эта работа Сергея Алексеевича встретила восторженные отзывы ряда ученых, но практического приложения в то время она иметь не могла, так как при движении с дозвуковыми скоростями влияние сжимаемости невелико, а для скоростей, превосходящих скорость звука, приложение метода Чаплыгина встречало очень большие трудности. Общемировое значение работа получила только в 1935 г. на конгрессе в Риме по боль-

шим скоростям в авиации. Таким образом, работа Чаплыгина опередила техническое решение задачи примерно на 30 лет.

Н. Е. Жуковский и С. А. Чаплыгин — преподаватели теоретической механики

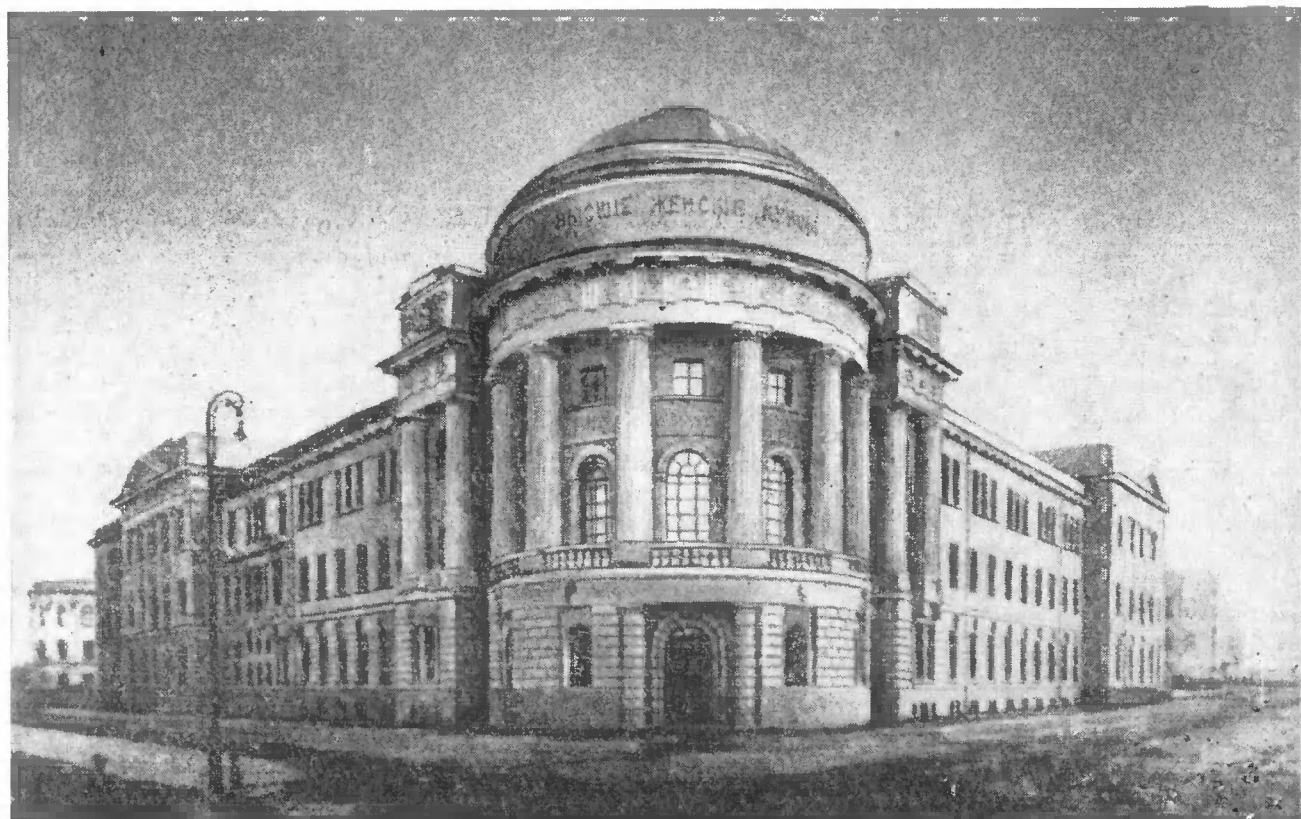
В 1903 г. Чаплыгин был избран профессором Московского университета и начал читать лекции по теоретической механике. Его преподавательская работа продолжалась вплоть до 1911 г., когда Сергею Алексеевичу вместе с другими прогрессивными профессорами пришлось уйти из университета в знак протеста против реакционной политики министра народного просвещения Л. А. Кассо. Несмотря на непродолжительное пребывание Чаплыгина в университете, его деятельность оставила очень заметные следы.

В конце XIX и начале XX вв. преподавание механики в московских высших учебных заведениях велось, по

существу, под руководством Жуковского и Чаплыгина. Жуковский читал лекции в МВТУ и в Московском университете. В МВТУ чтение механики занимало два года¹: на первом курсе преподавалась так называемая теоретическая механика, а на втором — аналитическая. В первом семестре читалась статика вместе с графостатикой и теорией расчета ферм, а на втором — геометрический курс кинематики (без дифференциального исчисления) и начала динамики. Читавшаяся на втором курсе аналитическая механика содержала кинематику точки в том виде, в котором теперь преподается начальная часть этой науки (определение траекторий, скоростей, ускорений), затем шли доказательства теоремы Кориолиса при помощи девиаций, интегрирование уравнений

¹ Я хочу более подробно остановиться на той последовательности, в которой преподавался курс механики, так как, по моему мнению, это будет интересно для преподавателей и студентов, интересующихся данным разделом науки.

Здание Московских Высших женских курсов (ныне Педагогический институт им. В. И. Ленина), построенное благодаря усилиям С. А. Чаплыгина.



динамики точки (в том числе рассматривалось и движение планет, но без учета их колебательных движений), динамика системы и, наконец, аналитическая статика, а также теорема Кастильяно.

В университете механика читалась на 2-м и 3-м курсах; в третьем семестре давались сначала кинематика, затем статика без графостатики, а в четвертом семестре — динамика точки, в которую входило интегрирование дифференциальных уравнений прямолинейного движения, задачи математического маятника и движения планет и, наконец (что представляло особенность курса Жуковского) — теория притяжения. Во время моего пребывания в университете (1911—1915 гг.) основным учебником на втором курсе было литографированное издание первой части механики Жуковского.

На третьем курсе основным пособием было печатное издание аналитической статике Чаплыгина и его же динамика системы, причем в чтении своих лекций Жуковский придерживался того же порядка. Появление этих печатных изданий объяснялось тем, что Чаплыгин преподавал именно на третьем курсе и вел там практические занятия.

Я посещал семинары Жуковского по механике: он диктовал каждый раз для самостоятельного решения около 10 задач, которые в следующий раз решались студентами по предварительной записи (это было необходимо, так как для получения зачета студенту, решившему задачи на семинаре, оставалось только представить тетрадь с готовыми решениями; для тех, кто не успевал это сделать, в конце семестра устраивалось нечто вроде репетиции: ставилось шесть-семь досок, на которых студент решал задачу по своему выбору с тем лишь ограничением, чтобы выбранный им вопрос не попал одновременно кому-либо из остальных пяти-шести отвечающих). Задачи Жуковский диктовал наизусть; когда мы его просили сообщить ответ, он давал его, подумав минуту, и ответ был верным; ошибок здесь Николай Егорович не делал, хотя во время чтения лекций они иногда бывали. Задачи на семинарах Жуковский брал главным обра-

зом из сборника Jullien'a, который рекомендовал и нам.

Что касается семинаров Сергея Алексеевича, то он разбирал на них свои специальные задачи, в которых интеграл дифференциального уравнения движения получался в элементарных функциях, и только при специальном подборе начальных условий. Эти задачи Сергей Алексеевич тоже давал наизусть, не ошибаясь в условиях, иногда довольно сложных.

С. А. Чаплыгин — директор Высших женских курсов

В конце 1905 г. профессорская коллегия Московских Высших женских курсов избрала С. А. Чаплыгина директором. Курсы были открыты еще в 70-х годах известным историком Владимиром Ивановичем Герье и возглавлялись им в течение 16 лет. Потом они были закрыты Министерством народного просвещения и восстановлены только в 1899 г. под руководством того же Герье, занимавшего пост их директора до 1905 г. Курсы эти были частными, существовали в основном на плату, вносившуюся учащимися, и на небольшие субсидии от правительства. Так как они не имели своего помещения, то нужно было построить специальное здание. Сергею Алексеевичу удалось получить бесплатно участок земли на Девичьем поле, после чего он приступил к строительству, имея в своем распоряжении всего лишь около 60 тыс. рублей, и все же ему удалось построить великолепное здание, и теперь еще являющееся одним из лучших учебных корпусов Москвы. Об этом шедевре строительной и административной деятельности Сергея Алексеевича по Москве ходили легенды, о которых его биограф В. В. Голубев пишет:

«Рассказывали, что будто бы строительство курсов шло так. Прежде всего он заложил пожертвованную курсам землю и на полученные деньги и на имевшиеся 60 тысяч построил первый этаж первого корпуса, затем заложил этот первый этаж и на полученные деньги построил второй этаж и так дальше, пока не построил весь первый корпус, заложив который.

приступил к постройке второго корпуса. Если этот рассказ и не вполне верен, то во всяком случае он близок к истине. Когда уже много позднее Сергею Алексеевичу напоминали об этих героических временах, то он только весело и хитро смеялся, не рассказывая о всех подробностях своих финансовых и административных деяний»¹.

Дальше для характеристики хозяйственной деятельности С. А. Чаплыгина В. В. Голубев рассказывает один анекдот, который мы приведем в несколько исправленном виде. Это было уже много позднее, когда в ЦАГИ построили большую аэродинамическую трубу. В ней для определения сопротивления воздуха продули ряд моделей: мотоциклиста, лошади, автомобиля, чучела вороны и живого петуха; принесенные сотрудниками счета Сергей Алексеевич все оплатил, кроме лишь последнего. Он сказал: «...Я вам оплатил бы; но что вы потом сделали с петухом? Ведь вы же его съели!». Таким образом, *corpus delicti*² помешал петуху попасть в собрание продутых моделей.

Директором Московских высших женских курсов Сергей Алексеевич оставался до 1918 г., когда курсы, преобразованные сначала во второй Государственный университет, были позже слиты с Московским университетом.

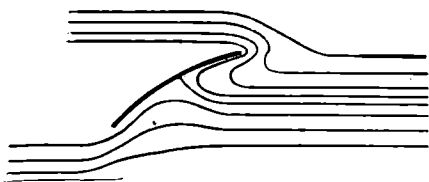
Работы по теории воздушных полетов

В конце 1909 г. Жуковский делал доклад на XII съезде русских естествоиспытателей и врачей о возникновении подъемной силы крыла самолета. Присутствовавшему на докладе Чаплыгину пришла мысль, что все трудности, связанные с определением циркуляции скорости, могут быть обойдены, если учесть то обстоятельство, что крыло заканчивается острой кромкой, с которой срываются линии тока на верхней и нижней сторонах крыла.

Тут же после заседания Чаплыгин

¹ В. В. Голубев. Сергей Алексеевич Чаплыгин. Изд-во бюро новой техники, 1947.

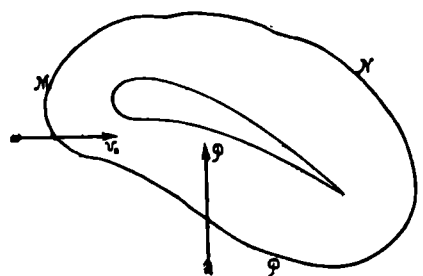
² *Corpus delicti* — состав преступления (лат. юрид. термин).



Парадокс Л. Эйлера и его объяснение. «...Эйлер показал, что если в невязкой жидкости движется тело с постоянной скоростью, то оно не будет испытывать никакой силы сопротивления. Если тело держать в потоке, то, опять-таки никакой равнодействующей при этом не развивается. Долгое время не замечали, что теорема Эйлера применяется с известными ограничениями, о которых речь будет впереди.

Поэтому поддерживающей силы искали в разрыве, который возникает благодаря острому краю крыла. Основываясь на теории разрыва, возникновение поддерживающей силы можно было бы объяснить образованием области спокойной жидкости позади крыла (см. рис.).

Но подсчеты давали очень небольшую величину поддерживающей силы, которую дает поток при малых углах. Этой силы далеко не достаточно, чтобы объяснить явление полета. В 1906 г. появилась статья проф. Н. Е. Жуковского «О присоединенных вихрях», в которой указано правильное отношение к знаменитому парадоксу Эйлера. Оказывается, что не принималось во внимание одно обстоятельство: применение этого парадокса возможно только в том случае, когда потенциал скоростей представляет однозначную непрерывную функцию во всей области, занятой жидкостью.



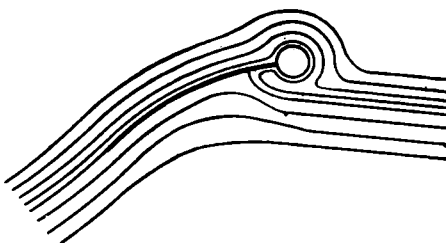
Возникновение поддерживающей силы. «...Н. Е. Жуковский показал, что если у нас имеется поток, обтекающий цилиндр, и циркуляция скорости по охватывающему его контуру конечна и отлична от нуля, то раз-

вивается сила, перпендикулярная к направлению скорости.

Если обозначить скорость потока в бесконечно удаленных точках через v_0 , поддерживающую силу, перпендикулярную к скорости, через P , циркуляцию скорости по произвольному, охватывающему цилиндр контуру через C (величина C не зависит ни от формы, ни от размеров контура $MNPM$), плотность жидкости через ρ , то между этими величинами существует зависимость:

$$P = C v_0 \rho.$$

Эта формула справедлива и в случае существования присоединенных вихрей...» (стр. 8).



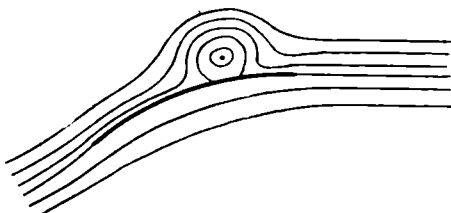
Модель крыла с притуплением с одной стороны. «...Весьма существенно рассмотреть такой случай, когда поток стремится на крыло не по направлению хорды, а как-нибудь иначе. Этот вопрос я также разрешил, обратив внимание на ту причину, которая не позволяет найти поток, удовлетворительно решающий дело в разобранном случае. Все затруднение в том, что на крыле рассмотренного типа имеется 2 математически острых ребра. Для того, чтобы устранить указанное стеснение, достаточно было рассмотреть модель крыла с притуплением с одной стороны.

Я рассматривал именно такую модель. Сечением ее является та же самая дуга круга, но снабженная на одном из концов насадком в виде кружка, пересекающего дугу под прямым углом. Радиус насадка, конечно, надо предполагать небольшим, так как он должен изображать естественную притупленность переднего края крыла, реально никогда не имеющего математически острой формы. Оказывается, что задачу в такой форме можно разрешить вполне точно при названных углах наклона хорды к скорости потока вдали...» (стр. 10).



Форма крыла с зубцами. «...Я имею возможность выделить широкий класс таких кривых, которые можно охватить этим исследованием. В виде примера укажу форму с зубцами на нижней поверхности крыла, которые можно построить так, что подъемная сила его увеличится.

Надо прежде заметить, что неудачные очертания зубцов могут повлечь и уменьшение подъемной силы. В моем труде приведены формулы для расчета очертаний зубцов...» (стр. 13).



Влияние присоединенных вихрей. «...Наконец, я коснулся влияния на крыло присоединенных вихрей. Присоединенный вихрь должен иметь форму шнура, параллельного образующим крыла и расположенного близ выпуклой его поверхности.

Сам по себе вихрь не вносит непосредственного добавочного давления на обтекаемую пластинку, но влияние его сказывается косвенно, так как он меняет циркуляцию по главному контуру, окружающему пластинку. Изменение может быть довольно значительно. На опыте, сколько мне известно, таких изменений не наблюдалось; по всей вероятности, сопутствующий вихрь, благодаря своей неустойчивости, не может оставаться около пластинки...» (стр. 13).

Все приводимые здесь рисунки и подписи под ними взяты из работы С. А. Чаплыгина «Результаты теоретических исследований о движении аэропланов», доложенной на заседании научно-технического комитета Московского общества воздухоплавания 27 октября (9 ноября) 1910 г. и опубликованной в 1911 г.

сообщил свои соображения Жуковскому, причем выяснилось, каким образом можно определить величину циркуляции и тем самым решить полностью задачу о подъемной силе самолетов.

После этого начинается ряд работ Сергея Алексеевича в области теории воздухоплавания. В течение 1910—1911 гг. он делает серию докладов в Математическом обществе («Об ударе потока на дугу круга», «К теории биплана и руля высоты», «К теории полета птиц и насекомых», «К теории поддерживающей силы изогнутых планов», «Результаты теоретических исследований о движении аэропланов») и выпускает работу «О давлении плоскопараллельного потока на преграждающие тела (к теории аэроплана)». В ней при помощи теории функций комплексного переменного были выведены формулы для определения величины и точки приложения подъемной силы самолета и предложены профили крыльев с закругленным передним концом, в частности так называемые «профили Жуковского». В 1914 г. была написана работа «Теория решетчатого крыла», а в 1922 г.— «К общей теории крыла моноплана».

С. А. Чаплыгин — руководитель ЦАГИ

После смерти Н. Е. Жуковского в 1921 г. Сергей Алексеевич избирается председателем коллегии Центрального аэрогидродинамического института, и перед ним снова ставится задача строительства — теперь уже экспериментальной базы ЦАГИ, который до сих пор, не имея собственных лабораторий, пользовался установками, имевшимися в аэродинамической лаборатории МВТУ. Сергей Алексеевич взял на себя руководство строительной комиссией, и коллектив ЦАГИ в очень короткий срок создал полный комплекс лабораторий, сразу выдвинувший ЦАГИ в первый ряд научно-исследовательских институтов мира. Одновременно был построен опытный завод, выпустивший ряд всемирно известных самолетов легкой и тяжелой авиации.

Будучи директором ЦАГИ, С. А. Чаплыгин создает ряд работ, посвященных теории авиации, исходными

пунктами которых можно считать две статьи: «О давлении плоскопараллельного потока на преграждающие тела (к теории аэроплана)» (1910) и «К общей теории крыла моноплана» (1922). Последняя работа дает методы, при помощи которых определяются условия устойчивости самолета, аналогичные тем, которые были получены для устойчивости плавания твердых тел в жидкости. Чаплыгин показал, что для любого профиля геометрическим местом метacentров¹ (так называемой метacentрической кривой) будет парабола. Приводя систему сил воздушных давлений на самолет к простейшему виду и взяв центр приведения в фокусе этой параболы, мы получаем следующую теорему Чаплыгина: силы давления воздуха на крыло приводятся к результирующей силе R , проходящей через фокус, и постоянной паре сил, момент которой (опрокидывающий момент) равен произведению подъемной силы на расстояние от фокуса параболы до линии действия подъемной силы.

Вид и положение метacentрической кривой (или параболы устойчивости Чаплыгина) определяют характер устойчивости данного самолета. Если подобрать профиль крыла так, чтобы опрокидывающий момент равнялся нулю, то, вследствие постоянства опрокидывающей пары, можно сделать, чтобы подъемная сила проходила через неизменную точку крыла, так что центр давления крыла с данным профилем будет постоянным. Если ось вращения крыльев проходит через этот центр, то управление самолетом становится очень простым, так как моменты сил давления воздушного потока будут взаимно уравновешены. Кроме того, Сергей Алексеевич создал еще серию профилей крыльев, известных под именем профилей Чаплыгина. От профилей Жуковского они отличаются острой задней кромкой с конечным углом; это обстоятельство не меняет величины подъемной силы для соответствующего профиля Жуковского, но делает крыло более устойчивым.

¹ Метacentром называется точка пересечения двух линий действия давления жидкости на корпус корабля, получающихся при бесконечно малом изменении угла наклона корабля.

Следующие работы Чаплыгина касались крыльев с подвижными частями (механизированных). Это—«Схематическая теория разрезного крыла» (1921), посвященная памяти Н. Е. Жуковского; «К теории отрывка и закрывка» (1931) и «К теории предкрылка и закрывка» (1935). В 1936 г. была написана статья «К теории триплана», имевшая большое значение в практике самолетостроения.

Одна работа Чаплыгина касается неустановившегося движения: это написанная в 1926 г. статья «О влиянии плоскопараллельного потока воздуха на движущееся в нем цилиндрическое крыло» — родоначальница работ советских ученых в области теории неустановившегося движения для профиля, форма которого постоянна или меняется со временем.

В 1929 г. Сергей Алексеевич был избран в академии. Г. М. Кржижановский, В. Ф. Миткевич и он стали первыми членами новообразованного в Академии Отделения технических наук.

В 1931 г. Чаплыгин по состоянию здоровья покидает пост директора ЦАГИ, продолжая работу в нем в качестве начальника общетеоретического отдела, а с 1940 г.—начальника носящей его имя аэродинамической лаборатории ЦАГИ.

В 1941 г., после начала Отечественной войны, Центральный аэрогидродинамический институт эвакуируется в Новосибирск, и Сергею Алексеевичу еще раз приходится заняться организационной деятельностью по переводу и приспособлению ЦАГИ к работе на оборону Родины и строительством новых лабораторий. За этим и застает его смерть 8 октября 1942 г.

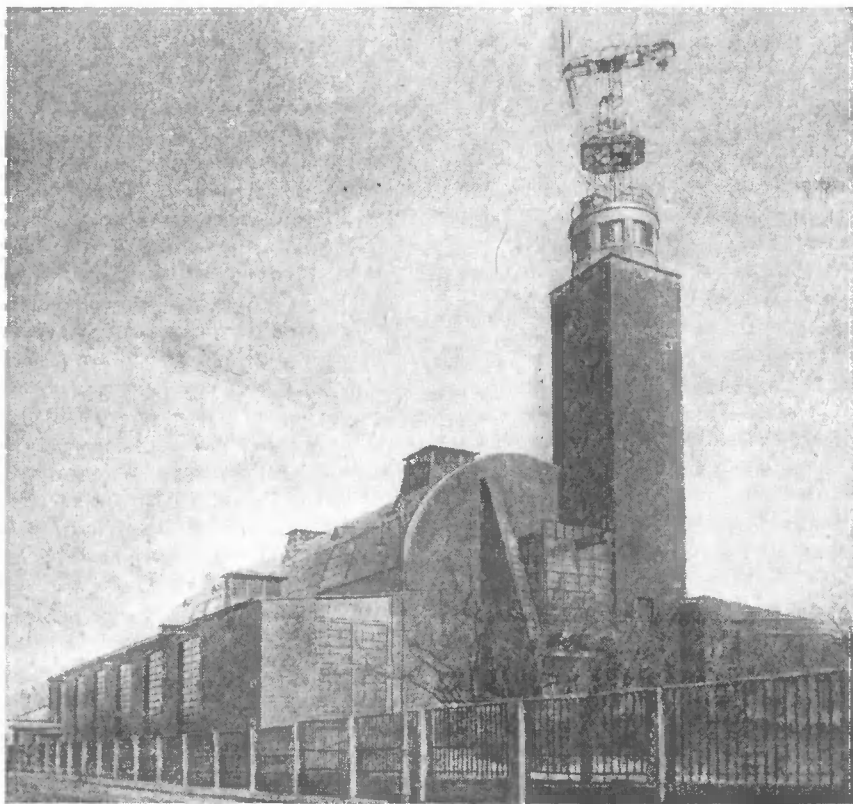
Учитель и ученик

Имена Н. Е. Жуковского и С. А. Чаплыгина неразделимы в истории русской механики и теории воздухоплавания и авиации первой четверти XX в. Их деятельность настолько органически связана, что даже они сами не могли решить, кто же из них первый открыл знаменитую теорему Жуковского — Чаплыгина о циркуляции. Кроме того, мы видели, что курс теоретической механики Московского

*Н. Е. Жуковский (первый слева) и
С. А. Чаплыгин (первый справа) в
президиуме XIII съезда Общества
русских естествоиспытателей и вра-
чей. Тифлис, 1913 г.*



*Аэродинамическая лаборатория им.
С. А. Чаплыгина в Москве.*





А. П. Карпинский, С. А. Чаплыгин и В. И. Вернадский в санатории им. М. Горького в Кисловодске. 1935 г.

университета в равной мере созданы обоими. Но даже в этой узкой области знания можно отметить большие расхождения между ними.

Исследования Николая Егоровича почти всегда идут от частного к общему, от конкретного наблюдения или практической потребности к общей теории; его научные работы, если исключить обе диссертации, представляют ряд статей, объединенных не общей мыслью, но лишь постоянством предмета исследования. Очень характерно, что Николай Егорович, читая много раз курсы механики в двух разных учебных заведениях, никогда не заботился о том, чтобы самому написать курс теоретической механики, а предоставлял это своим слушателям; так было и в университете, и в МВТУ. Что касается Сергея Алексеевича, он, несмотря на то что читал механику лишь на третьем кур-

се, все-таки сам написал курс своих лекций и позаботился о его издании. Если мы возьмем совокупность его работ в области авиации начиная с 1910 г., то увидим, что они представляют единую последовательность, объединяемую не предметом исследования, но развитием мысли исследователя. Николай Егорович считал, что цель механики — составление таких уравнений, которые можно проинтегрировать, для чего обязательно нужно уметь выбирать приближенную картину явления, его наиболее характеризующие черты, а Сергей Алексеевич пользовался приближениями только тогда, когда мог определить погрешность, которую они дают. Недаром с начала XX в. он много занимался выработкой приближенных методов интегрирования дифференциальных уравнений.

Для Сергея Алексеевича практические приложения получались сами собой как результаты теории, но не наоборот. Правда, в этом отношении большую роль играло то обстоятельство, что ум Сергея Алексеевича, хо-

тя и математический, не был абстрактным; в математике он ценил теорию дифференциальных уравнений, функций комплексного переменного, дифференциальную геометрию, но скептически относился к высшей алгебре, топологии, общей теории функций и, конечно, к теории множеств (нужно сказать, что в этом случае его точку зрения разделял и Николай Егорович). Теория, не разработанная до конца, не привлекала его внимания; очень характерно, что Сергей Алексеевич не признавал теории пограничного слоя. Он очень скептически относился и к теории относительности. По моему мнению, это было следствием того, что в его время она еще не была разработана в полной мере. Равным образом оба выдающихся ученых не пользовались уже начинавшей тогда появляться векторной алгеброй: скалярное произведение Николай Егорович именовал «геометрическим», а о векторном даже не упоминал. В этом отношении Жуковский и Чаплыгин напоминают Гюйгенса, который знал дифференциаль-

ное исчисление Лейбница, понимал его, но не пользовался им, поскольку, говорил он, «я могу решать механические задачи и без него».

Сергей Алексеевич Чаплыгин, как это иногда бывает,— человек, во многом резко противоположный своему учителю и другу Жуковскому. Известно, что основателями классической динамики были три человека: Галилей, Гюйгенс и Ньютон, принадлежащие к разным классам и резко отличающиеся по своим воззрениям. Все трое занимались, кроме механики, математикой, оптикой и астрономией. Создатели русской аэродинамики также заметно разнились по своим вкусам: Николай Егорович мог назвать каж-

дое растение средней полосы России; Сергей Алексеевич любил плавание, прогулки и греблю, но, отдыхая в санатории, предпочитал шахматы цветущим растениям. Николай Егорович не был силен в практической жизни— всю организационную работу за него проделывали безумно любившие его ученики. Как мы видим, Сергей Алексеевич кроме Высших женских курсов провел всю организационную работу в ЦАГИ и принимал деятельное участие в общественно-политической жизни страны. В механике Николай Егорович принадлежал к геометрической школе Пуансо и большинство своих работ начинал в связи с конкретными задачами практики. Сергей Алексее-

вич был чистым аналитиком типа Ж. Лагранжа и приходил к практическим итогам если и не против воли, то, во всяком случае, автоматически, добиваясь логического развития математической теории. И тем не менее оба ученых совершенно неотделимы в научной работе, в деятельности в ЦАГИ и в преподавании в университете.

С. А. Чаплыгин относился к числу тех замечательных ученых, которые умели правильно задать природе вопрос и тем самым уже наполовину обеспечить исчерпывающий ответ на него.

УДК 92. Чаплыгин

С. А. Чаплыгин о подъемной силе крыла

Академик С. А. Христианович



Сергей Алексеевич Христианович, заведующий лабораторией Института проблем механики АН СССР. Занимается вопросами аэродинамики и газовой динамики.

История открытия законов полета— одна из наиболее драматичных в науке. Люди веками наблюдали полет птиц, но до начала нашего века все еще оставалось неясным, почему птицы при небольших силах и малых запасах энергии могут совершать длительные перелеты с очень большими скоростями.

Первая теория сил, действующих на тело при его движении в газообразной среде, принадлежала творцу классической механики И. Ньютону. Однако дальнейшие расчеты и наблюдения показали, что его теория не объясняет возможности полета (слишком большое сопротивление при малой подъемной силе). В XVIII в. Л. Эйлер построил модель идеальной жидкости (жидкости, лишенной вязкости) и дал математическое описание ее движения. Из его теоретических взглядов следовало, что при равномерном перемещении твердого тела в безграничном, безвихревом

потоке идеальной жидкости равнодействующая сил, приложенных к телу, равна нулю. Это также явно противоречило опыту и, как справедливо считали, было следствием допущения, что в жидкости отсутствуют вихри и вихревые поверхности. С другой стороны, было показано, что и в однородной жидкости, лишенной вязкости, в потенциальном силовом поле вихри не могут возникать. Таким образом, создавался как бы порочный круг.

В течение XIX в. вопросом о силах, возникающих при движении твердых тел в жидкости, занимались такие выдающиеся физики, как Дж. Стокс, Г. Гельмгольц, Г. Кирхгоф, В. Томсон и Дж. Рэлей. Они внесли большой вклад в гидродинамику, но проблема полета оставалась все еще нерешенной.

К концу XIX в. стало ясно, что вскоре будут осуществлены полеты на аппаратах тяжелее воздуха, и, дейст-



С. А. Чаплыгин в бытность его руководителем семинара общетеоретической группы ЦАГИ (1935—1940 гг.).

вительно, в 1903 г. братья Райты совершили свой первый полет. К тому времени было проведено много опытов по определению подъемной силы и силы сопротивления (О. Лилиенталь, А. Пено, С. Ленгли и др.). Однако природа подъемной силы все же бы-

ла неясна и крыло самолета недоступно расчету.

Сейчас исследование обтекания твердых тел потоком жидкости или газа, определение действующих при этом сил, отыскание оптимальной формы крыльев самолета, лопастей воздушных винтов, лопаток компрессоров и турбин и т. д. составляет обширную самостоятельную область механики — аэродинамику. В основе аэродинамики лежит теория подъемной силы крыла.

Основным моментом в создании основ аэродинамики явилось понимание того, что при обтекании тел специальной формы (крыльев) может, под действием сил вязкости, устанавливаться особое циркуляционное течение, чрезвычайно близкое к потоку идеальной жидкости. Такой циркуляционный поток порождает подъемную силу и систему вихрей. При этом силы сопротивления, обусловленные непосредственно действием вязкости, могут быть очень малы. Благодаря наличию вязкости течение существенно изменится только в очень тонком «пограничном слое» у поверхности тела. Решающее значение имело теоретическое исследование предельного случая — равномерного движения цилиндрического крыла бесконечного размаха в потоке идеальной жидкости. При особой форме такого крыла (указанной С. А. Чаплыгиным) возникает подъемная сила при нулевом сопротивлении.

В раскрытии тайны полета и создании основ аэродинамики большую роль сыграли два выдающихся русских ученых: Н. Е. Жуковский и С. А. Чаплыгин. Связанные между собой дружбой и общностью научных интересов, они, благодаря особенностям таланта и характера, шли в области науки каждый своим путем, но в решающий период, когда была открыта природа подъемной силы крыла, работы Н. Е. Жуковского и С. А. Чаплыгина тесно соприкасаются и дополняют друг друга.

Наибольшее значение имела работа Н. Е. Жуковского «О присоединенных вихрях»¹ и работа С. А. Чаплыгина «О давлении плоскопараллельного потока на преграждающие тела (к теории аэроплана)»², которая была доложена Московскому математическому обществу в феврале 1910 г. В ней С. А. Чаплыгин вновь находит выражение для подъемной силы через циркуляцию потока, которое ранее было получено Н. Е. Жуковским. Самое же замечательное в этой рабо-

¹ Н. Е. Жуковский. О присоединенных вихрях. «Тр. отдел. физ. наук», т. XIII, 1906, вып. 2.

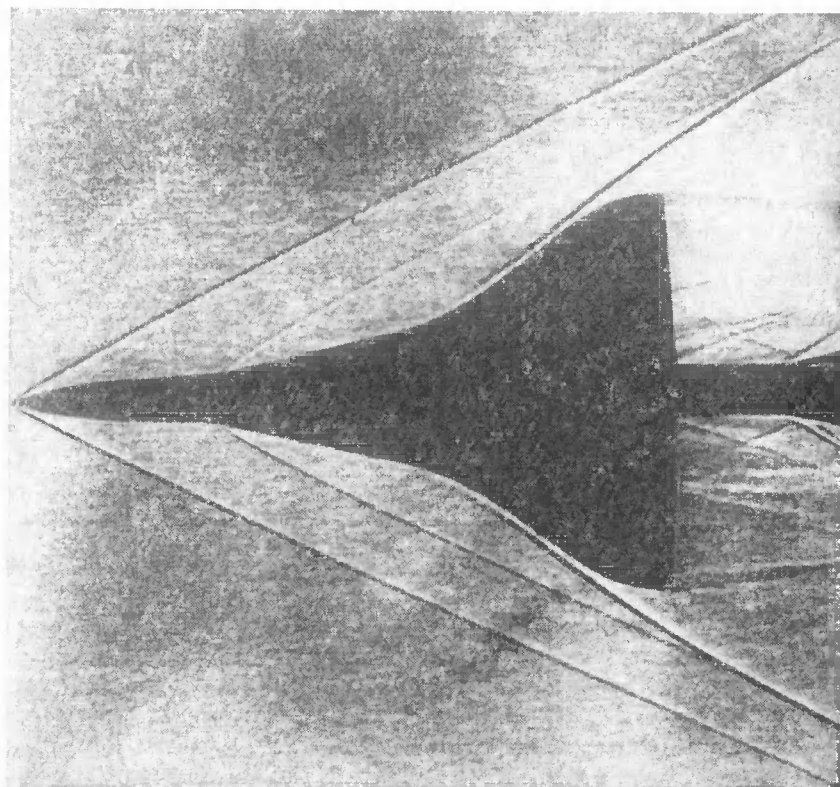
² С. А. Чаплыгин. О давлении плоскопараллельного потока на преграждающие тела (к теории аэроплана). «Матем. сб.», т. XXVIII, 1910.

те — утверждение, что если профиль крыла имеет скругленную переднюю и острую заднюю кромки, то при его равномерном движении в жидкости устанавливается циркуляционное течение с непрерывно сходящим потоком у острой кромки. При этом возникает подъемная сила, пропорциональная углу атаки. Дальнейшие опыты показали, как устанавливается такое обтекание, и сделали гипотезу С. А. Чаплыгина почти совершенно очевидной. Таким образом была открыта основная особенность формы крыла!

Нельзя сказать, что Н. Е. Жуковский и С. А. Чаплыгин не имели предшественников. Возникновение подъемной (боковой) силы, действующей на вращающиеся шаровые ядра в плоскости, перпендикулярной вектору скорости полета, было установлено по анализам стрельб еще в первой половине XVIII в.¹ В 1853 г. появилось замечательное исследование Г. Магнуса², в котором изложены его опыты по измерению боковой силы, возникающей при обтекании вращающегося цилиндра широкой струей. В этой работе дано объяснение того, как возникает боковая (подъемная) сила в циркуляционном потоке.

При вращении цилиндра под действием сил вязкости постепенно возникает вращательное (циркуляционное) течение, которое накладывается на основное. С той стороны, где скорости при сложении увеличиваются, давление на поверхность цилиндра уменьшается, а с противоположной стороны, где скорости уменьшаются, — давление увеличивается. Так возникает боковая сила.

В 1877 г. была опубликована работа Рэлея³, где он, пользуясь моделью идеальной жидкости, вычислил подъемную силу при циркуляционном обтекании цилиндра (течение Магнуса) и в этом частном случае получил



Обтекание модели самолета при сверхзвуковых скоростях.

установленную позже общую теорему Н. Е. Жуковского.

В 1902 г. была опубликована работа В. Кутты⁴, в которой решена задача обтекания крыла непрерывным потоком идеальной жидкости, причем крыло представляет часть поверхности бесконечного кругового цилиндра. Если скорость потока параллельна его хорде, то можно найти циркуляционный поток, который плавно обтекает острые кромки крыла. Снова была вычислена возникающая при этом подъемная сила.

В 1906 г. была установлена знаменитая теорема Н. Е. Жуковского, выражающая подъемную силу через циркуляцию потока.

Все эти исследования, однако, еще не связывались с теорией полета. Это было сделано лишь после появления упомянутой работы С. А. Чаплыгина

«О давлении плоскопараллельного потока на преграждающие тела (к теории аэроплана)», работы Н. Е. Жуковского «О контурах поддерживающих поверхностей аэропланов»¹ и еще одной работы В. Кутты².

В лекции «Результаты теоретических исследований о движении аэропланов» С. А. Чаплыгин в популярной форме, ссылаясь на предшествующие труды, излагает содержание своей замечательной работы и приводит соображения о возможной картине обтекания крыла конечного размаха.

Вскоре, всего через несколько лет, вихревая теория крыла конечного размаха в законченной математической форме была создана Л. Прандтлем — для крыла самолета и Н. Е. Жуковским — для лопасти винта.

¹ Впервые опубликовано в «Zs. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt», № 22, 1910, S. 281—284.

² W. Kutta. Über eine mit den Grundlagen des Flugproblems in Beziehung stehende zweidimensionale Strömung. Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-physikalische Klasse. München, 1910, UDK 533.6

¹ B. Robins. Nouveaux principes d'artillerie. Grenoble, 1771.

² G. Magnus. Über die Abweichung der Geschosse. Abhandlungen der Königlich Akademien der Wissenschaften zu Berlin, 1853.

³ Baron Rayleigh. On the irregular flight of a tennis-ball. «Messenger of Mathematics», v. VII. L., 1877, pp. 14—16.

⁴ W. Kutta. Auftriebskräfte in Strömenden Flüssigkeiten. «Illustrierte Aeronautische Mitteilungen». München, 1902, S. 133.

Как началась русская журналистика

Э. А. Лазаревич
Кандидат филологических наук

«Ежемесячные сочинения»... доказали пользу периодических изданий и побуждали других писателей вступить также на поприще журнальной деятельности, до той поры совершенно им неизвестное.

«Современник», 1851.



Элеонора Анатольевна Лазаревич, доцент факультета журналистики МГУ, заведует кафедрой техники газетного дела и средств информации. Научные интересы связаны с историей и теорией популяризации науки. Автор монографии: *Искусство популяризации. Академики С. И. Вавилов, В. А. Обручев, А. Е. Ферсман — популяризаторы науки, М., «Наука», 1960.*

Шла к концу первая четверть XVIII века. Крупнейшие преобразования, военные успехи превратили дворянско-помещичью Россию в одно из сильнейших государств мира.

«Не останавливаясь перед варварскими средствами борьбы против варварства»¹, Петр I разрушал устоявшийся быт, насаждал новые обычаи и порядки. Государству были нужны грамотные люди, специалисты для развития отечественной промышленности, ученые.

Быстрыми темпами осуществляется просветительская программа Петра. Создается Академия. Создается не по принятому в прочих государствах образцу, где ее единственная цель — способствовать развитию наук. Академии в России было предписано решать три задачи: «науки производить», «младых людей публично обучать» и готовить тех, кто будет обучать их впредь².

Академия стала центром издательской жизни государства. Тогда-то и появилось первое в России издание журнального типа на русском языке.

В 1726 г. Академии была передана газета «Санкт-Петербургские ведомости», выходившая с 1702 г. Газету читали мало. Познания людей в полити-

ке, географии и других науках были ничтожны. Каждая статья нуждалась в объяснении понятий и имен, в ней упоминавшихся. Объяснения эти, загромождавшие газету, стали печататься в виде прибавлений, а в 1728 г. вышло в свет новое издание: «Месячные исторические, генеалогические и географические примечания в Ведомостях»¹. Их цель — объяснить термины и имена, встречающиеся в «Ведомостях», и комментировать события. Объем «Примечаний» был постоянный — пол-листа (восемь страниц) в восьмую его долю. Годовая подписка на газету стоила 2 р. 50 к. «Примечания» рассылались с ней вместе бесплатно по почтовым дням (дважды в неделю).

Среди известий о бракосочетаниях королей и принцесс, сообщений о наградах и поощрениях в «Примечаниях» первых лет мы находим такие комментарии: «О камне асбесте и полотне, которое из одного камня делается», «Дело о мумии», «История о мореплавании к западным странам», «Рассуждение господина придворного советника и профессора Вольфа о Орфирейском перпетуо мобиле», «О квадратуре циркуля», «О прибывании воды в реке Неве».

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 36, стр. 301.

² См. Материалы для истории Императорской Академии наук, т. I, СПб., 1885, стр. 16.

¹ Каждый номер «Примечаний» назывался частью. В 1728 г. вышло 10 частей; в последующие годы, как правило, выходило по 104 части. Издание за год имело общую нумерацию.

Титульный лист № 1 газеты «Санкт-Петербургские ведомости» за 1728 г. (вверху).

Титульный лист № 2 «Санкт-Петербургских ведомостей» за 1730 г. (внизу).

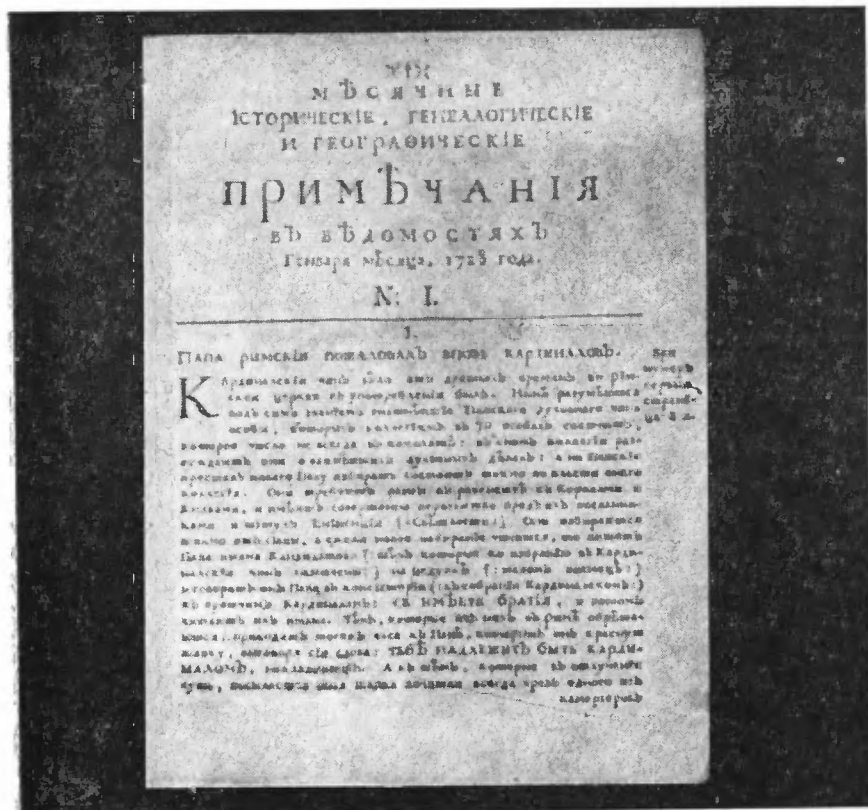
В «Примечаниях» второй половины 30-х годов печатаются официальные сообщения, описания празднеств, иногда стихи. Но теперь уже основное содержание издания — научно-популярные статьи на философские, астрономические, геологические и т. п. темы.

До 1738 г. статьи печатались в основном анонимно, после — подписывались двумя инициалами. Название еще не сложилось и пишется по-разному: то «Примечания при Ведомостях», то «Примечания в Ведомостях», то «Примечаний к Ведомостям» и т. п.

«Примечания» первых лет трудно назвать журналом. Это все еще приращения к газете, тесно с ней связанные. Между частями, за редким исключением, нет преемственности в содержании и структуре. Со временем издатель «Примечаний» все больше стремится комментировать не отдельные понятия, а целые проблемы. Такие статьи не умещаются в одной части, занимают две, а то и три. При этом нарушается правило отсылки каждой публикации к номеру газеты, с которым она рассылается. Постепенно меняется периодичность «Примечаний»: вместо восьми-девяти частей в месяц выходят три, а то и один выпуск. Издание приближается к ежемесячному, приобретает самостоятельный характер.

Его цель — распространять знания, искоренять неправильные мнения. На-





Титульный лист первого выпуска «Месячных исторических, генеалогических и географических примечаний в ведомостях» за 1728 г. Выпуск начинается запиской «Папа римский пожаловал вновь кардиналов». На полях справа отсылка к газете: «Зри нумер первый, страница 2».

учный уровень «Примечаний» высок. Их составители — первейшие в своей области ученые (Г. Крафт, Л. Эйлер, И. Вейтбрехт, Г. Рихман и др.); надзор Академии создал заслон для псевдонаучных рассуждений, столь часто встречававшихся в других изданиях того времени.

Помня о читателе, малообразованном и еще не очень приученном к чтению, составители «Примечаний» остаются верны принципу, который вызвал к жизни это издание: свои «рассуждения так складно и ясно предлагать, как... возможно».

Работа шла не только над рукописями, составлялись и обсуждались проспекты наиболее крупных статей. В текущих делах Академии за 1738 г. сохранился любопытный документ: проспект четырех частей статьи о янтаре, написанный, очевидно, в помощь автору. В первой рекомендует показать причину, «которая случай подала написать Примечания о янтаре», потом объявить имена древних и новых авторов, которые на разных языках о нем писали, «а напоследок

предложить дефиницию, которая б показала, что есть прямой янтарь и почему можно оный узнать и различить от других вещей... Еще ж можно описать и все различные оного роды и свойства, как например, что он привлекает к себе разные легкие вещи, что иногда находятся в нем всякие насекомые, рыбы, частицы трав и прочее».

Во второй части предлагается описать все земли и моря, в которых находят янтарь, и показать, как его добывают.

Третью часть следует посвятить составу янтара, его химическим свойствам.

В четвертой «объявить надлежит происходящую от оного пользу как в медицине, так и в человеческом житии вообще» (что из него делают, куда вывозят, в какой он цене). Здесь же рекомендуется упомянуть о изрядном и дорогом янтарном «кабинетце, который Петру Великому от прусского короля в подарок прислан».

Как видим, в этом проспекте-заказе фактическая основа статьи намечена

исчерпывающе полно, проблема рассмотрена глубоко и всесторонне, с привлечением материала, который должен заинтересовать самого не искушенного в науке читателя.

Статья о янтаре опубликована в четырех частях «Примечаний» за 1739 г. Автор, скрывшийся за инициалами Т. Р.¹, не только выполнил все рекомендации заказа, но внес в описание свои мысли и краски. Вот как рассказано о цвете янтара: «Янтарь бывает иногда светло-беловат, иногда молочно подобен, иногда зеленоват, иногда рудо-желт, иногда жаркого цвету, иногда бледно-желт, а иногда цвет его походит на облаки или на чистую воду. Черный янтарь почитают многие токмо за вымышление... Ежели оный подлинно находят, то он не совершенно черен, но темно-желт или причерен»². В статье описываются опыты с янтарем, опровергаются суеверия,

¹ Есть основания полагать, что им был будущий выдающийся физик, а тогда еще студент Георг Вильгельм Рихман.

² «Примечания», 1739, ч. 38, стр. 152.

с ним связанные. Изложение ведется по индуктивно-дедуктивному способу, в «лучших традициях» научно-популярной литературы.

«Примечания» — первый в России опыт журнального издания на русском языке. И опыт весьма удачный. Именно в нем начали складываться те формы организации работы, которые определили успех некоторых журналов более позднего времени.

Инициатором издания и первым редактором «Примечаний» был Герард Фридрих Миллер (1705—1783) — личность весьма колоритная и противоречивая.

В Россию его привел случай. Двадцатилетний красавец, высокий и крепкий, он в 1725 г. покинул свою Вестфалию, спасаясь от прусских вербовщиков. Через шесть лет, будучи уже профессором Петербургской академии, он путешествовал по Германии. И на каждой прусской станции его уговаривали поступить на военную службу. Об этом он сам рассказывал, по словам его современника, со смехом и самодовольством на своей новой родине.

Здесь он прожил всю свою долгую жизнь, отменно изучил русский язык, стал одним из первых российских историографов. Он сделал чрезвычайно много для изучения истории, этнографии, статистики и промышленности России, и в частности Сибири, положил начало научного знакомства с русскими летописями, был редактором первых российских журналов и издателем «Судебника царя Ивана Грозного», «Степенной книги», «Истории Российской» В. Н. Татищева, «Описания Камчатки» С. П. Крашенинникова и многих других историко-литературных памятников и трудов русских ученых.

Пожалуй, Г. Ф. Миллера чересчур привлекали черные страницы прошлого, смутные времена. Написанная им история России вызвала горячие возражения. Стоит прислушаться к голосам оппонентов: ведь среди них были М. В. Ломоносов и С. П. Крашенинников. Миллер был сторонником норманской теории происхождения Древнерусского государства, приписывая влиянию варягов все важнейшие события его экономической, политической и культурной жизни. Но

собранные им 38 фолиантов копий актовых материалов («портфели Миллера») еще долго питали других историков, географов, писателей.

Чрезвычайно запальчивый и язвительный, он легко наживал врагов и не оставался перед ними в долгу. Но многие современники отдавали должное образу его мыслей, видя в них нечто «великое, справедливое и благородное»¹.

Требовательный к другим, он был стократ требовательнее к себе и взваливал на себя ношу, которая под силу не каждому. Трудно этому поверить, но архивы подтверждают: в 1729 г. он ведет протоколы академических заседаний Канцелярии, ведает иностранной перепиской, сочиняет для «Санкт-Петербургских ведомостей», составляет и редактирует «Примечания», держит корректуру в типографии, особенно немецкого лексикона, и выдает книги из библиотеки.

Крупнейший авторитет в истории русского просвещения XVIII столетия П. П. Пекарский писал: «...Старинный русский человек смотрел подозрительным оком и даже враждебно на истины, добытые наукой»². Заслуга Г. Ф. Миллера в том, что под флагом Академии как редактор первых русских журналов он сражался с этим недоверием и удовлетворял все возрастающую тягу общества к знанию.

Для «Примечаний» переводили, а после отъезда Миллера за изданием их надзирали М. И. Алексеев, И. П. Яхонтов, В. Е. Адодуров, С. С. Волчков, И. И. Тауберт, Г. К. Фрейганг и др. В архивах сохранился документ, обязывающий Фрейганга под угрозой штрафа известия для журнала готовить, переводить, «корректуру делать» и, не ожидая курьера, самому в типографию относить. Но то ли Фрейганг оказался нерадивым и непугливым, то ли были другие причины — финансовый крах Академии не последняя из них, — но издание «Примечаний» оборвалось на 89 части 1742 г. и более не возобновлялось.

Двенадцать лет в России не было журнала на русском языке. Есте-



Герард Фридрих Миллер (1705—1783).

венно, что проект нового периодического издания, предпринятого по инициативе Ломоносова, встретил поддержку Академии. Академия определила: «Журналу быть ежемесячным... допустить к сотрудничеству... лиц, хотя бы и не принадлежащих к Академии», «исключить вовсе из журнала статьи богословские и вообще все, касающиеся до веры...»¹. Объем его был установлен в шесть листов, т. е. 96 страниц в месяц.

...Печатался первый номер. И вдруг вокруг него вспыхнули споры. Началось с названия. Отдавая дань первому журналу, Миллер предложил именовать его преемника «Санкт-Петербургские академические примечания». Ломоносов указал на неточность названия. В журнале предполагалось печатать и стихи. Стихи — не примечания. Доводы Ломоносова были приняты. Издание получило другое имя: «Ежемесячные сочинения, к пользе и увеселению служащие».

¹ П. П. Пекарский. История Императорской Академии наук в Петербурге, т. I. СПб., 1870, стр. 376.

² Там же, стр. XVI.

¹ П. П. Пекарский. Редактор, сотрудники и цензура в русском журнале 1755—1764 гг. СПб., 1867, стр. 4.

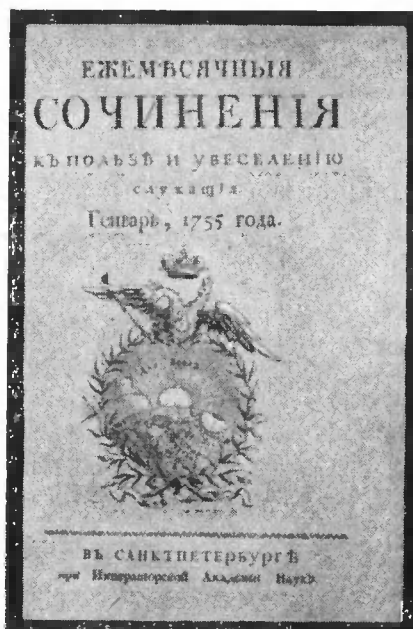
Возникли разногласия при определении роли Академии в издании журнала. Ломоносов требовал, чтобы все статьи предварительно рассматривались в академическом собрании. В. Тредиаковский возражал, опасаясь, что эта мера «может дать повод к пререканиям и напрасной трате времени»¹.

Журнал был предназначен для малоподготовленного читателя. На виньетке, открывавшей каждый полугодовой номер, значился девиз: «Для всех». Редактор заверял, что не будет публиковать те сочинения, которые, пусть даже из-за глубокого смысла, не всем ясны и вразумительны бывают: «...ибо мы за правило себе приняли писать таким образом, чтоб всякий, какого бы кто звания или понятия ни был, мог разуметь предлагаемые материи»².

Первоначальный тираж — 2000 экземпляров — был очень большой для того времени. Годовая цена журнала составляла 2 р. Тираж сразу полностью не расходился и был уменьшен. Этим была вызвана и перемена его названия.

С 1758 г. журнал выходил под заглавием «Сочинения и переводы, к пользе и увеселению служащие». Но программа издания, его содержание не подверглись изменению. Трудности с его распространением носили объективный характер: было мало грамотных людей, еще меньше тех, кто приохотился к чтению. Пройдут десятилетия, на смену этому изданию придет множество других, но на рубеже XVIII и XIX вв. оно будет перепечатано полностью. Таким путем читатель и время высоко оценят его.

Первые годы была принята анонимная форма публикаций, затем они помечались двумя инициалами. В последних номерах большинство статей подписаны. Авторы не получали гонорара. Иногда Канцелярия Академии разрешала бесплатно отпустить в порядке поощрения некоторым авторам книги в переплете.



Титульный лист первого номера первого русского журнала «Ежемесячные сочинения, к пользе и увеселению служащие». Январь 1755 г.

Издатели первого ежемесячного журнала России учитывали опыт европейской журналистики, хорошо им знакомый. Январский номер за 1755 г. открывается перечнем изданий «равного намерения». Среди почти пятидесяти изданий на французском, английском, немецком, итальянском, датском языках есть и старейший — «Меркурий Французский» (прежде называвшийся «Меркурий Галант»), выходивший с 1677 г.

В первом номере была опубликована «Краткая роспись великим князьям всероссийским от Рюрика до нашествия татар с показанием родословия»; описание фейерверка, включающее стихи; заметки и статьи «Об остатках города Пальмиры»; «О воспе и о прививании оной»; «О ртутных горных заводах»; «Гишпанские предложения о приведении в лучшее состояние мануфактур и купечества» и т. п.

Во втором номере был указ об учреждении в Москве университета и двух гимназий, статья о коммерции в жанре переписки, а также «Наблюдения метеорологические в Санкт-Пе-

тербурге, учиненные с 1751 по 1755 год», включающие таблицы.

Наряду с материалами официально-политического характера в журнале публиковались переводы сочинений древних и современных писателей — Аристотеля, Овидия, Сенеки, Буало, Вольтера и др. Но значительно больше было переводов на научные темы: Ж. Д'Аламбера, Ж. Бюффона, К. Линнея, П. Варгента и т. п. Встречаются — довольно редко — нравоучительно-назидательные материалы. В апрельском номере за 1760 г. были напечатаны переведенные из бременских «Сочинений, к увеселению разума служащих» любопытные «Шивитовы размышления о разных материях» (см. последние страницы этого номера «Природы»).

Литературная часть присутствовала не в каждом номере. Основное место в журнале занимали популярные статьи о науке. Это позволяет первый ежемесячный журнал России считать научно-популярным, а не учено-литературным, как это принято с легкой руки исследователей прошлого века.

Поражает тематическое разнообразие материалов о науке: «О натуральной истории вообще», «О виде и величине Земли», «О пользе высшей математики в общей жизни», «Об огне и свете», «Об изобретении очков», «О философии», «Письмо о порядке обучения наук», «Описание Каспийского моря», «Об управлении корабельном». Публиковались описания опытов, например с электричеством, сообщения об изобретениях («О новоизобретенной водяной машине»).

Составители журнала не забывали о материалах, которые в наше время печатаются под рубриками «Для дома, для семьи» и «Полезные советы»: «О разведении земляных яблок», «Как высиживать цыплят в печи», «Совет, как варить пиво и мед», «Способ, как сберечь дрожжи на долгое время» и даже «Средство от мозоли».

Многие публикации сохранили свою актуальность и поныне, например «О вредном обыкновении без ведома врачей принимать лекарства». В «Рассуждении о машинах» профессора И. Е. Цейгера высказана мысль, которая и сейчас не сходит со страниц газет и журналов: «При употреблении машин обыкновенно погрешают в

¹ Там же, стр. 5.

² «Ежемесячные сочинения, к пользе и увеселению служащие». 1755, январь, стр. 6 (далее год, месяц и страница издания будут указываться после цитаты).

двух вещах. Первое, когда силы употребляют некстати и с излишком; второе, что машину гораздо делают сложнее, нежели какая требуется к предпринятому намерению» (1764, март, стр. 251).

Многие статьи — гимн науке, которая «делает человека обладателем всей вселенной». Страстная пропаганда науки сочетается с яростной борьбой как против невежд, так и против полуученых, которых в журнале называют «учения разрушителями», «всех наук истребителями», «чудовищами в науках».

«Никогда не было, — пишет автор, — толь жестокой, толь долговременной и толь бедственной войны... как та, которую невежество с науками имело; ибо едва только науки в свете оказались, то вдруг зависть, злость, злословие, злонравие и другие непотребные и заразительные пороки, утверждая с невежеством союз, на оные наступать, против них ополчаться и с ними в сражение и в брань вступать дерзновенно начали» (1758, февраль, стр. 121). Журнал, поставивший за правило избегать полемики и резких выражений, не боится их, когда дело касается защиты науки. Журнал выступает за женское образование, разоблачает национальные предрассудки, выступает против сословных привилегий при назначении детей в чины отцовские «без учиненного наперед об них свидетельства, есть ли в них отцовские качества». «Ежели в какой области находится недостаток в способных людях, то сему причиною суть отчасти родители, отчасти учителя, отчасти же власти» (1759, октябрь, стр. 364). Все это свидетельствует о прогрессивности взглядов издателей «Ежемесячных сочинений».

Неожиданно на страницах издания середины XVIII в. встречаешь статьи о взаимосвязи, взаимовлиянии наук, которые, получив название интеграции их, считаются одной из важнейших черт современной науки: «Все науки... связаны по руку и сообщают одна другой взаимное вспомоществование, без которого им обойтись не можно», — говорится в статье «О пользе, которую учение физики приносит экономике» (1757, сентябрь, стр. 256). Как можно заставить плодоносить землю, не имея понятия о ней самой,

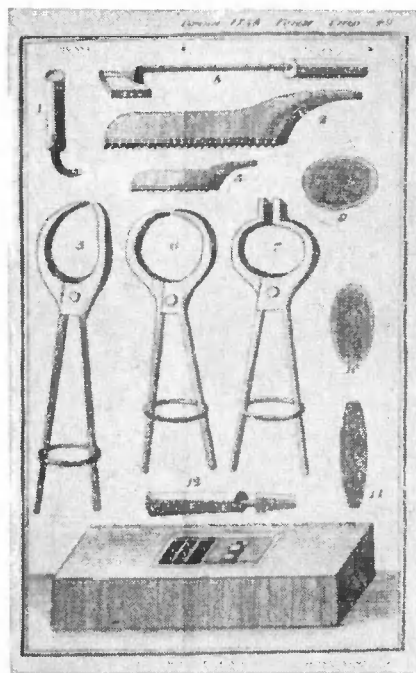


Иллюстрация к «Сокращенному известию о том, как китайцы роговые фонари делают, сочиненному по описанию езуита Динкарвилля Академии наук профессором механики Иоганном Эрнестом Цейгером». Изображены инструменты (1—12), «кои китайцы употребляют при их работе». «Сочинения и переводы, к пользе и увеселению служащие», январь 1758 г.

которую изучает физика? Как можно строить здание, не зная качества воздуха, состояние земли и воды, возле него находящихся, и «других бесчисленных обстоятельств, которые все без сомнения надлежат до физики?»

Считается, что высшая математика — наука, наименее других годная для популяризации. Не этим ли объясняется, что о ней мало пишут и в наше время? Опубликованная в «Ежемесячных сочинениях» в августе 1757 г. публичная речь «О пользе высшей математики в общей жизни» «искусного учителя математических наук» господина Георга Морица Ловица может служить образцом доходчивого изложения абстрактной темы.

Издатели журнала подвергались критике за преобладание в нем переводных материалов. Критика эта спра-

ведлива. Некоторые номера почти сплошь состояли из переводов. Но, думается, неправильно видеть в этом пренебрежение к российским ученым. Журнал всегда был верен своей цели — она не менялась на протяжении всего десятилетия выхода издания — способствовать просвещению России, развитию ее науки. Предоставим слово автору «Письма о порядках в обучении наук», подписавшегося инициалами С. П. (1757, февраль). Обращаясь к своим соотечественникам с призывом изучать философию, историю, географию, риторику, медицину, астрономию, механику, математику, языки, он говорит: «Не ужасайтесь великого их множества: ибо чем более станете в оных упражняться, тем нечувствительнее будут вам труды в них полагаемые» (стр. 149). Автор призывает переводить с других языков и изучать все лучшее, веря в великое призвание своего народа: «Для чего не быть у нас Картезиям, для чего не быть Лейбницам, Вольфам, для чего не быть Локам, для чего не быть Невтонам? Российские ли острые головы к тому неспособны?» (стр. 140).

Рассматривая жанровые особенности первых и последующих публикаций журнала, мы видим все возрастающую тенденцию от описания фактов науки к их объяснению. Усиливается и личный элемент публикаций; изложение часто ведется от первого лица, появляются материалы в жанре переписки, диалога.

В мартовском номере за 1757 г. напечатаны «Предложения, как исправить погрешности, находящиеся в иностранных писателях, писавших о Российском государстве». Эта была первая рецензия и первый научный комментарий в нашей журналистике. Автор (им был Г. Ф. Миллер), давая общую высокую оценку труда Ж. Бюффона, называет ошибки, вкравшиеся в ту часть сочинения, что посвящена России, объясняет их причины и предлагает «Поправки погрешностей, учиненных господином де Бюффоном в первой части Натуральной его истории при объявлении о разных странах и местах Российского государства». Поправки эти весьма существенны. Бюффон называл Енисей то Енислою, то Енискою, Лену —

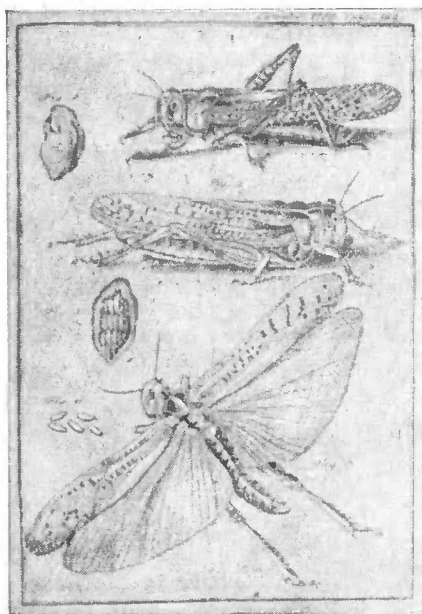
Ленью, Канин Нос — Канденосом и т. п.

С 1760 г. в журнале усиливается комментирование публикаций. Редактор (переводчик) то сообщает дополнительные сведения в сносках, то вторгается в авторский текст.

Библиографические заметки печатались вначале довольно редко, но в 1763 г. редактор сообщил о своем намерении «присовокупить к сочинениям Известия о ученых делах, то есть о том, что в ученом свете важного происходит; какие о распространении наук старания прилагаются и какие чинятся новые изобретения, до исправления наук и художеств или до общего человеческого жития касающиеся; а паче какие общепользные книги у всех народов и на всех языках на свете выходят» (1763, январь, стр. 3—4). Журнал стал называться «Ежемесячные сочинения и известия о ученых делах». С этого времени в нем печаталась хроника об ученых делах, библиографические заметки и рецензии.

В ноябрьском номере 1763 г. читатель познакомился с довольно обширной и благожелательной рецензией на книгу М. В. Ломоносова «Первые основания металлургии, или рудных дел». В рецензии рассмотрено содержание труда и двух приложений. Последнее из них — о слоях земных — рекомендуется особенно «вниманию физиков, потому что оно содержит многие новые предложения, кои к дальним разысканиям повод подавать могут». В следующем году было опубликовано сообщение об избрании Ломоносова «членом Бононской академии», а также весьма похвальный отзыв о мозаичных работах Ломоносова, который, «ограждая философскою терпеливостью, по многочисленном множестве опытов наконец достиг искусства производить все цветы... кои, будучи сравнены с римскими, оказались, что ни в чем оным не уступают» (1764, май, стр. 467).

В 1763 г. редактор журнала вступил в разговор с читателем, предложив ему «вопросы или задачи о делах, любопытства и разыскания достойных». Они касались истории и древностей российских, естественной истории, домостроительства, земледелия, языка и т. п.: «Чего ради часть



Рисунки (1—6) к «Рассуждению о саранче с показанием надежнейших способов ко искоренению оной, сочиненное доктором, а ботаники и истории натуральной адъюнктом Кельрейтером». «Сочинения и переводы, к пользе и увеселению служащие», февраль 1758 г.

города Москвы Китаем называть?»; «От чего произошло наименование города Углича?»; «От чего происходит окончательный слог вич, прилагаемый для чести отеческому имени?». Постепенно вопросы дифференцируются и обращаются к определенной группе читателей. В 1764 г. одни из них заданы любителям истории, другие — медикам, третьи — домохозяйкам.

Так все более определяются признаки журнала как типа издания: наличие повторяющихся отделов, преобладание материалов, в них публикуемых.

Первый ежемесячный журнал отличала высокая культура издания, под чем мы разумеем точность изложения материала (строгая документированность всех переводов, цитируемых источников), желание облегчить читателю его усвоение (отсюда сноски, указатель статей) и т. п. Велась прежестокая борьба с печатками. А когда они все же бывали (без этого, к

сожалению, не обходилось), издатель использовал все пути, чтобы уведомить о них читателя: публиковались списки опечаток предыдущего номера, списки опечаток, сделанных в одной статье.

Оба полугодовых тома, на которые подразделялся годовой комплект журнала (с общей в каждом томе нумерацией), заканчивались «Реестром достопамятным вещам, содержащимся в Ежемесячных сочинениях», т. е. предметным указателем. Реестр во втором томе 1755 г. под буквой «ф» содержит следующие понятия (с отсылкой к страницам):

Фабрики шпалерные близ Лондона
Фабулы или басни для нравоучения
делаются

Фауны, лесные боги
Фейерверки, представляемые в операх и комедиях

— в чем состоять должны

— как делаются

— машины при оных...

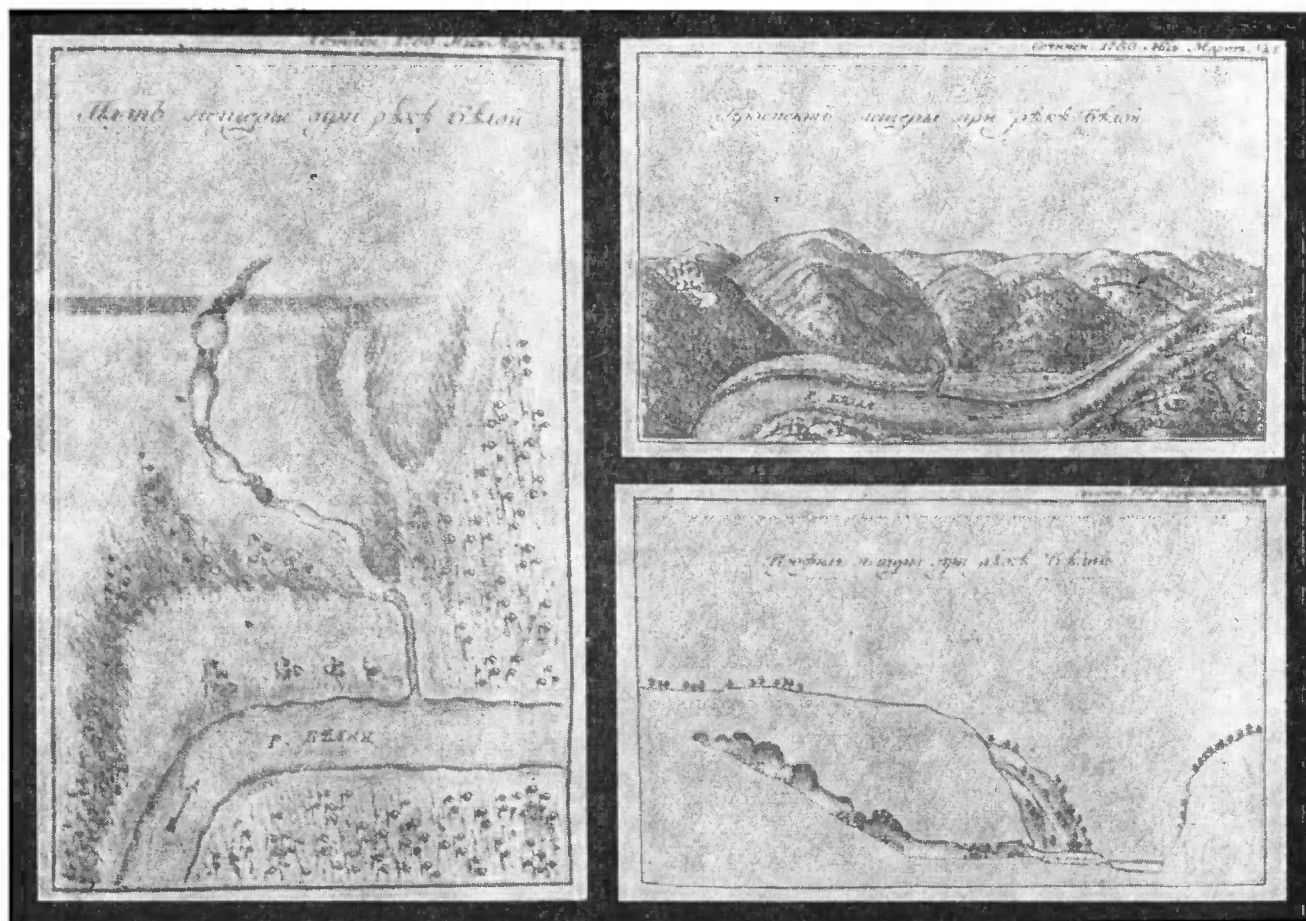
Г. Ф. Миллер был бессменным редактором «Ежемесячных сочинений», получая за это доплату к жалованию двести рублей в год. По свидетельству П. П. Пекарского, ни одна статья не печаталась без разрешительной подписи редактора.

Были у него помощники. Менялись они довольно часто. Ушел в монахи адъюнкт Олег Шестаковский. В распоряжении редактора остались два студента, и он жаловался, что ему приходится поправлять переводы, исполнять должность корректора. Из-за отсутствия сотрудников редактор иногда сам составлял «Реестр».

В разное время в подготовке журнала принимали участие студенты И. И. Голубцов, В. И. Лебедев, академик Н. И. Попов («поправки штиля»), студенты С. И. Волков и А. М. Разумов, адъюнкт Н. Н. Мотонис.

«Ежемесячные сочинения» выходили в свет всего десять лет (1755—1764). За это время определились принципы отбора и изложения материала, его оформление, возникли первые отделы, некоторые жанры, справочный аппарат.

Первый ежемесячный журнал России, научно-популярный журнал, возникший под эгидой Академии наук, выполнил свою задачу. За десять лет он приохотил к чтению русскую пуб-



В мартовском номере «Сочинений и переводов, к пользе и увеселению служащих» за 1760 г. публиковалось «Описание пещеры, находящейся в Оренбургской губернии при реке Белой, которая из всех пещер, в Башкирии находящаяся, за славную и наибольшую почитается». Три воспроизведенных здесь рисунка должны иллюстрировать гипотезу автора: «Я не отваживаюсь противоречить рассуждениям славных физиков, которые в натуре два рода пещер признают, а именно: от подземного огня и от протоков подземных вод. Может быть, что и сия пещера такое же иногда имела начало, но нынешнее внутреннее расположение склоняет меня к тому мнению, что, может быть, к первоначальному и натуральному ее состоянию, как выше упомянуто, трудами человеческими многое пристроено, в тот образ, дабы иметь тут способное жилище...» (стр. 219). В конце статьи подпись: «Сочинено присутствующим в Оренбургской губернской канцелярии коллежским советником и Императорской Академии наук корреспондентом господином Рычковым».

лику, распространил множество полезных сведений. Недаром Некрасовский «Современник» назвал его «одним из лучших журналов, какие только издавались в России, и в прежнее и в нынешнее время»¹.

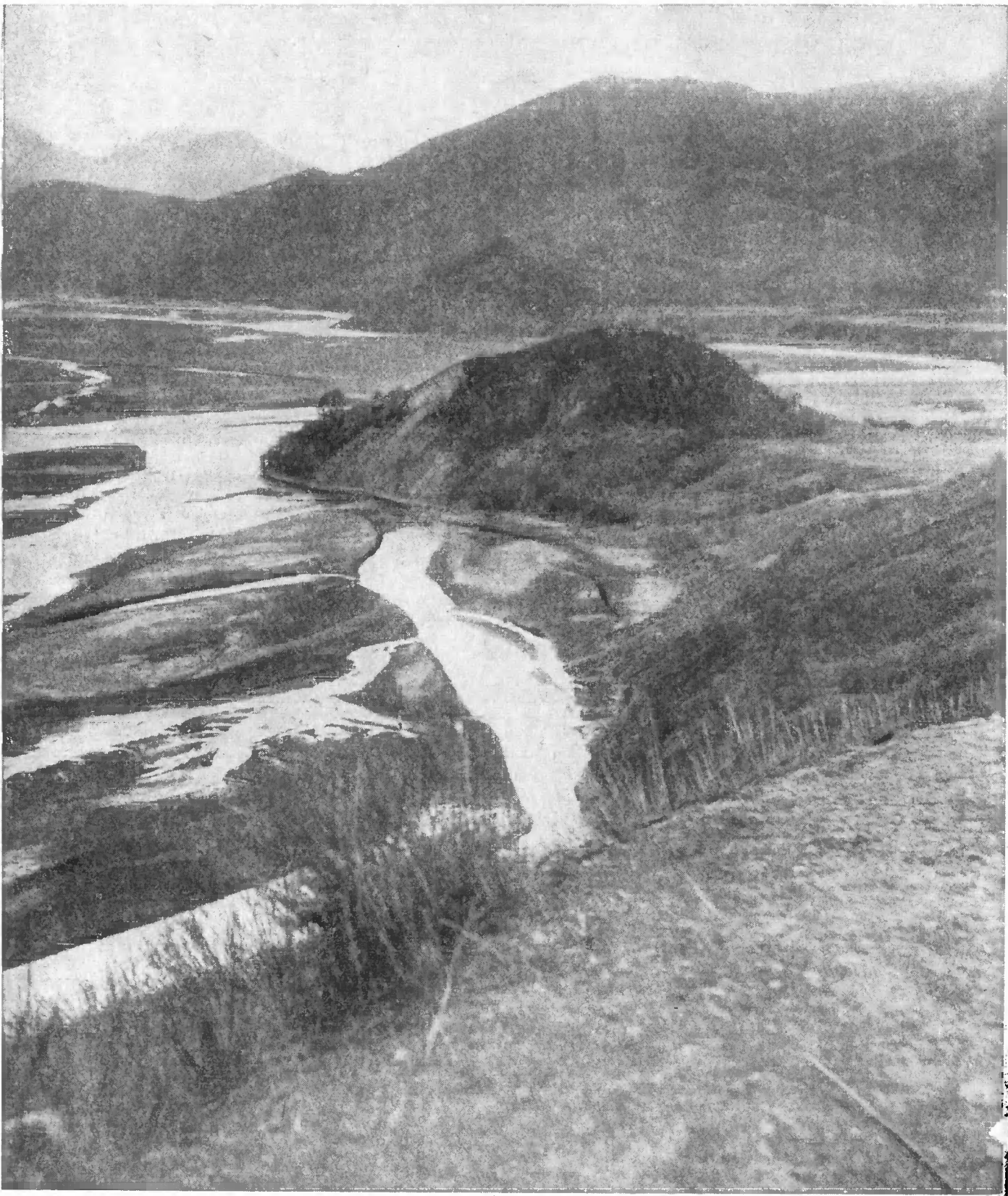
В 1764 г., после переезда Миллера в Москву, издание «Ежемесячных сочинений» прекратилось. Но русское общество уже не может жить без журналов. Возникают и закрываются периодические издания. Не хватает авторов. Мало средств. Нет единства среди издателей. На смену закрывшимся приходят новые: одни совсем

ненадолго, другие, чтобы навсегда остаться в истории культуры.

За последние четыре десятилетия XVIII в. различными учреждениями, обществами и частными лицами было предпринято издание свыше ста пятидесяти журналов: научных, научно-популярных, экономических, литературно-философских, литературных, сатирических, музыкальных. Вышел первый политический, первый медицинский, первый театральный, первый критико-библиографический, первый детский журнал.

Издания Академии наук сделали свое дело. Российская журналистика началась.

¹ Очерки русской журналистики, преимущественно старой. «Современник», 1851, январь, т. XXV, отд. II, стр. 2. Эти очерки, помещенные в январском — мартовском номерах, печатались анонимно. Автором их был В. Милютин. Эпиграф к настоящей статье взят из той же публикации.



Глубокие землетрясения в центре материка

А. А. Лукк

Кандидат физико-математических наук

А. А. Гангнус

Очень часто один небольшой эксперимент открывает возможность более широко взглянуть на то или иное явление, дает материал для возможных обобщений. Работа, о которой мы здесь расскажем, относится к ряду именно таких. Она была проведена в Комплексной сейсмологической экспедиции Института физики Земли АН СССР одним из авторов и сотрудником этой же экспедиции Л. П. Винником¹. Это исследование частной, чисто сейсмологической задачи довольно неожиданно привело к вопросам глобальной тектоники.

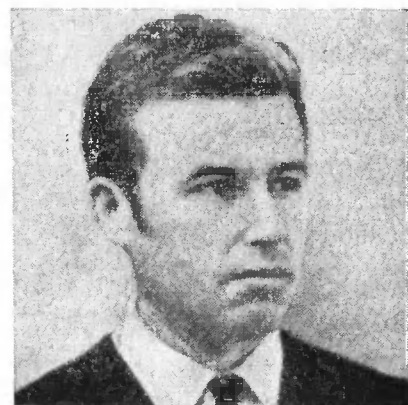
В 1963—1967 гг. вдоль р. Пяндж, а также на территории Афганистана временно действовала сеть советских сейсмостанций. Полученный материал позволил не только выполнить основную задачу, поставленную перед сейсмологами, — оценить сейсмическую опасность створов возможных будущих ГЭС на Пяндже, но и сделать ряд теоретических выводов, в частности, о строении литосферы и мантии Земли в этом исключительно сложном и интересном районе.

¹ Л. П. Винник, А. А. Лукк. Скоростные неоднородности верхней мантии Средней Азии. ДАН СССР, т. 213, 1973, № 3, стр. 580.

Долина реки Суртоб вблизи Нов-абада. Как это часто бывает, крупные реки в горах трассируют реальные геологические границы и структуры. В данном случае долина Суртоба (а ниже — Ваиша) почти полностью совпадает с крупнейшим разломом — Вахшским надвигом (по И. Е. Губину).

Фото А. А. Гангнуса.

Альберт Артурович Лукк, старший научный сотрудник Института физики Земли АН СССР, заместитель начальника Комплексной сейсмологической экспедиции; занимается сейсмическим зондированием земной коры и верхней мантии на территории СССР и Афганистана.



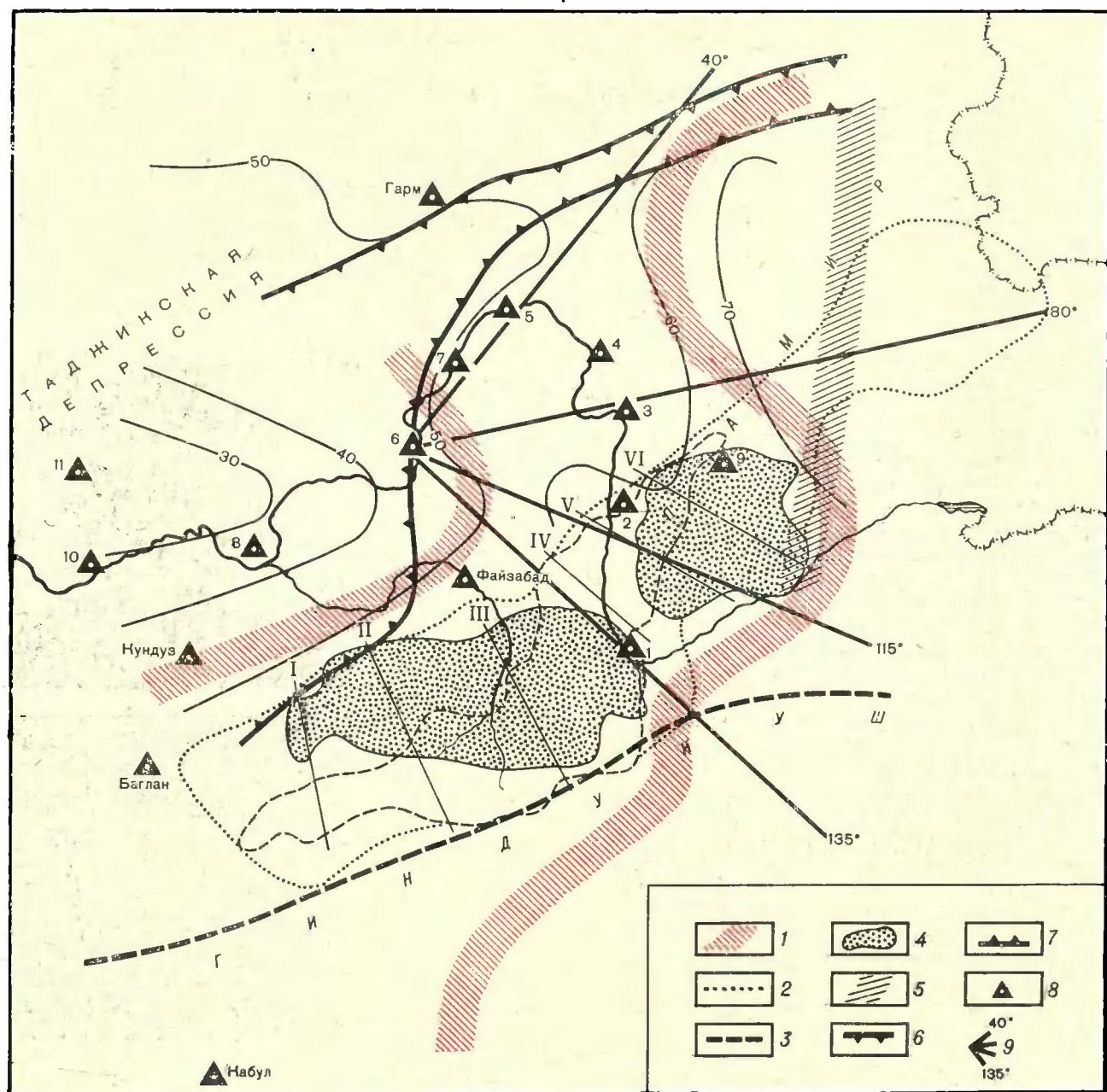
Александр Александрович Гангнус, инженер-геофизик комплексной сейсмологической экспедиции того же института. Работает в области изучения механизма землетрясений. Автор популярных статей по различным проблемам наук о Земле и книг: Ритмы нашего мира. М., «Мысль», 1971; Через горы времени. М., «Мысль», 1973.



Памиро-Гиндукуш

Памиро-Гиндукуш — одна из двух интратетрических областей мира, где регулярно происходят глубокофокусные (до 300 км) землетрясения в верхней мантии Земли. Уже одним этим Памиро-Гиндукуш (как, впрочем, район Вранча в Румынских Карпатах) заставляет вспомнить об «огненном кольце» — глубокофокусных землетрясениях по периметру Тихого океана. Там, в районах островных дуг и

Южноамериканских Кордильер, фокальные зоны сильных и частых землетрясений погружены на глубины в сотни километров в раскаленную, сжатую огромным давлением, а потому довольно пластичную мантию. Это загадочное явление сравнительно долго было и остается ныне «камнем преткновения» для геологов и геофизиков. В таких условиях землетрясение — хрупкое разрушение материала — выглядит как невероятное собы-



тие, и поэтому возникали самые неожиданные гипотезы о возможном механизме глубоких землетрясений.

Наиболее правдоподобное объяснение землетрясениям в пластичных глубинах Земли дают, как представляется авторам, идеи мобилизма¹. Нынешние воззрения на природу го-

ризонтальных перемещений блоков коры (точнее, литосферы — коры с верхней частью мантии) продолжают развиваться и во многом изменяются. Но при всем этом остается главное — горизонтальное перемещение блоков, и оно требует объяснить, куда девается кора (литосфера) при столкнове-

нии сближающихся блоков (плит). Самое, пожалуй, простое предположение — о наплывании одной плиты на другую — неплохо увязывается с существованием цепи фокальных зон глубоких землетрясений в областях перехода от Тихого океана к континенту.

Для геофизика погружающаяся плита интересна двумя главными чертами. Во-первых, литосфера сохраня-

¹ См. подробнее: В. Е. Хайн. Происходит ли научная революция в геологии? «Природа», 1970, № 1; Л. П. Зоненшайн. Проблемы глобальной тектоники, «Природа», 1972, № 11.

Зоненшайн. Проблемы глобальной тектоники, «Природа», 1972, № 11.

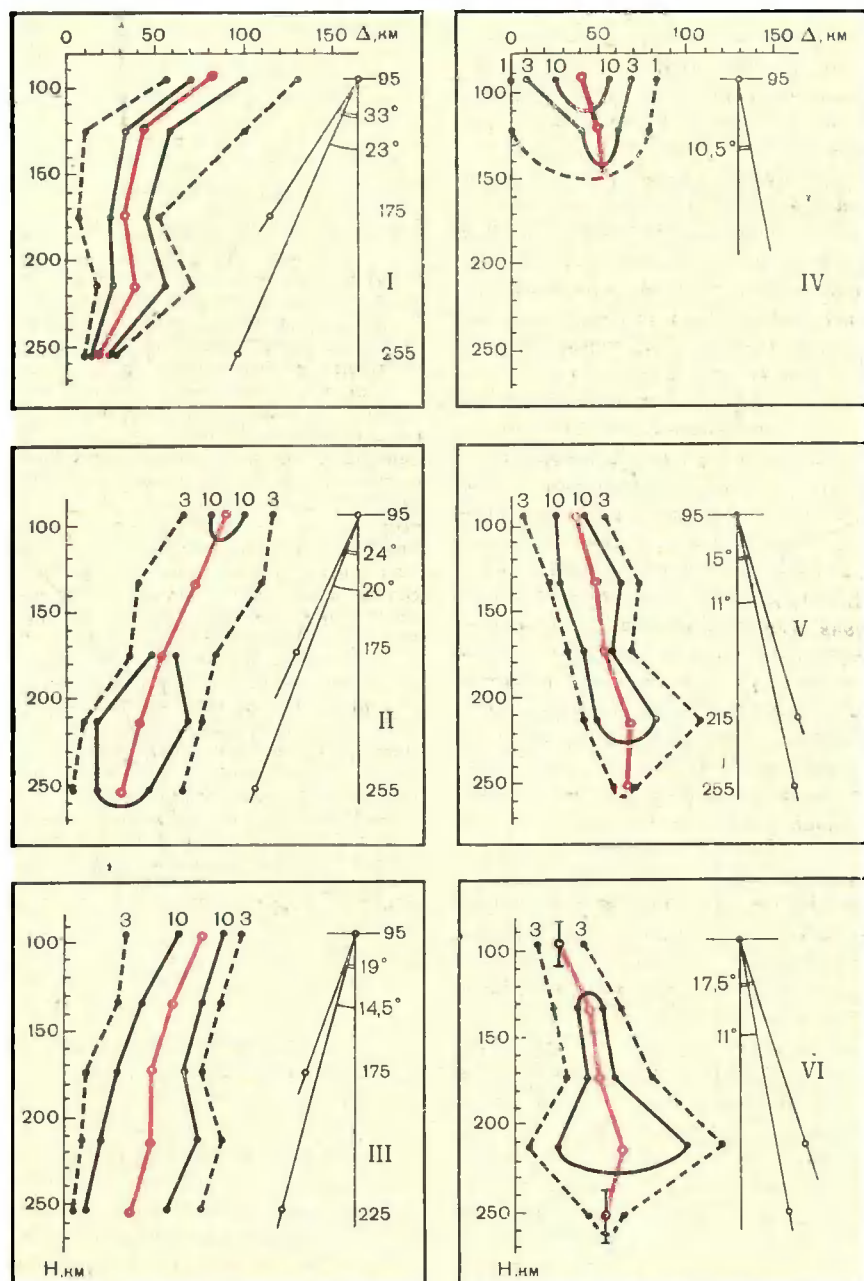


Рис. 1. Глубинное строение Памиро-Гиндукуша — слева. Бросаются в глаза два пятна — это те самые перевернутые «горбы» скопленных очагов наиболее глубоких землетрясений, о которых подробно рассказано в статье. Сечения I—VI через эту зону развернуты на рисунке справа. Изолинии от 30 до 70 — рельеф подошвы земной коры (в км) от среднего уровня земной поверхности; 1 — вертикальные границы, делящие мантию до глубин 300–350 км на высокоскоростные области в центральной части района ($V_p=8,6$ км/сек) и окружающую низкоскоростную мантию ($V_p=8,0-8,2$ км/сек); 2 — контур всей эпицентральной зоны глубоких землетрясений; 3 — контур фокальной зоны на глубине 80–120 км; 4 — фокальная зона на глубине 200–240 км; 5 — морфологическая граница, разделяющая на поверхности Западный и Восточный Памир; крупные разломные зоны; 6 — Гиссаро-Кокшаальская, 7 — Дарваз-Каракульская; 8 — сейсмические станции; 9 — четыре азимута (40°, 80°, 115° и 135°) от каждой станции использовались для составления профилей (см. рис. 2). Справа — распределение объемной плотности очагов землетрясений по глубине для 6 вертикальных сечений фокальной зоны (местоположение сечений I—VI указано на левом рисунке). Осевые части сечений с наибольшей плотностью выделены красным цветом. Отчетливо видно, как изменяется падение «плоскости» фокальной зоны по мере перемещения с юго-запада на северо-восток вдоль самой зоны: угол падения фокальной зоны по отношению к вертикали делается все круче, а затем меняется на противоположный. Изолиниями 1–10 обозначено число землетрясений с магнитудой M больше 3,3, происходящих в течение года в кубе горной породы со стороной 40 км.

ет первоначальную твердость. В мантии она должна образовывать области с повышенными скоростями проходящих сейсмических волн (это подтверждают специальные исследования) и тем выдавать свое присутствие. Во-вторых, погружившаяся литосфера еще долго сохраняет способность к хрупкому излому, невозможному в окружающей среде. Литосфера «трещит», проникая в эту относительно

пластичную, но отнюдь не жидкую среду, опять-таки «заявляет о себе», заставляя колебаться самописцы сейсмографов всего мира. Вот почему глубокие землетрясения так тесно связаны с наклонными поверхностями фокальных зон.

Зоны глубоких землетрясений не тянутся до самого ядра планеты, они затухают на 600–700-километровой глубине. На этой же глубине оконча-

тельно исчезают и признаки горизонтальной неоднородности мантии. Глубже Земля проводит сейсмические волны как сферически симметричное тело, построенное из нескольких вложенных одна в другую сфер разной плотности и вязкости. Видимо, на этой же глубине (600–700 км) окружающая среда ассимилирует, растворяет погруженные плиты литосферы и, наконец, «усваивает» их полностью.

Памиро-Гиндукушская фокальная зона погружается до глубин 270—300 км. Подавляющее большинство землетрясений происходит в полосе около 400 км длиной и 100 км шириной, протянувшейся вдоль северных отрогов Гиндукуша. В 60-х годах исследованиями, проведенными Комплексной сейсмологической экспедицией, была выявлена тонкая структура фокальной зоны. Можно сказать, что в своем продольном вертикальном сечении зона глубоководных землетрясений напоминает перевернутый профиль спины двугорбого верблюда: наибольший перевернутый «горб», достигающий глубин 300 км, расположен на территории Афганистана, а второй — на Советском Памире, где глубины землетрясений не превышают 260 км. Седловина находится на 140-километровой отметке.

Две фокальные «поверхности»

Довольно плотная сеть сейсмических станций в окрестностях Памиро-Гиндукушской зоны глубоких землетрясений позволила определять координаты очагов в 1963—1967 гг. с точностью ± 5 км. Такая точность определений позволила выявить тонкие детали той фигуры, которую скопление очагов глубоких землетрясений образует в трехмерном пространстве мантии. Поскольку результаты определений получились для сейсмологов неожиданными, полезно рассказать об этой работе подробнее.

Вся мантия под исследуемым районом в интервале глубин 70—270 км была мысленно разбита на кубы со стороной 40 км и для каждого такого куба подсчитывалось среднегодовое число землетрясений средних для этого района энергий (интервал магнитуд $M = 3,3—5,0$), а потому достаточно многочисленных. Для каждого слоя 40-километровой мощности строились карты объемной плотности очагов глубоких землетрясений. Отражением этих карт являются два контура фокальной зоны на глубинах 80—120 и 200—240 км в проекции на дневную поверхность (см. рис. 1, слева). На вертикальных сечениях фокальной зоны глубоких землетрясений (рис. 1, справа) отчетливо видно, что земле-

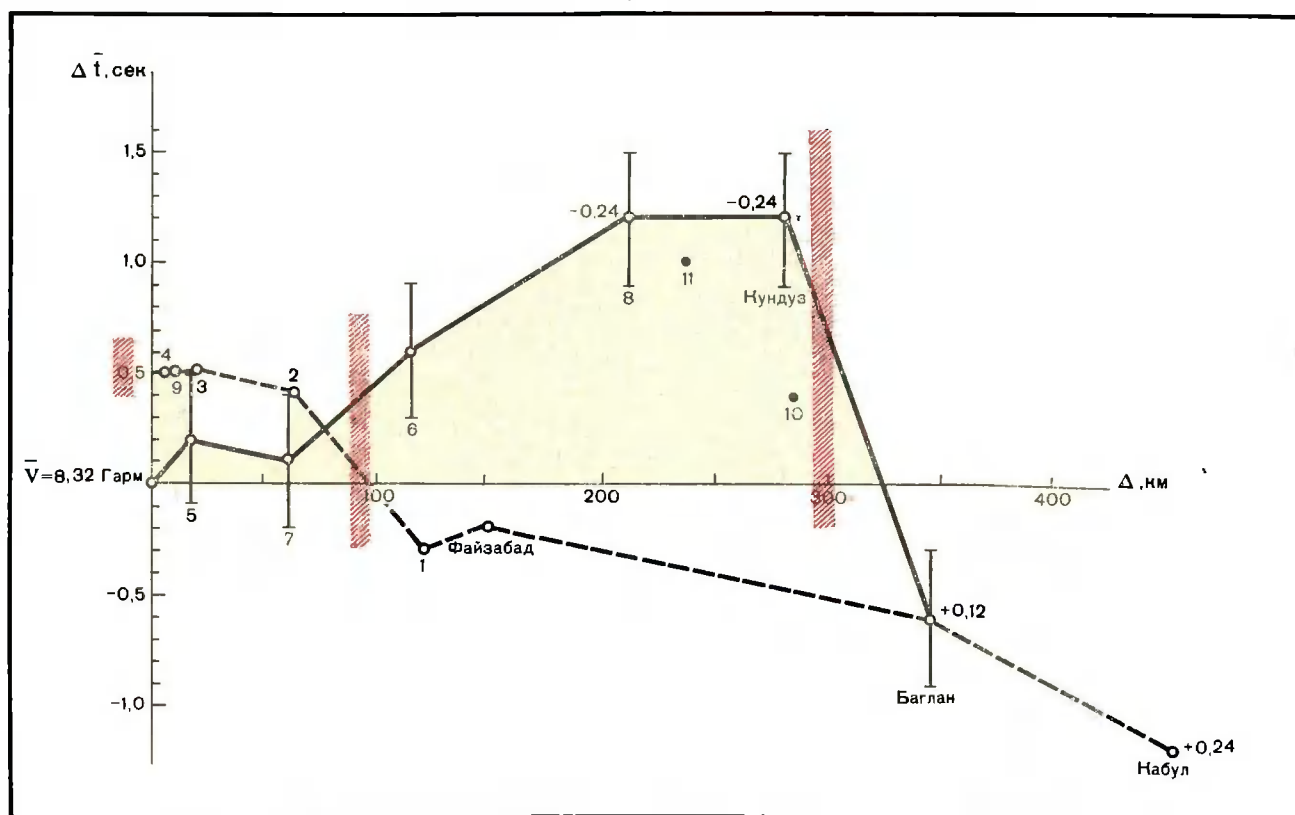
трясения сосредоточены в зоне мощностью не более 80 км, которая наклонно, правда под довольно крутыми углами, уходит вглубь. Картина очень напоминает конфигурацию фокальных зон в районах островных дуг Алеут, Курил, Японии, Тонга, Кермадек и других с одной только, но весьма существенной разницей. Все фокальные зоны Тихого океана в каждом конкретном районе наклонены в одну какую-нибудь сторону; как правило, от океана — под континент (окраинные моря). Фокальная же зона Памиро-Гиндукуша отчетливо разбивается, несмотря на свои относительно небольшие размеры, на две подзоны, которые представляют собой две противоположно погружающиеся фокальные «поверхности». Западная фокальная «поверхность» (сечения I—III) погружается со стороны Афганистана под Таджикскую депрессию в направлении северо-северо-запад, постепенно увеличивая угол падения. Восточная (сечения V—VI) — круто падает под территорию Афганистана в направлении юго-юго-восток. В плане восточная и западная части фокальной зоны несколько смещены друг относительно друга приблизительно вдоль меридиана. Соединяющая их перемычка («седловина двугорбого верблюда») представляет собой почти вертикально погружающуюся до глубины 140 км часть фокальной зоны (сечение IV). К ней привязан значительный процент толчков от общего числа землетрясений в этом интервале глубин. К этой же перемычке приурочено и крупное скопление эпицентров землетрясений, происходящих в пределах земной коры. Фокальная зона на этом участке как бы выходит на поверхность, напоминая собой сейсмически активный глубинный разлом, уходящий в пределы верхней мантии.

Фокальная зона Памиро-Гиндукушских землетрясений для интервала глубин 80—140 км в проекции на поверхность Земли напоминает латинскую букву S. Интересно, что подобная конфигурация находит свое отражение и в элементах поверхностной тектоники. Самый значительный разлом в земной коре исследуемого района — Дарваз-Каракульский — очень похож в плане на ту же букву

Рис. 2. Вертикальные границы в мантии (красные полосы) по данным сейсмических станций. Пустыми кружками обозначены станции, приблизительно составляющие продольный профиль относительно эпицентра удаленного источника сейсмической волны; около них указана возможная ошибка единичного измерения. По оси ординат отложено отклонение времени пробега сейсмической волны от того времени, которое понадобилось бы этой волне на тот же путь в условиях опорной станции Гарм (в сек.); по оси абсцисс — относительные расстояния от эпицентров удаленных землетрясений по отношению к станции Гарм (в км). Черными кружками обозначены станции, не составляющие профиля, но подтверждающие показания основного профиля. Пунктир объединяет станции, из которых можно составить второй, менее удовлетворительный профиль. Положительные или отрицательные числа около некоторых точек указывают отклонения величины средней скорости распространения продольных волн в мантии под этими станциями относительно скорости под станцией Гарм. Резкие изменения хода кривой свидетельствуют о существовании границы в мантии между соответствующими станциями. Ряд таких профилей позволил нанести на карту (см. рис. 1, слева) границы вертикальных разделов в мантии (отмечены красным цветом). Данный профиль составлен по азимуту 40° ; v — скорость распространения сейсмических волн под станцией Гарм.

S, сдвинутую к северо-западу относительно проекции фокальной зоны на 120—130 км.

Таким образом, в результате анализа пространственного распределения глубоководных землетрясений Памиро-Гиндукуша выявились тонкие детали конфигурации фокальной зоны. Она может быть представлена в виде двух противоположно погружающихся «поверхностей», напоминающих, каждая в отдельности, фокальные «поверхности» в районах океанических островных дуг. Но сочетание двух фокальных зон Памиро-Гиндукуша — наклон в противоположные стороны при боковом их сцеплении на глубинах свыше 140 км — уникальная особенность этого района. Поэтому, естественно, возник интерес к исследованию структуры мантии Земли под Памиро-Гиндукушем.



«Просвечивание» мантии

Основоположник научной сейсмологии Б. Б. Голицын уподоблял землетрясения вспышкам фонаря, которые выхватывают из полной тьмы отдельные детали внутреннего устройства нашей планеты. Вспышки далеких фонарей-землетрясений должны были «осветить» и недра Памиро-Гиндукуша. По случайному совпадению выявить сходство Памиро-Гиндукушской зоны с тихоокеанскими помогли... сами землетрясения тихоокеанских островных дуг. Дело в том, что землетрясения Алеут, Курил, Японии, Филиппин, Индонезии многочисленны и регулярны; среди них достаточно много таких, которые хорошо читаются на сейсмограммах сейсмических станций, удаленных на тысячи километров от источника сейсмического излучения, и позволяют с высокой степенью точности определять времена прихода сейсмических волн на ту или иную станцию.

На станции Памиро-Гиндукушского полигона «лучи» продольных сейсми-

ческих волн от тихоокеанских землетрясений приходят под достаточно крутыми углами (благодаря шарообразности Земли и преломлению этих «лучей» в глубинных слоях мантии), что позволяет «освещать» снизу все своеобразие деталей строения среды под каждой сейсмической станцией.

Известно, что наиболее существенные неоднородности в мантии Земли заключены на глубинах до 400 км. Именно эти неоднородности и встречаются на пути сейсмического луча, вынырывающего к поверхности из глубин мантии. А это значит, что если на две сейсмические станции возмущение от одного и того же землетрясения приходит в разное время (с учетом разницы в расстоянии от источника излучения, в толщине коры под этими станциями и заранее вычисленной возможной ошибки измерений), то верхняя мантия на пути этих двух лучей имеет различное строение.

На рис. 1 показаны четыре азимута, которые были использованы для просвечивания мантии под Памиро-Гиндукушем. От каждой станции по этим

четырем азимутам откладывались на карте отрезки протяженностью 200 км. Эти отрезки представляли собой проекции на дневную поверхность заключительного участка пути сейсмической волны в верхних 350 км мантии. Именно на этом заключительном этапе пробега сейсмической волны и набираются все различия во временах ее прихода на разные сейсмические станции, обусловленные различиями в строении под ними реальной мантии, по сравнению с теоретической моделью, выбранной в качестве эталона. С помощью простого пересчета результаты наблюдений приводились к единому знаменателю—данном опорной станции Гарм (это позволило уменьшить ошибку наблюдений) и сравнивались между собой.

Способ сравнения состоял в том, что для каждого из четырех азимутов подбирались группа станций, составляющая продольный профиль в заданном направлении. Пример такой подборки для азимута 40° можно видеть на рис. 2. На этом профиле продольная волна приходит на станции

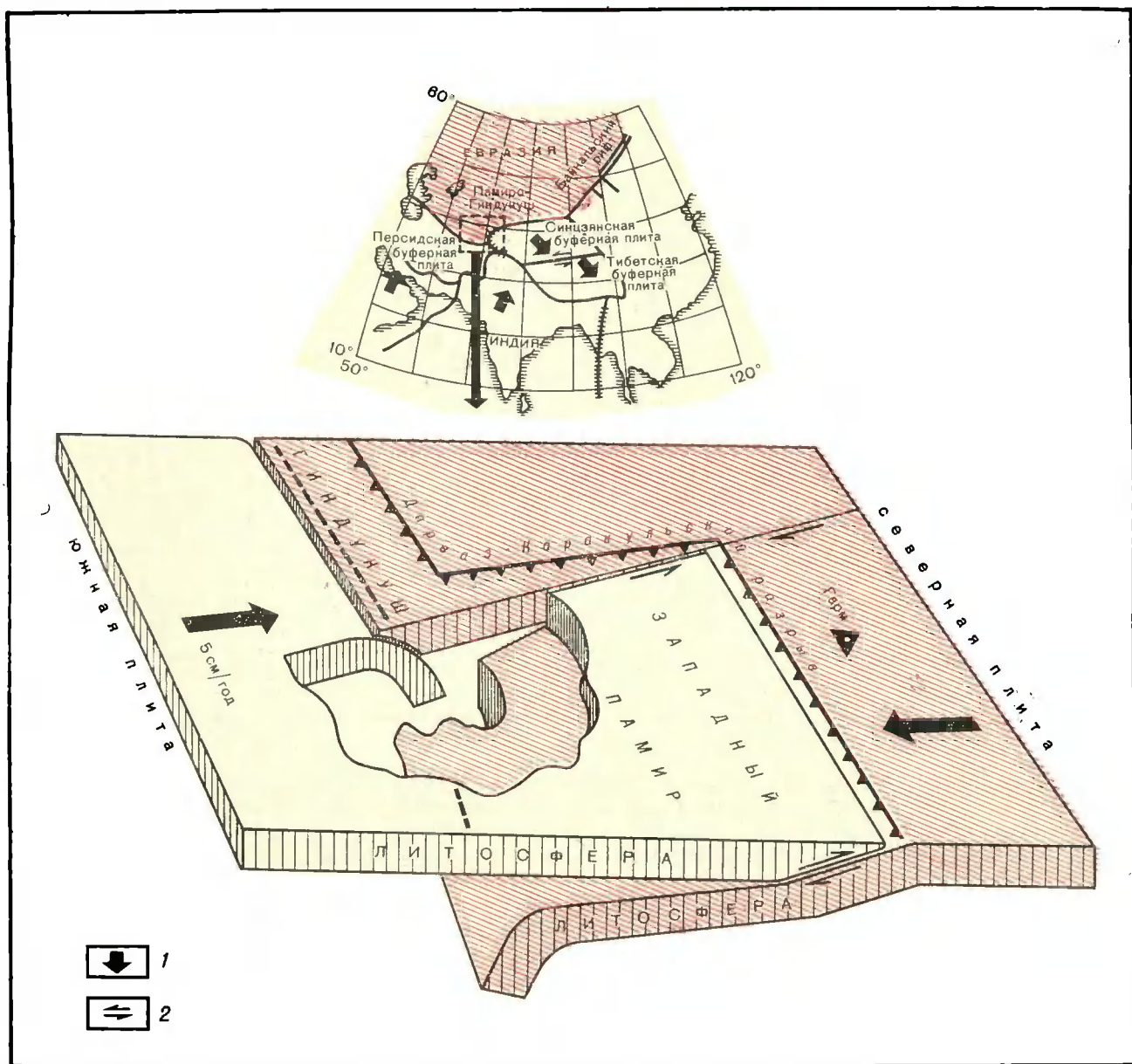


Рис. 3. Гипотетическая схема сочленения различных плит в Азии по представлениям неомобилистов (вверху); реконструкция сложного взаимодействия сталкивающихся континентальных плит под Западным Памиром и Гиндукушем (внизу). 1 — направление движения плит, 2 — движения на континентах и границах; пунктир очерчивает район исследований.

№ 5 и № 7 примерно с той же скоростью, что и на опорную станцию Гарм (отклонения не превышают ошибок измерений). Но уже на станции № 6 запаздывание (Δt) резко возрастает. Это запаздывание — результат замедления продольной волны в мантии с относительно низкой скоростью продольных волн под этой станцией по сравнению с мантией под станциями Гарм, № 5 и № 7. Граница раздела между блоками верхней мантии с различными скоростями распределения сейсмических волн должна при

этом проходить между станциями № 6 и № 7, примерно поперек азимута 40° . Дальнейший рост запаздывания продольной волны для станций № 8 и Кундуз говорит о том, что блок верхней мантии с низкими скоростями распространения сейсмических волн простирается и до этих станций. Тем самым определяется минимальный поперечный размер этого блока. Средняя скорость пробега продольных волн в нем должна быть на $0,24$ км/сек ниже по сравнению с блоком верхней мантии под опорной станцией

Рис. 4. Вверху—Западный Памир
внизу—Восточный Памир. Хребты
с причудливыми складками, крутые
склоны, высокие уступы, мощные
разломные зоны. Давно уже геологов
и геофизиков занимает вопрос, по-
чему топорщащийся чешуями, но от-
носительно низкий Западный Памир
так не похож на «Крышу мира» —
более плоский, но и более поднятый
(на 4—5 тыс. м) Восточный Памир.
Фото В. А. Сычева.



Гарм. Крутой излом графика (рис. 2) между расположенными близко одна от другой станциями Кундуз и Баглан заставляет предположить, что резкая граница раздела блоков верхней мантии есть и между ними. Простираение этой границы должно быть близким к азимуту подхода сейсмического луча (40°), чтобы удовлетворить столь резкому повышению скорости пробега продольной волны на подходе к станции Баглан. Постепенное уменьшение величины запаздывания пробега продольных волн для станций, соеди-

ненных на рис. 2 пунктиром, свидетельствует о том, что перед станциями № 4, 9, 3, 2 (постоянный участок графика Δt) примерно на одинаковом от них расстоянии проходит граница, отделяющая от них второй блок верхней мантии с низкими скоростями распространения сейсмических волн. Примерно на широте станции № 5 эта граница должна довольно круто заворачивать к востоку, поскольку на станциях № 5 и Гарм уже не ощущается влияния этого низкоскоростного блока мантии.

Аналогичным образом были построены остальные участки границ (см. рис. 1) в мантии между блоками с высокими и низкими скоростями распространения сейсмических волн по данным 15 станций, отмечавших приход сейсмических волн от тихоокеанских землетрясений с четырех направлений. В ряде случаев эти построения дублировали друг друга, что повышало надежность проведения границ. По каждому направлению были проанализированы времена вступлений продольных волн не менее



Рис. 5. Хребет Петра Первого — северная граница Памира. Согласно представлениям мобилистов, он является авангардом наступающего с юга на Евразию Индостанского осколка Гондваны. Новейшие лазерные исследования показали, что хребет навигируется здесь на Тянь-Шань со скоростью до 2 см в год. Множество землетрясений, сильных и слабых, сопровождает сложное тектоническое взаимодействие столкнувшихся в этом районе плит литосферы.

Фото В. А. Сычева.

чем от 20 особенно четких, «показательных» землетрясений.

Итак, в центре исследуемого района была зафиксирована «лента» в верхней мантии с повышенными скоростями продольных упругих волн. В ее пределах полностью заключена фокальная зона памиро-гиндукушских землетрясений. Перегиб этой «ленты» приходится как раз на перегиб фокальной зоны. В самой фокальной зоне средняя скорость пробега продольных волн оказалась еще на 0,2 км/сек выше, чем в остальной части «ленты» с высокими скоростями рас-

пространения волн. Следует отметить удивительное совпадение между границами высокоскоростной «ленты» и резкими уступами в рельефе подошвы земной коры.

Памиро-Гиндукушский узел

Памиро-Гиндукуш — сложный узел в общей системе глобальной тектоники. Здесь, по представлениям мобилистов, Индийская литосферная плита, наступающая с юга, по данным французского исследователя Ле Пижона, со скоростью 5 см/год, сталкивается с Евразией. Сейчас, когда плитотектонические представления получили дальнейшее развитие, многие геологи склонны считать, что вместо предполагавшихся первоначально шести плит на Земле существует значительно большее их число. Появился термин «буферные плиты». Возможно, именно они и взаимодействуют в исследованном районе. Однако, поскольку выяснение очертаний этих мелких плит — дело будущего, мы условно будем говорить о столкновении в Памиро-Гиндукушском районе се-

верной и южной плит, не уточняя их названий.

Полученные при сейсмологических исследованиях результаты позволяют внести некоторую ясность в строение самого фронта сталкивающихся плит (см. рис. 3).

Плита, двигающаяся с юга, упираясь в препятствие, рвется посередине и одной своей половиной наползает на северную плиту, а другой как бы подползает под нее. Точно так же разрывается вдоль и встречная плита, выполняющая пассивную роль — одновременно «подкладки» и «покрывала» для южной. Разрываются плиты именно в месте перегиба «ленты» в верхней мантии и перегиба фокальной зоны глубоких памиро-гиндукушских землетрясений. Следовательно, можно считать, что и «лента» литосферы с высокими скоростями сейсмических волн, и фокальная зона глубоких землетрясений являются результатом одного и того же процесса, в данном случае — сложного столкновения двух литосферных плит.

Представим себе, что лента эскалатора, подходя к тому месту, где пас-

сажиры сходят с нее на пол, распарывается вдоль, в результате чего одна половина стала бы напользат на пол, в то время как другая половина, как ей и положено, продолжала бы бесконечной лентой уходить вниз... Примерно так и ведут себя в районе Памиро-Гиндукуша обе встречно движущиеся плиты, каждая из которых одновременно играет роль и пола, и ленты эскалатора. S-образная конфигурация зоны повышенных скоростей в мантии указывает на то, что, вниз, к центру Земли, уходит «лента» литосферы, составленная наполовину из затопленной южной плиты, наполовину — из северной.

Резкие различия в устройстве литосферы и мантии в районе Памира не могут не отражаться в геологии этого района, не могут не накладывать печати крайнего своеобразия на морфологию его поверхности. А ведь географы и геологи давно уже задумывались над загадкой удивительных контрастов Памира. Плоский высокогорный Восточный Памир, похожий на нагорья Тибета, и совсем рядом — резко отличный, пересеченный, смятый складчатостью «в гармошку» Западный Памир (рис. 4). По-видимому, именно где-то на севере Западного Памира по линии Дарваз-Каракульского разрыва северная плита и «ныряет» под южную. Около 300 км тянется «нырнувшая» литосфера под территорией Западного Памира, скользя при ее встречном движении низы южной плиты и тем самым удваивая здесь мощность земной коры. Западный Памир при этом деформируется, накопившиеся когда-то осадки сминаются в складки и чешуи (рис. 5 и на стр. 64). На юге Памира северная плита круто «ныряет» вниз, зацепив погружающуюся ей навстречу часть южной плиты. Недалеко от этого района расположена низменная Таджикская депрессия с тонкой 30—35-километровой земной корой. Если вычесть из ее толщины мощный слой миллионы лет скапливавшихся в ней осадков, то остаток — около 15—20 км коры — подозрительно напоминает по своей толщине сравнительно тонкую шельфовую кору окраинных морей Тихого океана...

Геологи почти единодушны в предположении, что в древние времена на

обширных пространствах нашего, восточного, ныне преимущественно континентального полушария простирался океан Тетис. Многие склонны считать реликтами этого океана нынешние Средиземное, Черное, Каспийское моря. Сближавшиеся материки постепенно уничтожили этот океан. Около 100 млн лет назад, когда Индия еще только начинала свой долгий путь из Южного полушария, где она была частью древнего материка Гондваны, этот океан, подобно современному Тихому, был опоясан островными дугами, под которые подныривала «лента» океанической плиты. Обстановка резко осложнилась, когда сюда приблизилась Индия. Поднятия привели к тому, что окраинные моря осушились, были смяты накопившиеся в них осадки. Однако самый тип взаимодействия плит остался почти без изменений: по-прежнему одна плита «ныряет» под другую. Правда, по неизвестной пока причине один из участков контакта в какой-то момент приобрел ту двойственность, симметричность, о которой мы рассказали.

Таким образом, нам представляется, что новые сейсмические данные, полученные для Памиро-Гиндукушского узла, перекидывая мостик к новой глобальной тектонике, помогают объяснить некоторые закономерности в строении земной коры. В Памиро-Гиндукуше тектонисты отмечают странное «вырождение» альпийского геосинклинального процесса (из него выпадает стадия длительного погружения) при общем резком росте размаха горообразования. Как считают геологи, здесь в сильнейшие альпийские движения вовлечены окраинные части сформированных еще в доальпийское время континентальных платформ¹. Это аномальное явление, по-

видимому, можно связать с наиболее энергичным столкновением плит в этом районе. Кстати, сама окраинная зона доальпийской консолидации на схеме В. Е. Хаина весьма близка по форме все той же латинской букве S и примыкает к Дарваз-Каракульскому разлому. Там, где простирание этого разлома субширотное, замечает В. Е. Хаин, смещение по разлому является надвиговым, а там, где субмеридиональное, — сдвиговым. Взаимное напользание «лент» литосферы (надвиг) на флангах Памиро-Гиндукушской зоны и относительное проскальзывание плит в ее центре (сдвиг), которые вытекают из всего сказанного (см. рис. 3), хорошо увязываются с этими тектоническими построениями геологов.

Преимущественно надвиговый характер сейсмотектонического процесса в Памиро-Гиндукуше подтвердил проведенный недавно в Комплексной сейсмологической экспедиции статистический анализ механизмов сильных землетрясений этого района.

Типология механизмов землетрясений, разработанная одним из авторов этой статьи (А. А. Гангнусом), позволяет количественно выявить долю той или иной подвижки (сдвиг, надвиг, сброс и т. д.) в очагах землетрясений района. Фиксируется резкое преобладание в очагах глубоких и коровых землетрясений надвиговой подвижки (значительно больше половины). При этом оказались господствующими силы горизонтального сжатия, направленные приблизительно по меридиану. Таким образом, и само поле напряжений, восстановленное по статистике взаимоориентации основных сил, действующих в очагах землетрясений, совпадает с нашими выводами.

Дальнейший специальный палеотектонический анализ, возможно, позволит проследить, каким образом на краю столкнувшихся плит установился не совсем обычный «встречно-симметричный» характер их погружения в мантию.

УДК 550.34, 551.24

¹ В. Е. Хаин. Основные черты структуры Альпийского пояса Евразии в пределах Ближнего и Среднего Востока. «Вестник МГУ. Геология», 1969, № 2; В. Е. Хаин, Я. Г. Кац, А. Г. Селицкий, В. И. Славин, Т. П. Онуфриюк. Тектоническое районирование и основные черты современной структуры Альпийского пояса Ближнего и Среднего Востока (статья II — восточный сегмент). «Известия высших учебных заведений. Геология и разведка», 1973, № 4.

Теория дислокаций и дислокационная физика

Профессор В. Л. Инденбом

В. И. Никитенко

Доктор физико-математических наук

Б. М. Струнин

Кандидат физико-математических наук

Способность металлов к пластической деформации использовалась для изготовления различных предметов еще на заре человеческой цивилизации. Однако физики долгое время не могли понять, как в металлическом кристалле со строго периодическим расположением атомов столь легко могут происходить разрыв и пересоединение межатомных связей, необходимых для пластической деформации. Гипотеза о существовании в кристаллах особых легкоподвижных дефектов — дислокаций, обеспечивающих способность кристалла к пластическому деформированию, в течение длительного времени служила предметом ожесточенных дискуссий.

Современные методы исследования реального строения кристалла позволяют непосредственно наблюдать дислокации, их рождение, движение и взаимодействие. Анализируя дислокационную структуру кристаллов, можно не только понять их пластичность, но и объяснить сложнейшие физические свойства реальных кристаллов. Получив блестящее экспериментальное подтверждение, теория дислокаций бурно развивалась и породила новые направления в физике твердого тела.

Дефекты кристалла или дефекты решетки?

В курсах физики твердого тела обычно рассматривается строго периодическое строение кристаллов. Простейшим примером такого строения служат плотноупакованные структуры, при построении которых каждый атом можно считать несжимаемым шариком, а атомная плоскость образуется плотной упаковкой шаров (рис. 1). Плотная укладка атомных плоскостей в пространстве возможна двумя способами: ABCABC... (гранецентрированная кубическая структура; рис. 1, а, б) и ABABAB... (гексагональная плотноупакованная структура; рис. 1, в, г). Однако расположение атомов в точном соответствии с кристаллической решеткой, подобное изображенному на рис. 1, — это лишь идеализированная схема. На самом деле даже в условиях

идеального термодинамического равновесия в кристаллах обязаны существовать различного рода отклонения от этой схемы, называемые дефектами кристаллической решетки. К термодинамически равновесным дефектам относятся, например, вакансии и межузельный атом (рис. 2), появление которых в идеальном кристалле резко увеличивает конфигурационную энтропию и уменьшает его свободную энергию. Равновесные дефекты решетки — столь же равноправные элементарные возбуждения основного состояния кристалла, как, например, фононы или электроны¹, и ни-

коим образом не могут трактоваться как дефекты кристалла.

Существование равновесных дефектов проявляется уже в таких фундаментальных характеристиках тела, как его объем. При нагревании концентрация вакансий и межузельных атомов (называемых точечными дефектами) экспоненциально возрастает. Это приводит к увеличению объема («распуханию»), величина которого для достаточно высоких температур может быть того же порядка, что и обычное тепловое расширение. Если тело находится под действием постоянной внешней нагрузки, возникают направленные потоки точечных

¹ О фононах и электронах в кристалле — как элементарных возбуждениях основного состояния кристалла — можно прочесть в статье: И. М. Лифшица. Квантизация в современной физике. «Природа», 1958, № 5. Дефекты решетки соответствуют атомной ветви элементарных возбуждений; в отличие от фононов и электро-

нов в кристалле, они ведут себя не как квазичастицы, а как частицы. Лишь в квантовых кристаллах (например, в твердом гелии) точечные дефекты решетки оказываются квазичастицами (см.: А. Ф. Андреев, И. М. Лифшица. ЖЭТФ, т. 56, 1969, № 6, стр. 2057).

дефектов, приводящие к изменению формы тела (рис. 3). Такая диффузионная ползучесть определяет деформацию деталей, работающих при высоких температурах. В ионных кристаллах, где вакансии и межузельные атомы заряжены, их направленное перемещение возникает под действием внешнего электрического поля и определяет электропроводность кристалла. В отличие от электронной проводимости, ионная проводимость (перенос заряда точечными дефектами) сопровождается переносом материала, осаждающегося на электродах; при этом электропроводность растет с увеличением температуры по тому же закону, что и равновесная концентрация вакансий.

Энергия точечных дефектов много больше энергии тепловых колебаний решетки. Например, у меди энергия вакансии $E_V \approx 1$ эв, у межузельного атома $E_I \approx 3$ эв, в то время как энергия тепловых колебаний kT даже вблизи температуры плавления (1083°C) составляет всего 0,12 эв. Поэтому равновесная концентрация точечных дефектов, как правило, невелика (для меди вблизи температуры плавления концентрация вакансий

$$C_V \approx \exp[-E_V/kT] = 2,5 \cdot 10^{-4},$$

а концентрация межузельных атомов

$$C_I \approx \exp[-E_I/kT] = 2 \cdot 10^{-11}).$$

Однако в кристаллах концентрация точечных дефектов часто бывает много выше равновесной. Такое пересыщение достигается, например, путем закалки или облучения нейтронами. Пересыщенный твердый раствор вакансий и межузельных атомов может распасться. Подобно тому как углекислый газ в газированной воде конденсируется в пузырьки, точечные дефекты, выпадая из раствора, конденсируются в виде однослойных или двухслойных дисков. Такие «блины» вакансий показаны на рис. 4, а, б. В ходе конденсации концентрация изолированных точечных дефектов уменьшается, а число и размеры дисков растут. Вследствие притяжения атомных плоскостей существует критический размер диска вакансий, по достижении которого он захлопыва-

Владимир Львович Инденбом, доктор физико-математических наук, заведующий теоретическим отделом Института кристаллографии АН СССР. Основные работы посвящены развитию нового направления в физике твердого тела — физики реальных кристаллов. Им построена физическая теория внутренних напряжений, развиты новые методы в теории дислокации, получены важные результаты в физике прочности, теории фазовых превращений и теории симметрии. Автор нескольких изобретений, а также ряда фундаментальных статей в сборниках: Некоторые вопросы физики пластичности кристаллов. М., Изд-во АН СССР, 1960; Theory of crystal defects. Prague, 1966; Физика кристаллов с дефектами. Тбилиси, Изд-во АН ГрузССР, 1966.

Валерий Иванович Никитенко, заведующий лабораторией реальной структуры кристаллов Института физики твердого тела АН СССР. Основные работы посвящены исследованию характеристик индивидуальных дислокаций и их влияния на физические свойства кристаллов. Лауреат премии им. А. Ф. Иоффе по физике твердого тела 1963 г.

Борис Моисеевич Струнин, доцент Московского инженерно-физического института. Основные исследования посвящены вероятностному описанию ансамблей дефектов решетки и развитию статистической теории пластичности и прочности кристаллических тел.

ется (рис. 4, в, г) с образованием дефекта, принципиально отличного от точечных дефектов, — дислокационной петли.

Дислокации — это специфические линейные дефекты кристаллической решетки, нарушающие правильное чередование атомных плоскостей. В отличие от точечных дефектов, нарушающих ближний порядок, дислокация нарушает дальний порядок в кристалле, искажая всю его структуру. При захлопывании одно- и двух-



слойных вакансионных петель в гексагональных плотноупакованных кристаллах образуются петли дислокаций различного типа. При захлопывании однослойного диска (рис. 4, а) происходит смещение атомных плоскостей на половину вектора трансляции — $c/2$ (сравните с рис. 1, г), при этом из-за сохранения плотной укладки слой А переходит в В, В — в С и внутри дислокационной петли образуется пленка плоского дефекта упаковки (укладка слоев ABC вместо

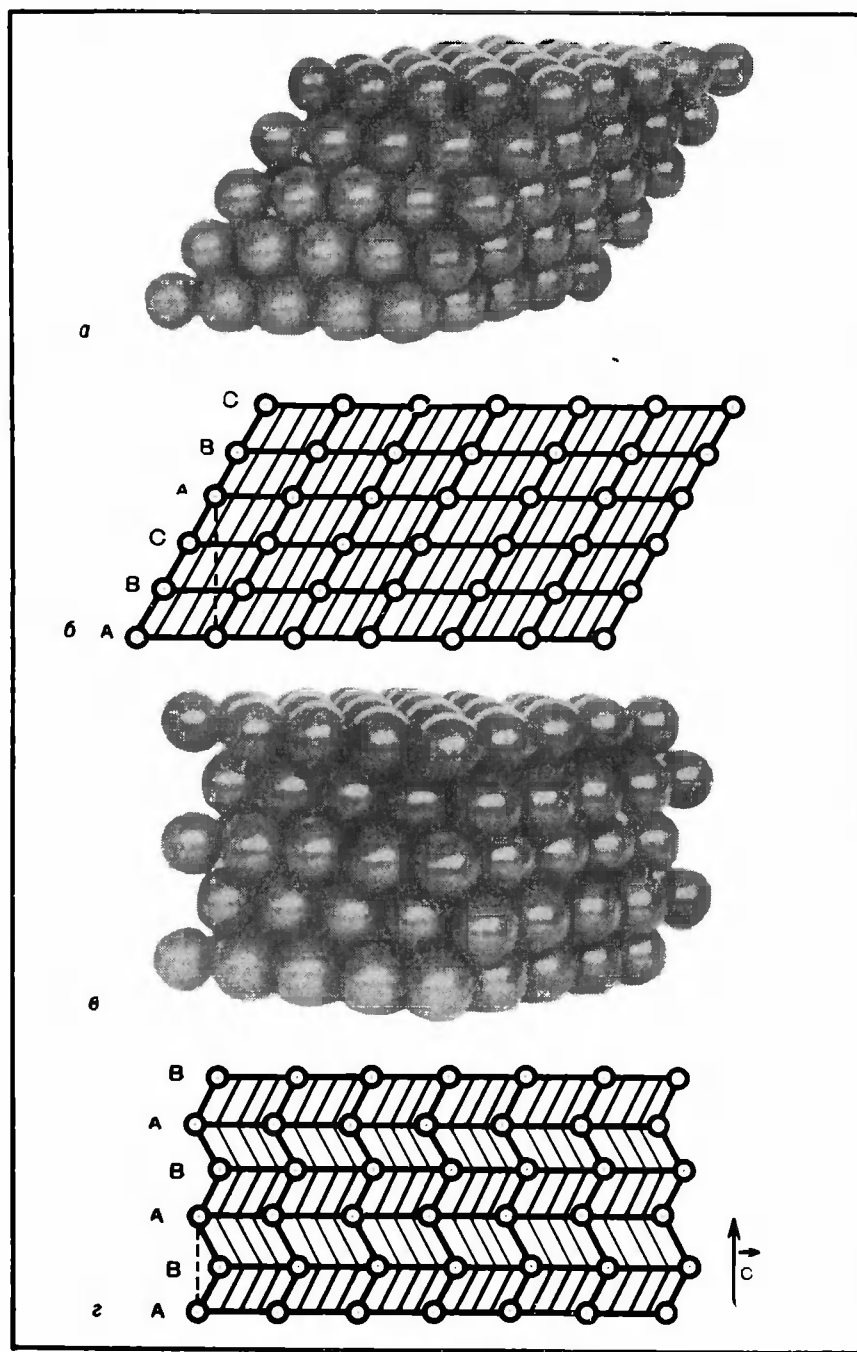


Рис. 1. Плотнупакованные кристаллические структуры. Для таких структур каждая плоскость, образованная наиболее плотной укладкой шаров, имеет одинаковое строение. Возможны два типа наиболее плотной упаковки: а, б — гранецентрированная кубическая (г.ц.к.) решетка. У гранецентрированной кубической решетки есть три различных положения

слоев — А, В и С. Четвертый слой лежит точно над первым (см. пункт г), поэтому обозначается снова А; в, г — гексагональная плотноупакованная (гекс.п.у) структура. В этом случае есть лишь два различных положения А и В; с — вектор трансляции, перпендикулярный плоскости плотной упаковки, переводящий А в А.

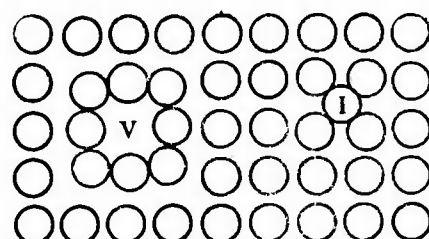


Рис. 2. Точечные дефекты решетки: вакансия (V), межузельный атом (I). Видно, что окружающие вакансию атомы сближаются, а окружающие межузельный атом — расходятся.

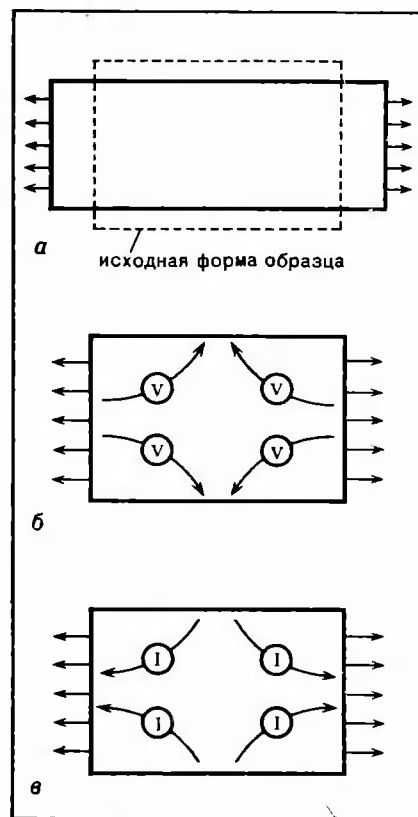


Рис. 3. Роль точечных дефектов решетки в диффузионной ползучести растягиваемого образца. Диффузионная ползучесть, приводящая к удлинению кристалла (а), может быть вызвана как потоками вакансий (б), так и потоками межузельных атомов (в).

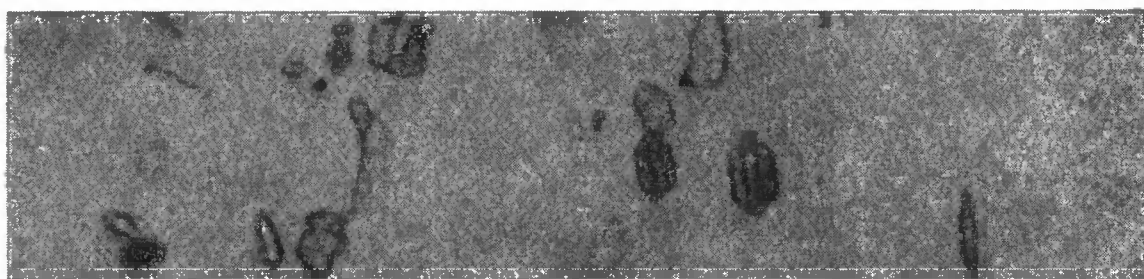
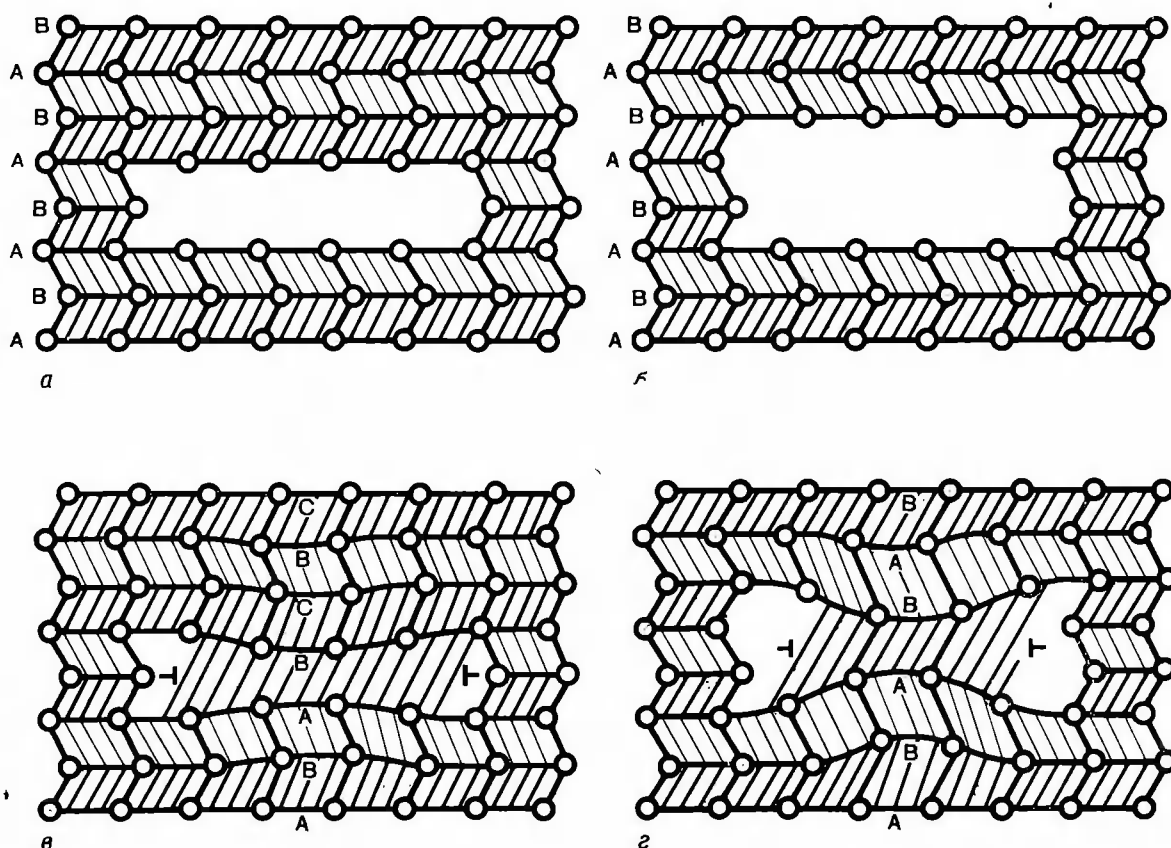


Рис. 4. Диски вакансий и дислокационные петли в кристаллах с гексагональной плотноупакованной структурой: а — однослойный, б — двухслойный диск вакансий; в — затлопывание диска (а) приводит к образованию дислокационной петли, отрывающей дефект упаковки (знак $\perp$ указывает место обрыва атомной плоскости); г — затлопыва-

ние двухслойного диска (б) приводит к образованию дислокационной петли, внутри которой гексагональная плотная укладка не нарушена; в и г — электронномикроскопическая фотография петель типа (в) — с полосами — и (г) — без полос — в тонкой фольге кристалла. (Увеличение ~ 80 тыс. раз.)

Рис. 5. Непосредственное электронномикроскопическое наблюдение плотноупакованных атомных плоскостей в кристалле кремния (межплоскостное расстояние — $3,98 \text{ \AA}$, черные линии — атомные плоскости): а — краевая дислокация (обведена кружком), виден обрыв плоскости (черная линия обрывается в центре кружка); б — видны прослойки А, В и D, называемые двойниковыми, внутри которых порядок укладки плоскостей изменен на обратный, и дефект упаковки С того типа, который показан на рис. 4, в.

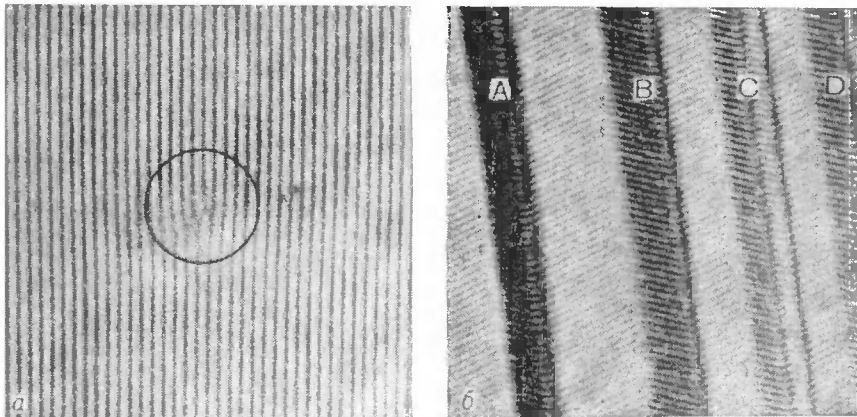
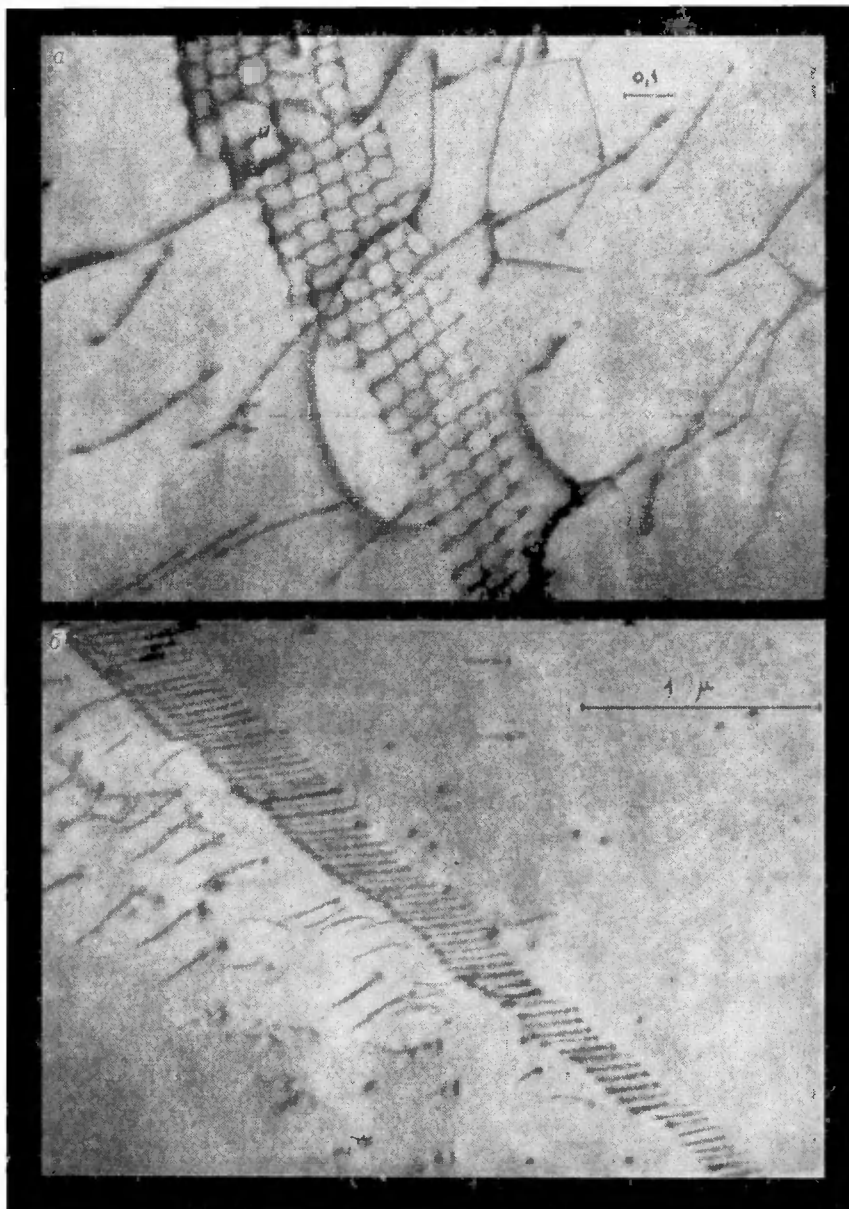


Рис. 6. Электронномикроскопические фотографии типичных элементов дислокационной структуры отожженных кристаллов: а — гексагональная сетка дислокаций; части кристалла (блоки) по разные стороны сетки повернуты относительно оси, перпендикулярной плоскости фотографии, угол поворота обратно пропорционален длине звена сетки; б — стенка дислокаций; блоки кристалла по разные стороны такой стенки разориентированы относительно оси, лежащей в плоскости границы.



ABAB...), представляющего собой слой с г.ч.к. укладкой в гексагональном кристалле. При захлопывании двухслойного диска (рис. 4, б) взаимное смещение плоскостей равно вектору трансляции c , а порядок укладки слоев внутри образовавшейся дислокационной петли такой же, как в правильном кристалле.

Современные экспериментальные методы позволяют непосредственно наблюдать расположение атомов в кристалле. При этом видны и дефекты решетки. На рис. 5 показано расположение атомных плоскостей в кристалле кремния и обрыв атомной плоскости у дислокации того же типа, что схематически изображено на рис. 4, в, г. Такое изображение можно получить только при увеличении ~ 10 млн раз. На электронномикроскопическом снимке (рис. 4, д), выполненном с меньшим увеличением, дефекты решетки обнаруживаются по характерному интерференционному контрасту, вызванному смещениями узлов решетки и искривлением атомных плоскостей в окрестности дефекта. Когда пучок электронов пересекает дефект упаковки, на изображении появляется серия интерференционных полос типа полос равной толщины в оптике. Поэтому дислокационные петли разного типа (рис. 4, в, г) выглядят на электронномикроскопических снимках по-разному. Лишь в специальных случаях (тяжелые примесные атомы в легкой матрице) изолированные точечные дефекты можно обнаружить в электронном микроскопе. Однако их можно уверенно наблюдать в ионном проекторе, позволяющем определить расположение отдельных атомов на поверхности острия, испускающего поток ионов. Методы электронномикроскопического наблюдения дислокаций и аналогичные им рентгенодифракционные методы (рентгеновская топография) широко используются не только в научно-исследовательских институтах, но и в заводских лабораториях.

Дислокационная структура кристаллов

Кристаллы, полученные различными методами и подвергавшиеся различ-

ным воздействиям (механическим, тепловым, радиационным и т. п.), содержат различное количество дислокаций, по-разному расположенных, т. е. имеют различную дислокационную структуру. Простейшей ее характеристикой служит суммарная длина дислокационных линий в единице объема ρ , называемая плотностью дислокаций. Развитые к настоящему времени методы выращивания кристаллов позволяют получать дислокационные структуры с заданной плотностью дислокации и, в частности, бездислокационные кристаллы. В хорошо отожженных металлических и ионных кристаллах $\rho \sim 10^2 \div 10^6$ см/см³ и дислокации собираются в плоские сетки (рис. 6, а) и стенки (рис. 6, б). В ходе пластической деформации кристалла его дислокационная структура радикально изменяется (рис. 7). При приложении к кристаллу внешних сил содержащиеся в нем дислокации прогибаются и начинается их движение, определяющее пластическую деформацию кристалла. Резкое изменение наклона кривой деформации при напряжении τ_s (соответствующее переходу к макроскопически заметной пластической деформации) обусловлено потерей устойчивости исходной дислокационной структуры и началом массового движения и размножения дислокаций, приводящего к росту их плотности. В зависимости от исходной дислокационной структуры кристалла величина τ_s может изменяться в широких пределах: от 10^{-6} Г до 10^{-2} Г, где Г — модуль сдвига.

По мере роста величины пластической деформации не только растет плотность дислокаций, но и закономерно изменяется характер их расположения. За пределом текучести обычно идет скольжение дислокаций по одной системе параллельных кристаллографических плоскостей и образуется «ламинарная» дислокационная структура из длинных линий дислокаций, заполняющих кристалл с плотностью $10^6 \div 10^7$ см/см³ (рис. 7, а). Переход к стадии быстрого упрочнения связан со скольжением дислокаций по плоскостям, пересекающим первичные. При этом происходит уплотнение дислокационной структуры (в пересекающихся плоскостях скольжения образуются группы близ-

ко расположенных дислокаций) и возникает «турбулентная» дислокационная структура (рис. 7, б). При дальнейшем росте внешнего напряжения упрочнение падает и образуется ячеистая структура, в которой области с высокой локальной плотностью дислокаций (границы ячеек) чередуются с областями, практически свободными от дислокаций (рис. 7, в), при этом общая плотность дислокаций в кристалле возрастает до $10^{10} \div 10^{11}$ см/см³, а в поликристаллах — до 10^{12} см/см³ (10 млн км дислокационных линий в 1 см³!).

Неоднородность дислокационной структуры, возникающей при пластическом деформировании, определяет склонность материала к разрушению. На участках с высокой плотностью дислокаций — у дислокационных скоплений, в местах пересечения полюс скольжения между собой и с границами блоков (и зерен) — возникают трещины. При помощи современных электронных микроскопов можно непосредственно наблюдать атомную структуру трещины (рис. 8, а) и исследовать характер искривления атомных плоскостей в вершине трещины, по которому можно судить о силе взаимодействия атомов, составляющих эти плоскости, и оценить зависимость суммарной силы взаимодействия атомных плоскостей от расстояния между ними. Эта зависимость — так называемый силовой закон взаимодействия атомных плоскостей — служит фундаментальной характеристикой кристалла, отражающей его упругие свойства (начальный наклон силового закона), силу сцепления атомных плоскостей (максимум силового закона) и поверхностную энергию (площадь под графиком силового закона, т. е. работу сил сцепления при раскалывании кристалла).

В хрупких материалах поверхностная энергия непосредственно определяет энергетические затраты на продвижение трещины. В пластичных материалах эти затраты возрастают, поскольку движение трещины сопровождается интенсивным движением и размножением дислокаций у ее вершины. Исследование дислокационной структуры, возникающей около трещины (рис. 8, б, в), позволяет определить механизм энергетических

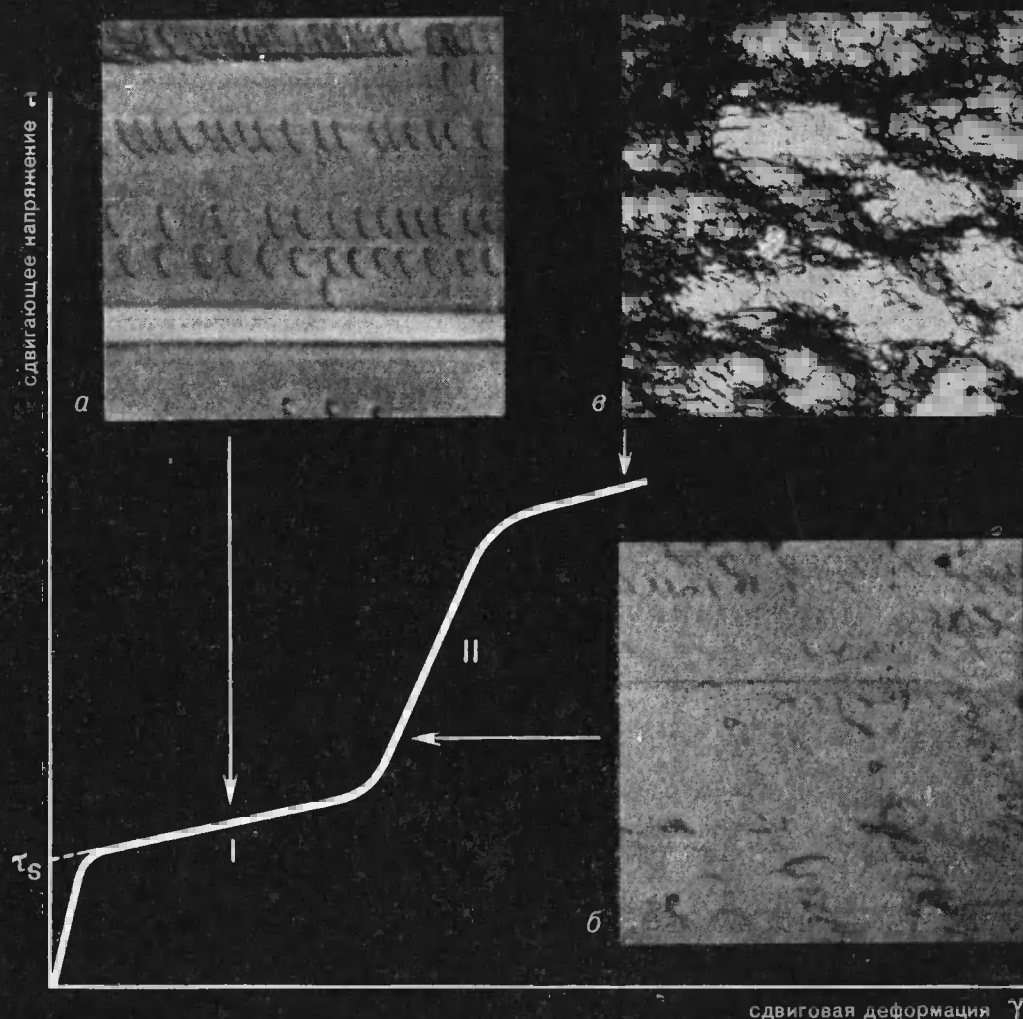


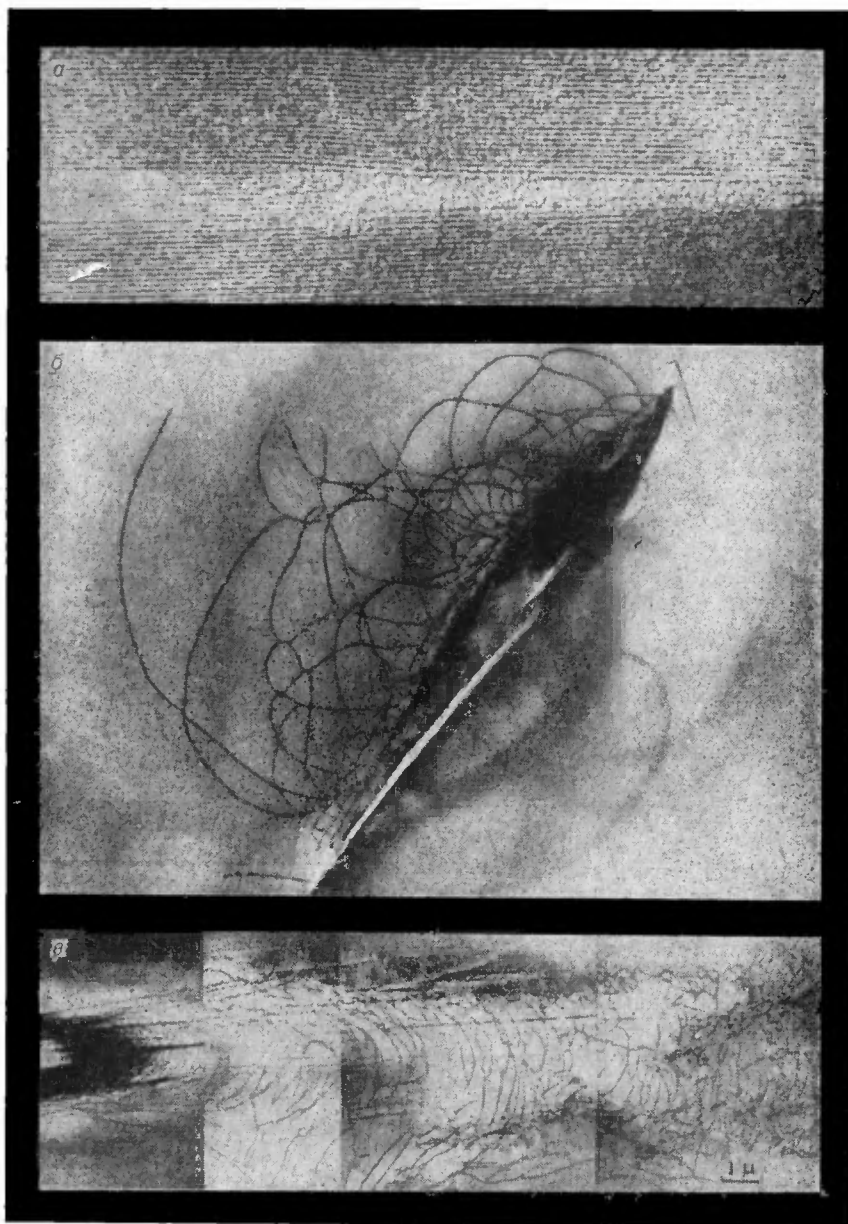
Рис. 7. Диаграмма деформации кристалла с г.ц.к. решеткой: τ_s — предел текучести; I — стадия легкого скольжения с малой величиной упрочнения ($d\tau/d\gamma \sim 10^{-4} G$); II — стадия быстрого упрочнения ($d\tau/d\gamma \sim 10^{-3} G$). Электронномикроскопические снимки, показывающие структуру кристалла на разных стадиях: а — «ламинарная» дислокационная структура (дислокации образуют систему параллельных линий скольжения); б — «турбулентная» структура (скольжение дислокаций по пересекающимся плоскостям); в — ячеистая дислокационная структура.

затрат при продвижении трещины и наметить пути подавления развития трещин и управления процессом разрушения материалов.

При продолжительном нагревании (отжиге) кристалла, претерпевшего пластическую деформацию, можно снизить плотность дислокаций и изменить характер их расположения. При определенных режимах отжига в кристалле происходит полигонизация: дислокации выходят из плоскостей скольжения, и выстраиваются

стенки типа, показанного на рис. 6, б. Можно подобрать режим отжига, позволяющий требуемым образом перестроить дислокационную структуру, и в частности восстановить структуру, которую кристалл имел до начала пластической деформации. Чтобы понять дислокационную архитектуру кристалла и закономерности ее изменения при различных воздействиях, необходимо рассмотреть искажения решетки, вызываемые отдельной дислокацией.

Рис. 8. Электронномикроскопические фотографии трещин: а — трещина в хрупком материале. Видна конфигурация атомных плоскостей в вершине трещины, определяемая силовым законом их взаимодействия. Энергетические затраты на продвижение трещины сводятся к поверхностной энергии материала (работе сил сцепления); б — трещина в малопластичном материале. Развитие трещины сопровождается зарождением в движении дислокаций, что требует дополнительных энергетических затрат; в — трещина в пластическом материале. Энергетические затраты на продвижение трещины определяются работой по перемещению пластической зоны, состоящей из большого числа дислокаций. Эта работа намного превышает поверхностную энергию материала.



Дислокация как «упругий вихрь»

Дислокация, подобная изображенному на рис. 4, в, г или на фотографии рис. 5, образована краем лишней полуплоскости и называется поэтому краевой. Рис. 9, а иллюстрирует другой простейший тип дислокации — винтовую дислокацию. Здесь ни одна из атомных плоскостей не обрывается внутри кристалла, но сами плоскости лишь приблизительно параллельны; фактически кристалл состоит из

единственной, изогнутой по винтовой поверхности, атомной плоскости. Ось АВ этой поверхности и есть линия дислокации. Смещения атомов относительно их положений в правильной решетке параллельны оси дислокации (рис. 9, б), их величина и линейно нарастает с азимутом θ и не зависит от расстояния до оси:

$$u = \frac{b}{2\pi} \theta, \quad (1)$$

где b — шаг винта, равный межплоскостному расстоянию. Из (1) следует, что поле упругих смещений вокруг

дислокации носит вихревой характер. Линия дислокации служит линией ветвления для поля упругих смещений:

$$\oint d\vec{u} = -\vec{b}, \quad (2)$$

т. е. смещение оказывается многозначной функцией координат и при обходе по любому контуру, охватывающему дислокацию, получает приращение на некоторый вектор $\vec{b}$, определяющий мощность упругого вихря (знак $\oint$ обозначает интеграл по контуру).

Дислокации как вихревые линии в

упругой среде играют такую же роль, что и линии тока в магнитостатике или вихревые линии в гидродинамике. Как известно, при существовании линий тока магнитное поле носит вихревой характер, а циркуляция напряженности магнитного поля отлична от нуля и пропорциональна силе тока, протекающего через контур. Аналогичным образом при появлении вихря движение жидкости теряет потенциальный характер, а циркуляция скорости отлична от нуля и пропорциональна суммарной интенсивности вихрей, охваченных контуром. Линии тока и линии вихря, в полной аналогии с (2), — это линии ветвления для потенциала магнитного поля и потенциала скоростей.

Соотношение (2) справедливо для всех типов дислокаций в кристаллах, а вектор ветвления $\vec{b}$ служит основной характеристикой дислокации и называется вектором Бюргерса. В случае винтовой дислокации этот вектор параллелен линии дислокации (см. рис. 9, б). В общем случае угол между вектором Бюргерса и линией дислокации может быть произвольным. В частности, для краевой дислокации, как видно из рис. 4, в, г, этот угол равен 90° . Периодическое строение кристалла накладывает жесткие ограничения на возможные значения вектора Бюргерса. Так, для дислокаций, не связанных с дефектами упаковки, вектор Бюргерса должен совпадать с одним из векторов трансляции. Дискретность набора возможных значений вектора Бюргерса делает дислокации сходными с квантованными вихрями в сверхтекучем гелии или квантованными токами в сверхпроводниках второго рода.

Можно показать, что из уравнения (2) вытекает постоянство вектора Бюргерса вдоль линии дислокации, которая (как и всякая вихревая линия) не может обрываться внутри кристалла. Это свойство приводит к ряду важных следствий.

Если дислокация пересекает поверхность кристалла, на ней оканчивается ступенька (рис. 10, а). Эта ступенька, в отличие от замкнутых ступенек и ступенек, оканчивающихся на ребрах идеального кристалла (рис. 10, б), не вытесняется с поверхности в ходе роста кристалла, а обходит

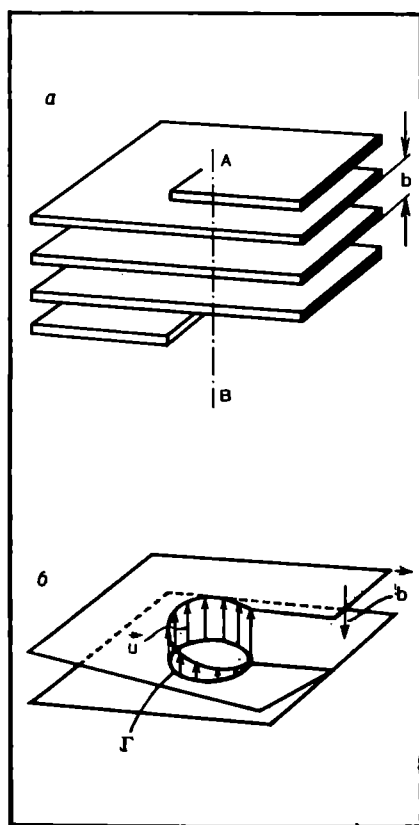


Рис. 9. Винтовая дислокация: а — расположение атомных плоскостей около винтовой дислокации, АВ — ось винтообразно изогнутой атомной плоскости; б — смещение $\vec{b}$ узлов решетки (показаны стрелками) вдоль контура Γ , охватывающего винтовую дислокацию, относительно их положений в правильной решетке; $\vec{b}$ — вектор Бюргерса дислокации (шаг винта).

вокруг дислокации наподобие часовой стрелки, постепенно изгибаясь и образуя спираль (рис. 10, в). При этом слои роста не обрываются на боковых гранях, а, огибая дислокацию, последовательно взгромождаются друг на друга. В результате скорость роста кристалла определяется не процессом спонтанного образования плоских зародышей, а скоростью движения уже имеющихся ступеней. Теория слоисто-спирального роста, основанная на этих представлениях, позволяет описать морфологию растущей грани кристалла (см., например, рис. 10, г), а также зависимость скорости роста от степени пересыщения.

При раскалывании кристалла с винтовой дислокацией, после пересечения плоскостью скола линии дислокации, одно ее крыло окажется на одном этаже винтовой поверхности, другое — на другом. Поэтому на образовавшейся поверхности появляется характерная ступенька скола (рис. 10, д), идущая от дислокации. Наблюдение таких ступенек позволяет уловить тонкие детали процесса развития трещин в кристаллах.

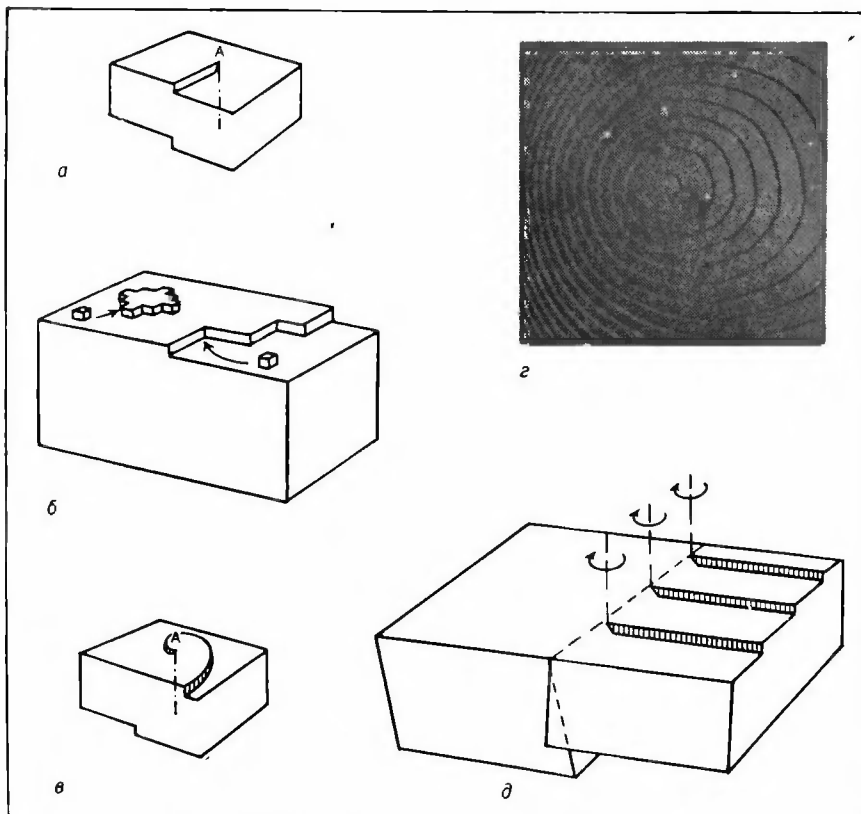
Дислокации при наращивании кристалла на затравку переходят из затравки в растущий кристалл. Новые дислокации могут зарождаться внутри только в виде петель, а на фронте роста — в виде полупетель. Эти закономерности используются для управления структурой растущего кристалла, для получения бездислокационных кристаллов и кристаллов с заданной плотностью дислокаций.

Для дислокационных узлов-точек, в которых сходятся три и более дислокаций, справедливо соотношение, аналогичное закону Кирхгофа для разветвляющихся токов: сумма векторов Бюргерса дислокаций, подходящих к узлу (или отходящих от узла), равна нулю. Так, для узлов гексагональной сетки, показанной на рис. 6, а, векторы Бюргерса образуют равнобедренный треугольник со сторонами, равными векторам трансляции в плоскости плотной упаковки.

Дислокация как элементарный источник внутренних напряжений и поворотов решеток

Кристаллическая решетка испытывает наиболее сильные искажения вблизи линии дислокации. На расстояниях от дислокации порядка постоянной решетки (в области, называемой ядром дислокации) напряжения достигают значений порядка модуля упругости G (деформация до 100%), а при удалении от нее спадает обратно пропорционально расстоянию. Вне ядра дислокации справедлива теория упругости, и читатель, знакомый с ее основами, может с помощью закона Гука по смещениям (1) найти поле напряжений для винтовой дислокации.

Рис. 10. Рельеф поверхности кристалла и дислокации: а — в точке А пересечения поверхности кристалла винтовой дислокацией обрывается ступенька, высота которой равна длине вектора Бюргерса b ; б — атомы, присоединяющиеся к ступени поверхности идеального кристалла, вызывают перемещение этих ступеней и полное их вытеснение при достройке грани; в — при осаждении атомов на ступеньку, оканчивающуюся на винтовой дислокации, ступенька приобретает спиральную форму и не вытесняется с поверхности растущей грани; г — фотография типичной спирали роста; д — при раскалывании кристалла с винтовыми дислокациями на дислокации зарождаются ступени скола. Дальнейшее объединение этих ступеней дает характерные ручьевые узоры.



В цилиндрической системе координат r, θ, z , где ось z направлена вдоль дислокации, отличны от нуля только две компоненты:

$$\sigma_{z\theta} = \sigma_{\theta z} = \frac{Gb}{2\pi r}. \quad (3)$$

Аналогичный расчет для краевой дислокации дает

$$\sigma_{rr} = \sigma_{\theta\theta} = -\frac{Gb}{2\pi(1-\nu)} \cdot \frac{\sin \theta}{r};$$

$$\sigma_{r\theta} = \frac{Gb}{2\pi(1-\nu)} \cdot \frac{\cos \theta}{r}, \quad (4)$$

где ν — коэффициент Пуассона, θ — азимут, отсчитываемый от вектора Бюргерса дислокации.

Суперпозиция полей типа (3) и (4) дает поле напряжений произвольной прямой дислокации.

По известному полю смещений можно найти повороты решетки:

$$\vec{\omega} = \frac{1}{2} \operatorname{rot} \vec{u}. \quad (5)$$

Для винтовой дислокации из (1) следует

$$\omega = \omega_r = \frac{b}{4\pi r}. \quad (6)$$

Поворот около краевой дислокации оказывается того же порядка, но

ось поворотов не перпендикулярна, а параллельна линии дислокации:

$$\omega = \omega_z = -\frac{b}{4\pi r} \cos \theta. \quad (7)$$

Поле внутренних напряжений и поворотов в кристалле складывается из полей отдельных дислокаций. Поскольку эти поля медленно убывают с увеличением расстояния от дислокации, результирующее поле существенно зависит от характера взаимного расположения дислокаций. Если, например, краевые дислокации составляют горизонтальный ряд, т. е. лежат в плоскости, параллельной вектору Бюргерса (рис. 11, а), повороты решетки (7) гасят друг друга, а напряжения складываются, образуя окаймляющие этот ряд полосы макроскопических напряжений:

$$\sigma = \frac{b}{h} \cdot \frac{G}{1-\nu}, \quad (8)$$

где h — расстояние между дислокациями. При этом сжатие возникает со стороны лишних полуплоскостей. Если краевые дислокации образуют вертикальный ряд, т. е. стенку, перпендикулярную вектору Бюргерса (рис. 11, б), то напряжения (4) гасятся, а пово-

роты (7) складываются, вызывая разворот блоков, разделяемых дислокационной стенкой на угол $\theta = b/h$. В случае равномерного распределения краевых дислокаций в объеме кристалла (рис. 11, в) макроскопические напряжения также отсутствуют, а суперпозиция поворотов решетки приводит к однородному плоскому изгибу кристалла с радиусом кривизны

$$R = \frac{1}{\rho b}, \quad (9)$$

где ρ — плотность дислокаций, равная числу дислокаций, пересекающих единичную площадку в плоскости изгиба.

Энергия упругих полей дислокаций определяет накопленную в кристалле (латентную) энергию. Эта энергия зависит не только от плотности дислокаций, но и от их взаимного расположения. Эволюция дислокационной структуры кристаллов при отсутствии внешних сил (например, при отжиге) характеризуется образованием дислокационных конфигураций, энергетически более выгодных. Например, структуры типа, изображенного на рис. 11, а и 11, в, переходят в структуры

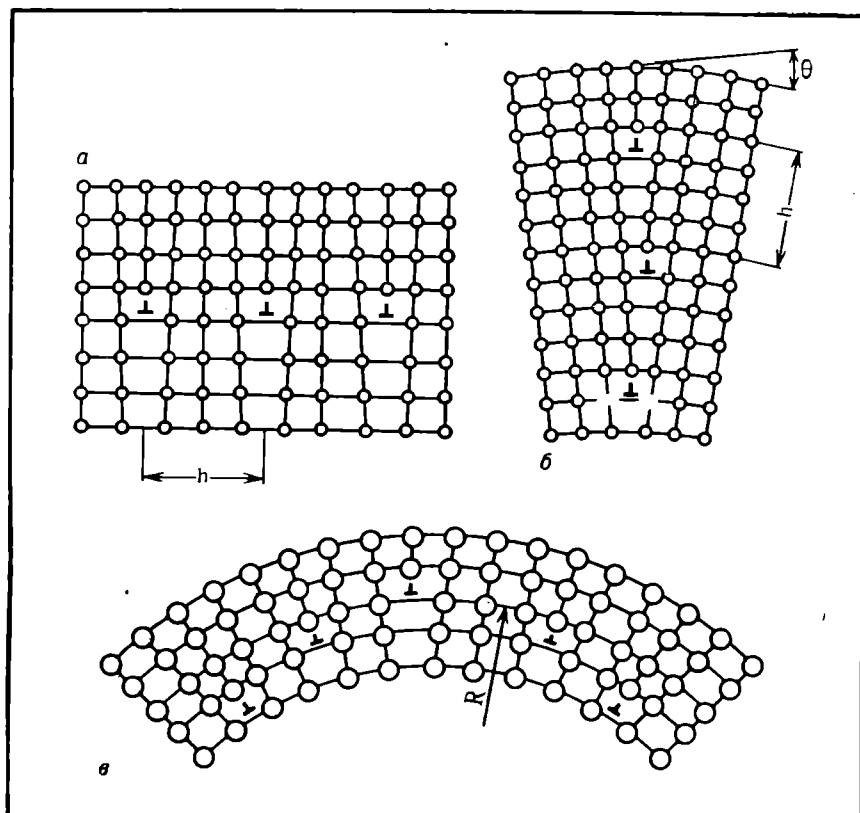


Рис. 11. Примеры искажения решетки кристалла дислокациями: а — горизонтальный ряд краевых дислокаций (лишние плоскости обрываются на одном уровне) вызывает макроскопические напряжения (h — расстояние между дислокациями); б — вертикальный ряд краевых дислокаций (дислокационная стенка вдоль лишних плоскостей) образует границу разориентированных блоков (Θ — угол поворота); в — равномерное распределение краевых дислокаций вызывает пластический изгиб кристалла (R — радиус кривизны).

типа на рис. 11, б (полигонизация). В среднем на единицу длины дислокации приходится энергия $W = Gb^2/2$, так что даже малые дислокационные петли диаметром в 10 межатомных расстояний обладают энергией в несколько десятков электронвольт и для кристаллов разумных размеров не могут быть термодинамически равновесными дефектами решетки.

Дефекты решетки — носители пластической деформации

В процессе уже упоминавшейся диффузионной ползучести элементарным актом служит перемещение одного атома на одно межатомное расстояние. Вакансия, пройдя через кристалл, переносит один атом с одной грани кристалла на другую. На самом деле каждый атом на пути вакансии перемещается на одно межатомное расстояние (рис. 12, а, б, в). Сходный процесс происходит при скольжении дислокационной петли по цилиндрической поверхности с осью, парал-

лельной вектору Бюргерса (рис. 12, г, д, е). Здесь продвижение петли на параметр решетки соответствует одновременному перемещению целого диска атомов, охватываемого петлей. В случае скольжения прямолинейной дислокации (рис. 12, ж, з, и) по кристаллу фактически перемещается целая атомная полуплоскость. Примеры, приведенные на рис. 12, показывают, что дефекты решетки служат носителями пластической деформации: движение дефектов решетки путем пересоединения межатомных связей (смены ближайших соседей) приводит к изменению формы кристалла. Процесс пластической деформации сводится к движению дефектов решетки, также как протекание электрического тока сводится к движению носителей заряда. В частности, перемещение одной дислокации с вектором Бюргерса $\vec{b}$ по площадке величиной S дает в пластическую деформацию кристалла объемом V вклад

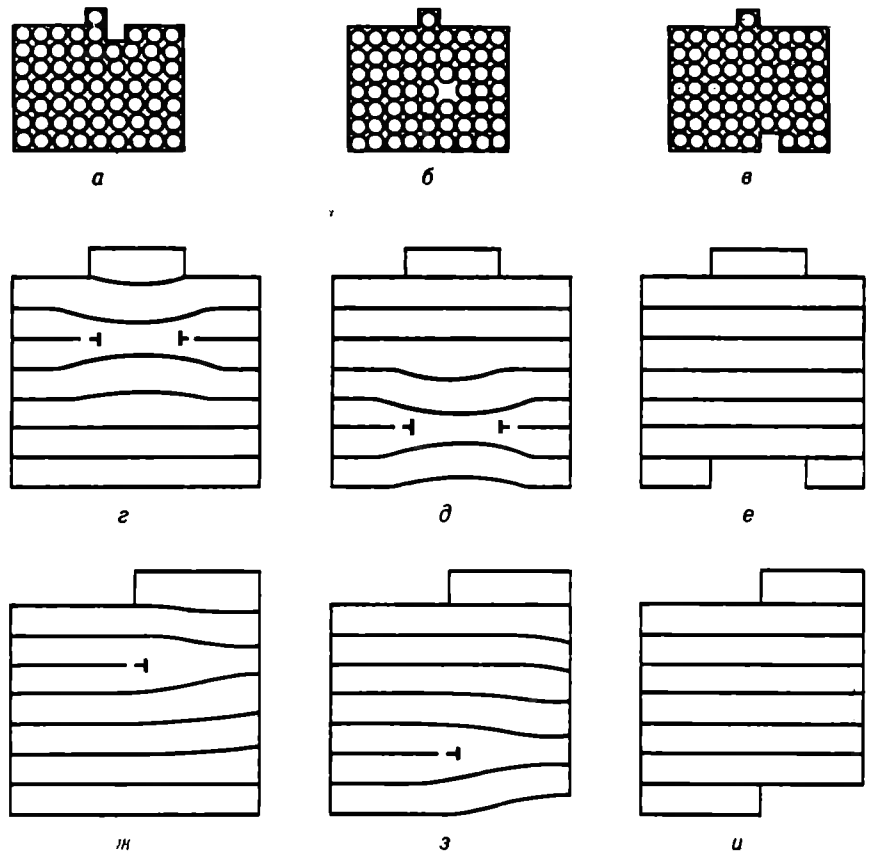
$$\gamma = \frac{bS}{V}. \quad (10)$$

Из этой оценки следует, что даже

для начальных этапов пластической деформации кристалла необходимо перемещение большого числа дислокаций (при $V \sim 10 \text{ мм}^3$, $S \sim 1 \text{ мм}^2$ для деформации $\gamma \sim 10^{-4} \div 10^{-3}$ — не менее нескольких тысяч на каждый миллиметр длины кристалла). На стадии легкого скольжения (см. рис. 7) дислокации перемещаются на расстояния порядка диаметра кристалла; по мере развития деформационного упрочнения пробеги дислокаций уменьшаются и прирост деформации требует перемещения все большего и большего числа дислокаций. В сильно деформированных кристаллах (суммарная длина дислокаций в единице объема $\rho \sim 10^{11} \text{ см/см}^3$) пробег дислокаций порядка $\rho^{-1/2} \approx 3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$, и для прироста $\Delta\gamma = 10^{-3}$ требуется переместить около 10^9 см дислокационных линий в каждом кубическом сантиметре объема кристалла.

Работа внешних сил, деформирующая кристалл, может быть пересчитана с помощью соотношения (10) на работу по перемещению дислокаций. Внешнее напряжение τ при этом со-

Рис. 12. Движение дефектов решетки вызывает пластическую деформацию кристалла: а, б, в — последовательное перемещение вакансии с верхней грани кристалла на нижнюю переносит один атом; г, д, е — последовательное перемещение дислокационной петли переносит атомный диск; ж, з, и — последовательное перемещение прямолинейной краевой дислокации переносит атомную полу-плоскость.



отвечает силе $F = tb$, действующей на единицу длины дислокации. Работа внешних сил расходуется на рассеяние энергии движущимися дислокациями и на увеличение латентной энергии кристалла.

Сопоставление вкладов различных каналов рассеяния энергии составляет основу для рассмотрения динамики дислокаций. Анализ изменения латентной энергии и эволюции соответствующих дислокационных конфигураций лежит в основе методов регулирования реальной структуры кристаллических материалов.

Динамика дислокаций

Современные экспериментальные методы позволяют непосредственно наблюдать перемещение отдельной дислокации и исследовать закономерности ее движения. Подвижность дислокаций, т. е. зависимость ее средней скорости от напряжения, различна в кристаллах с различным типом межатомных связей (металлических, ионных, ковалентных, рис. 13). Если под

действием напряжения дислокация с вектором Бюргерса $\vec{b}$ движется равномерно со скоростью v , каждая единица ее длины рассеивает мощность tbv и выделяет энергию tb на каждый сантиметр пути. Способность кристалла поглощать эту энергию и превращать ее в конечном итоге в тепло определяет сопротивление кристалла движению дислокаций. Для быстрых дислокаций характерна перекатка энергии от дислокации к фононной и электронной подсистемам. Сравнительная роль фононного и электронного торможения дислокаций резко зависит от температуры. При низких температурах, когда фононный газ вымораживается, более четко проявляется взаимодействие движущейся дислокации с электронами. Роль электронного торможения становится совсем наглядной в случае сверхпроводников: при переходе в сверхпроводящее состояние плотность нормальных электронов падает, что приводит к скачкообразному росту скорости дислокаций. В результате кристаллы сильно разупрочняются

при переходе в сверхпроводящее состояние в процессе низкотемпературного деформирования. Если, например, кристалл свинца, испытываемого в условиях действия постоянной нагрузки, перевести в сверхпроводящее состояние, скорость его ползучести увеличивается в сотни и тысячи раз.

В фотопроводниках влияние электронной подсистемы на торможение дислокаций можно регулировать при помощи освещения. В качестве примера на рис. 14 показано влияние освещения на напряжение пластического течения при деформации CdS с постоянной скоростью (фотопластический эффект). Видно, что при освещении материал значительно упрочняется. В некоторых прозрачных кристаллах достигается двухкратное упрочнение.

В кристаллах с ковалентными связями (германий, кремний и т. п.) подвижность дислокации определяется сопротивлением решетки, возникающим из-за перестройки ядра дислокации при ее перемещении в кристалле. Присутствие в кристалле локаль-

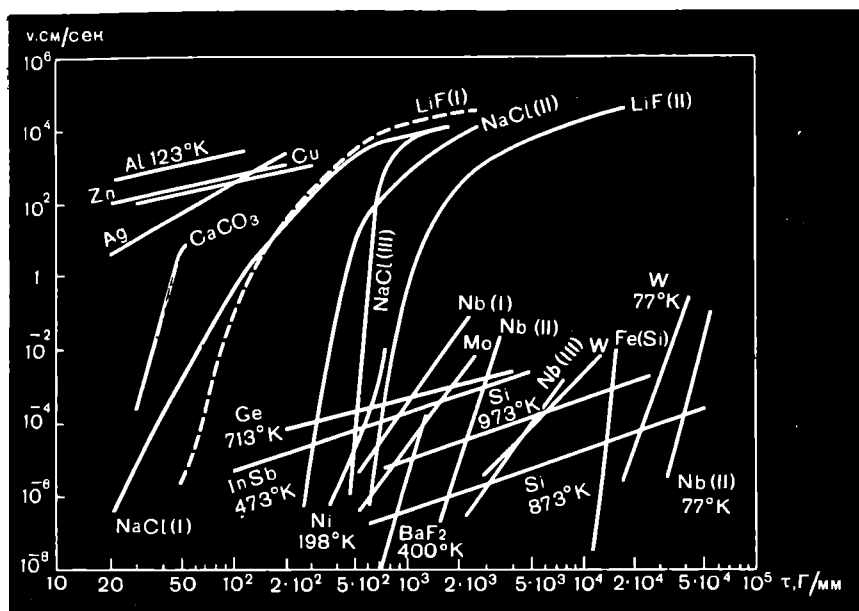


Рис. 13. Зависимость скорости v движения дислокаций от напряжения для кристаллов различных типов. Быстрые дислокации ($v > 10$ см/сек) испытывают динамическое торможение, и их скорость линейно возрастает с напряжением. Скорость медленных дислокаций лимитируется термофлуктуационным преодолением барьеров и экспоненциально возрастает с напряжением и температурой. I — чистые кристаллы, II — кристаллы с примесями, III — облученные кристаллы.

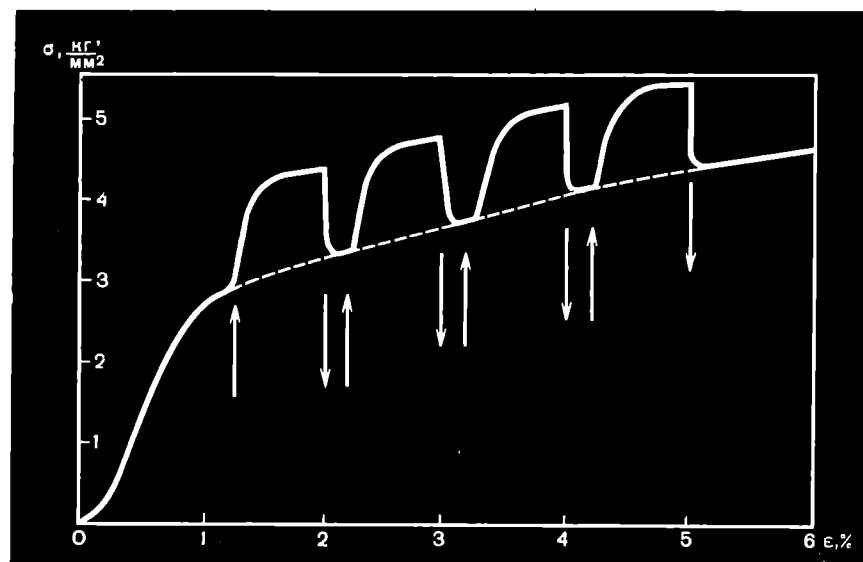


Рис. 14. Фотопластический эффект: при освещении возрастает торможение дислокаций в кристалле CdS ($\uparrow$ — свет включен; $\downarrow$ — свет выключен), и деформирование образца с постоянной скоростью требует повышения напряжения при включении света. По оси абсцисс отложено относительное удлинение ϵ растягиваемого образца; по оси ординат — растягивающее напряжение σ . Пунктиром показана диаграмма деформации без освещения.

ных препятствий (атомов примесей и включений, дисков вакансий и межузельных атомов и т. д.) существенно влияет на подвижность дислокаций. При этом их движение становится неравномерным и средняя скорость дислокации определяется термофлуктуационным преодолением препятствий, что приводит к резкой зависимости скорости дислокации от напряжения и температуры (см. рис. 13).

Можно сказать, таким образом, что дислокация служит прибором для изучения состояния кристаллической

решетки, с помощью которого можно исследовать как состояние фоновой и электронной подсистем кристалла, так и его дефектную структуру.

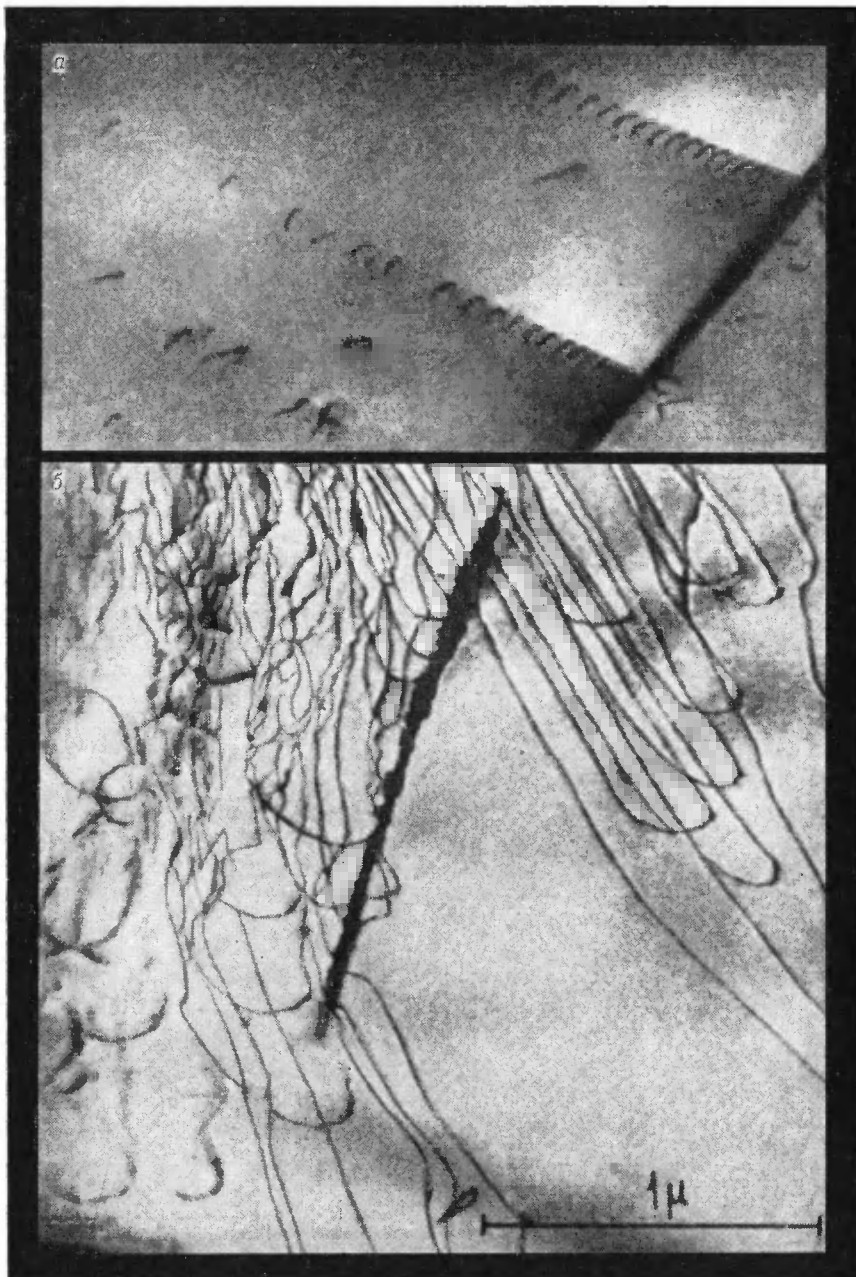
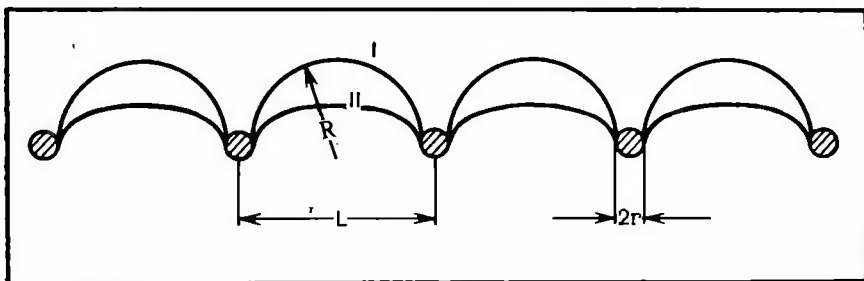
Конструирование материалов

Как отмечалось выше, способность кристаллов пластически деформироваться при низких внешних напряжениях обусловлена высокой подвижностью содержащихся в них дислокаций. Бездислокационный кристалл весьма устойчив при внешних воздей-

ствиях. Как показал Я. И. Френкель, для прохождения пластического сдвига в таком кристалле, т. е. для одновременного пересоединения связей между соседними атомными плоскостями, необходимо приложить напряжение $\tau_T \approx 0,1$ G. В последнее время для различных типов кристаллов получены значения τ_T от $1/30$ G до $1/5$ G. Аналогичные расчеты напряжения σ_T^1 , необходимого для одновремен-

¹ τ_T называется теоретическим сопротивлением сдвигу, а σ_T — теоретическим сопротивлением отрыву.

Рис. 15. Архитектура конструкционных материалов: схематическое изображение дислокации, прижатой внешним напряжением к ряду частиц (заштригованные кружки). Показана форма дислокации в момент преодоления такого барьера: I — в приближении линейного натяжения, II — с учетом взаимодействия различных элементов дислокационной линии; L — расстояние между частицами, r — радиус частицы, R — радиус кривизны; а — блокировка движения дислокаций границами зерен (толстая черная линия); б — блокировка движения дислокаций пластинками твердой фазы (толстая черная полоса).



ного разрыва связей между атомами соседних плоскостей, дают, в зависимости от типа связи, оценку $\sigma_T = 0,05 \div 0,2 E$ (E — модуль Юнга). Таким образом, устойчивость решетки сохраняется вплоть до упругих деформаций порядка $5 \div 20\%$. Предсказанные теорией высокие значения сопротивления пластической деформации τ_T и разрушения σ_T (называемые обычно теоретической прочностью) достигнуты к настоящему времени как для кристаллов, совсем не содержащих дислокаций, так и для кристаллов, в которых подвижность дислокаций подавлена. Характерные примеры приведены в таблице.

Хотя прочность, близкую к теоретической, можно сейчас получить у кри-

Таблица

Предел текучести τ_s и прочность при разрыве σ_B некоторых материалов

Материал	$\frac{\tau_s}{G}$, %	$\frac{\sigma_B}{E}$, %
массивные бездислокационные кремнии		3
нитидные кристаллы (диаметр 1÷10 мкм)		
железо	6	5
медь	2	3
корунд	—	5
массивное высокопрочное стекло	—	5
массивные образцы стали после термомеханической обработки	1,6	1,5
кварц		
нити диаметром 10÷50 мкм	—	10—23
пластинки диаметром 1—3 мм	—	19

сталлов с различной структурой и типом межатомных связей, подавляющее большинство материалов, используемых в современных конструкциях, имеет прочность на два порядка ниже теоретической. Задача создания структуры материала, позволяющей реализовать в конструкции прочность его межатомных связей, является основной в современном материаловедении.

В ходе технологических операций по изготовлению деталей из металлических материалов (штамповки, пресования, обработки резанием и т. п.) в них возникает определенная дислокационная и фазовая структура. Если деталь в конструкции несет внешнюю нагрузку, то ее пластическая деформация, как правило, недопустима. Поэтому проблема создания конструкционных материалов сводится к задаче конструирования такой внутренней архитектуры кристаллов и их агрегатов (поликристаллов), при которой движение дислокации при заданном уровне внешних напряжений либо совсем невозможно, либо приводит к пластической деформации меньше допустимой. Такие структуры содержат барьеры, препятствующие движению и размножению дислокаций. Наиболее распространенным способом упрочнения металлических материалов служит легирование, позволяющее получать сплавы, в кото-

рых посредством различных технологических приемов можно регулировать количество барьеров и их тип. Простейшим примером таких сплавов служат пересыщенные твердые растворы, в которых после закалки и отжига появляется сетка мелких частиц выпавшей фазы. Дислокация останавливается около этих частиц и выгибается в соответствии с уровнем действующей на нее силы $F = \tau b$. При линейном натяжении дислокации $W = Gb^2/2$ ее равновесный радиус кривизны $R = W/F = Gb/\tau$. Когда диаметр искривленной дислокации достигает L — среднего расстояния между частицами, сетка частиц перестает тормозить движение дислокации; для этого необходимо приложить к кристаллу напряжение $\tau_c \approx Gb/L$.

Более строгий анализ конфигурации дислокации с учетом взаимодействия огибающих частицу ветвей дислокаций показывает, что эта оценка завышена. В момент продавливания радиус кривизны дислокации между частицами заметно превышает $L/2$, а на участках дислокации около частиц оказывается меньшим $L/2$ (рис. 15, а). Величина продавливающего напряжения τ_c определяется условием потери устойчивости этих сильно искривленных участков и зависит не только от расстояния L между частицами, но и от их радиуса r :

$$\tau_c = \frac{Gb}{4\pi L} \ln \frac{r}{b}.$$

Вместо дисперсных частиц для упрочнения материала могут быть использованы другие типы барьеров. Мощным барьером, полностью блокирующим движение дислокаций, служат границы зерен в поликристаллах. Вследствие различия в ориентировке кристаллов, расположенных по разные стороны границы, дислокации, скользящие в одном зерне, не могут перейти через границу и образуют около нее скопления (рис. 15, б). Поэтому поликристаллы имеют более высокий предел текучести, чем монокристаллы, и его величина растет с уменьшением размера зерен. Весьма эффективным путем создания барьеров внутри зерен оказывается проведение фазового превращения, приводящего к образованию прослоек более твердой фазы (рис. 15, в) и большого числа межфазных границ.

Повышение предела текучести материалов путем увеличения плотности дислокаций и создания в кристаллах все более и более густой сетки барьеров, препятствующих их движению, ограничено, так как оно сопровождается повышением склонности материала к разрушению. Для предотвращения зарождения трещин и торможения их развития необходимо сохранить в материале некоторый резерв локальной пластичности, который обеспечивает движение дислокаций у вершины трещины, необходимое для увеличения эффективной поверхностной энергии и сопротивления росту трещины. Структуры с большой плотностью дислокаций, границ, частиц и пластинок выпавшей фазы, как правило, неустойчивы при действии высоких температур и не могут применяться в качестве особо жаропрочных материалов. В этих случаях все шире используются комбинированные материалы на основе нитевидных кристаллов, аморфных нитей, тугоплавких частиц и т. п., введенных в металлическую матрицу.

Развитые к настоящему времени методы анализа дислокационных структур позволяют оценить упрочняющий эффект различных барьеров и наметить пути формирования структуры материала, обеспечивающие требуемый комплекс конструкционных свойств.

*

Мы рассмотрели примеры свойств кристалла, которые определяются его дислокационной структурой. Без исследования этой структуры или хотя бы определения средней плотности дислокаций в образце эти свойства кристалла вообще не могут быть поняты. Можно указать, однако, ряд таких свойств кристалла, которые хотя и определяются в основном не дислокациями, а другими дефектами решетки или фононами, электронами, экситонами и т. д. (т. е. элементарными возбуждениями как атомной, так и электронной подсистемы кристалла), но коренным образом зависят от дислокационной структуры кристалла. Это будет сделано во второй части статьи.

(Окончание следует.)

Стереоскан на службе систематики и морфологии

Ю. А. Елизаров
Кандидат биологических наук
Г. Н. Давидович



Юрий Александрович Елизаров, старший преподаватель кафедры энтомологии биологического факультета Московского государственного университета. Специалист в области морфологии и физиологии хеморецепторных органов насекомых. Занимается вопросами ультраморфологии и электрофизиологии вкусовых и обонятельных сенсилл насекомых.



Георгий Натанович Давидович, заведующий межкафедральной лабораторией электронной микроскопии биологического факультета Московского государственного университета. Инженер-электронщик. Работает в области усовершенствования технических систем электронной микроскопии.

История науки знает немало случаев, когда появление новой техники исследования позволяло получить совершенно новые представления о хорошо изученных объектах и явлениях. Один из последних примеров тому — появление и применение растрового электронного (сканирующего) микроскопа, или, как его называют специалисты, стереоскана.

Новый этап в морфологии животных

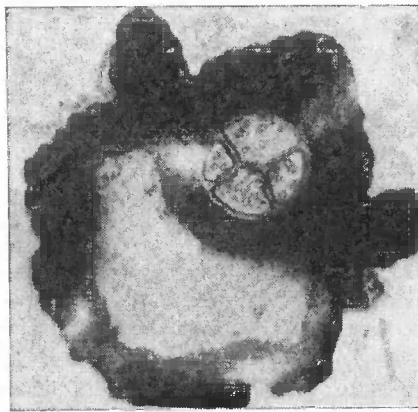
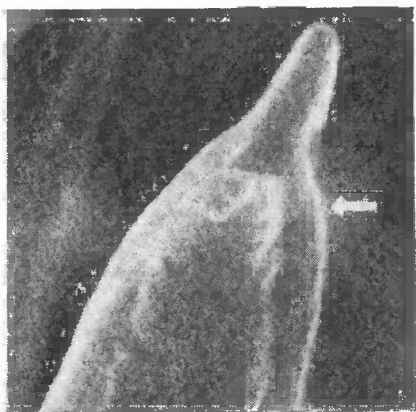
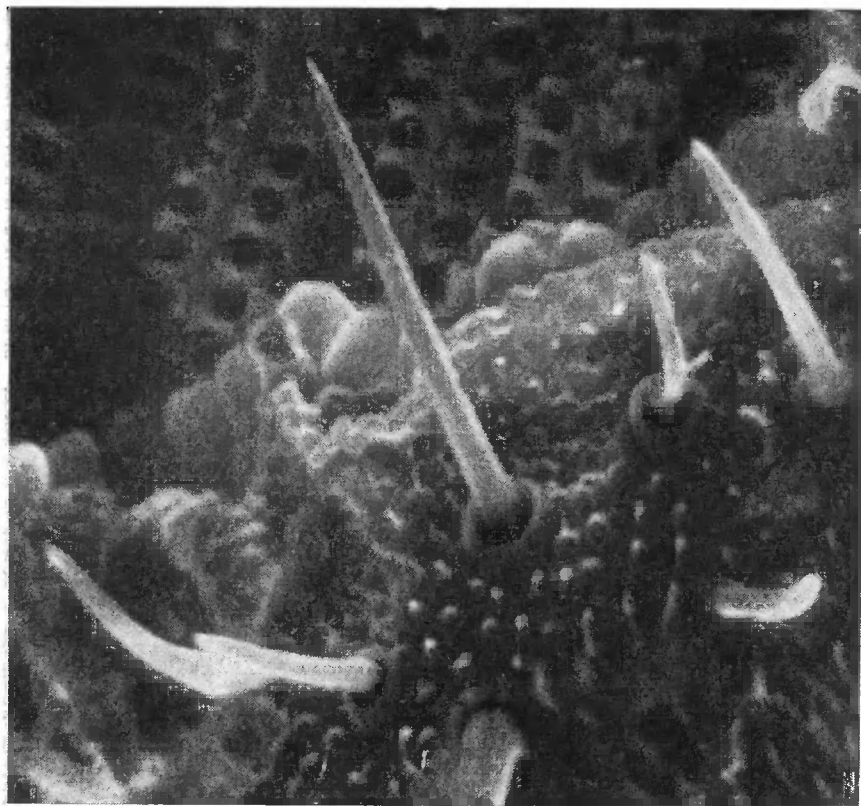
Появление стереоскана, по существу, обозначило наступление нового этапа в морфологии животных. Это обусловлено преимуществами нового микроскопа по сравнению с другими известными приборами: высокой разрешающей способностью и большой

глубиной резкости, позволяющей получать объемные (а не плоские, как обычно) изображения микрорельефа с высокой точностью при увеличениях, в несколько десятков раз превышающих максимальные пределы увеличения светового микроскопа.

Хотя разрешающая способность растрового микроскопа (он позволяет видеть и фотографировать объекты размером от 50 Å в серийных приборах) на один порядок ниже, чем в просвечивающем электронном микроскопе, изображение значительно выигрывает вследствие высокой глубины резкости (до 0,8—1,0 мм), позволяющей при больших увеличениях сохранить возможность получения объемной картины объектов различной геометрической формы. Наглядный пример тому — изображение хеморецепторных органов насекомых (рис. 1).

В сканирующем электронном микроскопе мы получаем наглядную (и объемную) картину распределения чувствительных волосков, вариации их формы, мельчайшие впадины — устья обонятельных пор на поверхности волоска. Срезы подобных волосков, рассматриваемые в просвечивающем электронном микроскопе, несмотря на большее увеличение, позволяют видеть лишь ограниченные участки объектов.

В ранних работах с использованием растрового электронного микроскопа исследователи пытались показать разнообразие микроструктур биологических объектов. Так, в 1955 г. были опубликованы первые микрофотографии амебы и дождевого червя; позже, в 1963—1965 гг., — снимки головы мухи, волосков на теле личинок жуков-чернотелок, изображения пыли-



*Рис. 1. Контактные хеморецепторные сенсиллы насекомых (верхний и левый нижний снимки сделаны стереоскопом, правый нижний — электронным просвечивающим микроскопом). Вверху — сенсиллы мухи *Protophormia*, в нижней части фотографии — край тоботка с вкусовыми сенсиллами, в верхней — сетчатый аппарат псевдотрапез, увелич. в 750 раз. Внизу, слева — кончик вкусового волоска той же мухи, в основании вершинной папиллы видна пора, увелич. в 23 тыс. раз; внизу,*

справа — поперечный срез волоска, увелич. в 45 тыс. раз. Поперечный срез (место среза указано стрелкой) позволяет видеть в электронном просвечивающем микроскопе лишь ограниченные участки объекта. Чтобы получить объемную реконструкцию волоска, требуется несколько десятков, а иногда сотен фотографий срезов. Стереоскан, как видно на левом нижнем снимке, сразу позволяет получить объемное изображение.

цевых зерен, крыла бабочки, плесневых грибов и человеческого волоса. В последнее десятилетие использование растровой электронной микроскопии для решения биологических проблем быстро росло, и сейчас трудно определить ту отрасль биологии, где бы не применялся этот метод исследования ультрамикроскопического строения поверхности объектов.

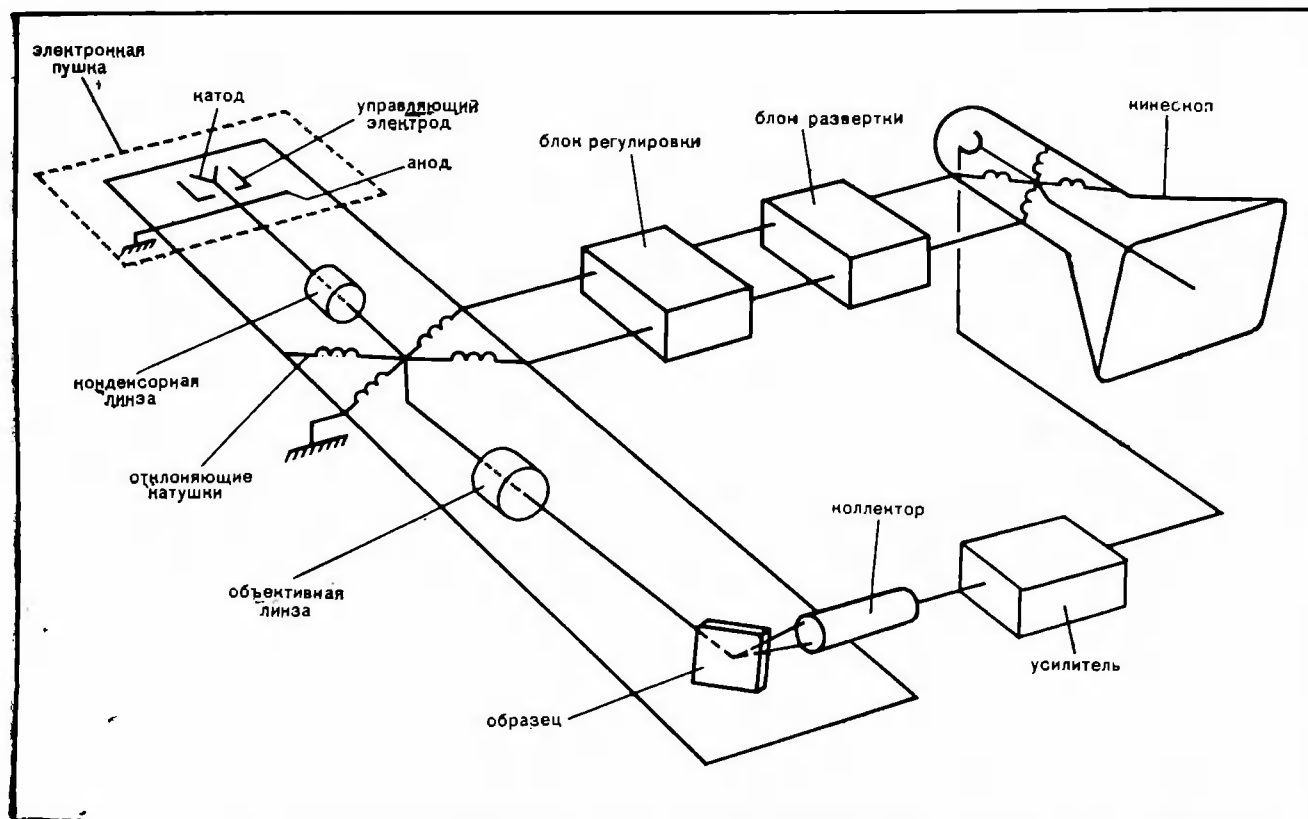
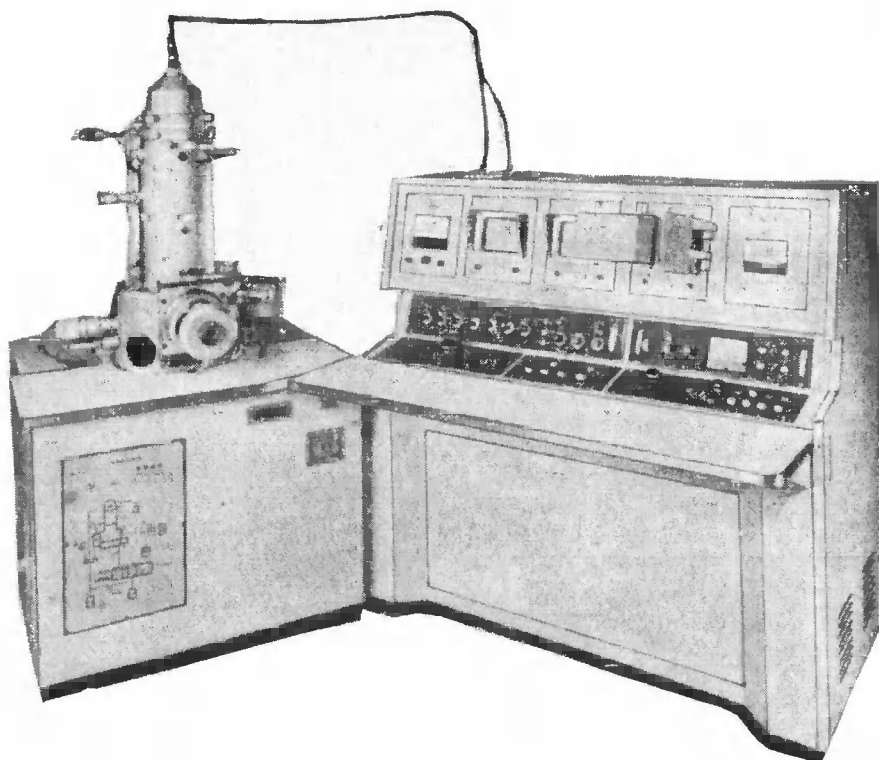
Новый прибор открыл возможность исследовать ультраструктуру поверхности биологических объектов: чешую рыб и пресмыкающихся, кожу и волосяной покров млекопитающих, кутикулы насекомых и клещей, яйца животных и птиц, оболочки пыльцевых зерен и спор растений и т. д. Все это крайне важно как для решения таксономических вопросов, так и для понимания функциональных свойств покровов, обеспечивающих контакт тканей животных организмов и растений с окружающей средой.

Принцип работы растрового электронного микроскопа

Несмотря на то что разработка технических принципов растрового электронного микроскопа была начата еще в 30-е годы (одновременно с созданием просвечивающего электронного микроскопа), первая фотография — поверхность окиси алюминия при увеличении в 6 тыс. раз — была опубликована в 1953 г. Серийное производство растровых электронных микроскопов начато в Англии лишь в 1965 г.

В основу работы растрового микроскопа положен телевизионный принцип развертки пучка электронов по поверхности объекта. Первичный пучок электронов, возникающий на катоде микроскопа (рис. 2), разгоняется ускоряющим напряжением (1—50 кв), фокусируется системой электромагнитных линз и направляется на объект. Отклоняющие катушки создают переменное магнитное поле, непрерывно перемещающее первичный пучок электронов, который строка за строкой прочерчивает поверхность объекта, причем с возрастанием увеличения уменьшается исследуемая поверхность. В результате взаи-

Рис. 2. Общий вид (вверху) и схема (внизу) растрового электронного микроскопа, или стереоскана.



действия пучка и объекта возникают вторичные электроны, которые улавливаются коллектором. В цепи коллектора появляется слабый электрический ток, образующий видеосигнал. После усиления видеосигнал поступает на телевизионную трубку — кинескоп и управляет интенсивностью электронного луча трубки, развертка которого синхронна с перемещением первичного пучка электронов.

Первичные электроны пучка-зонда, приходя в контакт с поверхностью исследуемого образца, вызывают образование в нем возбужденной зоны, излучающей энергию различного типа. Эмиссионный спектр этой зоны включает в себя не только вторичные электроны, за счет которых строится изображение топографии поверхности, но и рентгеновское, инфракрасное и световое излучение. Одна часть электронов первичного пучка упруго отражается от поверхности объекта, сохраняя высокий уровень энергии и прямолинейную траекторию, другая — поглощается объектом, некоторая часть проходит сквозь него (рис. 3). Анализ рентгеновского и светового излучения, энергии отраженных, поглощенных и проходящих электронов дает сведения о химических элементах, входящих в состав исследуемого образца, и существенно дополняет информацию, получаемую при построении изображения во вторичных электронах.

Основными требованиями к объектам, изучаемым в растровом электронном микроскопе, являются: устойчивость к вакууму, нагреванию, разрушающему действию электронного пучка; высокая электрическая проводимость; достаточно большие значения атомных весов элементов, входящих в состав образца. Как правило, живые организмы и отдельные клетки в нативном состоянии не удовлетворяют этим требованиям. Кроме того, растительные и животные ткани содержат много воды, которая, испаряясь при высушивании на воздухе или в вакууме, вызывает деформации на поверхности объектов.

Для того чтобы решить одну из главных проблем — сохранение трехмерной структуры образца при сканировании его электронным пучком в вакууме, — используют ряд приемов.

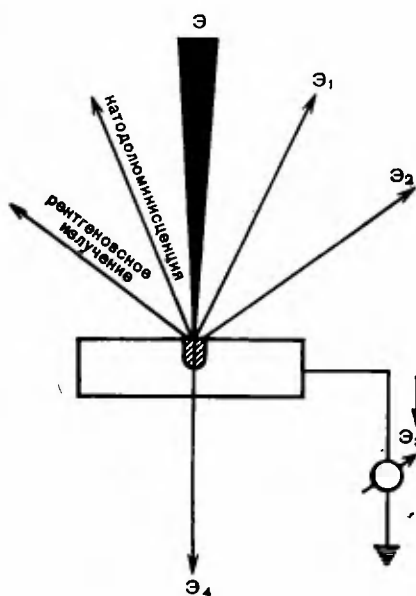


Рис. 3. Эмиссионный спектр возбужденной зоны, формирующий изображение поверхности объекта при сканировании первичным пучком электронов: Э — первичный пучок, Э₁ — отраженные электроны, Э₂ — вторичные электроны, Э₃ — поглощенные электроны, Э₄ — электроны, прошедшие излучаемый образец.

Простейшим способом обработки биологических объектов является их замораживание и последующая лиофилизация (высушивание). В другом случае препараты обезвоживают, проводят через систему фиксаторов, повышающих прочность тканей, и высушивают на воздухе или при критической точке испарения CO₂. Иногда совмещают оба способа: после фиксации препараты переводят в водную фазу, замораживают и лиофилизируют. Если ткани растений или животных заморозить при температуре жидкого азота и произвести срезы или разломы образцов, то после лиофилизации можно получить в растровом микроскопе фотографии, где будут видны не только отдельные клетки (эритроциты, лейкоциты), но и клеточные органеллы (ядра, митохондрии, миофибриллы и т. п.). В последние годы особое внимание обращается на использование криоскопии в растровом микроскопе. Считается, что замороженные при температуре —120—140° ткани, отдельные клетки или одноклеточные организмы наибо-

лее точно передают структуру живого объекта. Для того чтобы температура замороженных объектов не увеличивалась во время опыта, используют специальные холодильные микрокамеры, смонтированные в столы микроскопа.

Некоторые биологические объекты, особенно замороженные отдельные клетки и ткани, можно рассматривать в растровом микроскопе при малых ускоряющих напряжениях (1—5 кВ) без каких-либо дополнительных операций с объектом. Однако высокого качества изображения при этом достичь не удастся и увеличение не превышает нескольких тысяч раз. Использование высоких ускоряющих напряжений (20—25 кВ) повышает разрешающую способность системы, уменьшает уровень шумов по отношению к сигналу и улучшает контраст изображения. Правда, на поверхности образцов с высоким электрическим сопротивлением возникают статические заряды, искажающие картину на экране микроскопа.

Основным способом, предотвращающим возникновение зарядов на поверхности биологических объектов, которые в подавляющем большинстве случаев рассматриваются в растровом микроскопе в обезвоженном состоянии и являются диэлектриками, служит нанесение на поверхность образца тонкой проводящей пленки толщиной 0,01—0,1 мкм из углерода или металла (золото, алюминий, палладий, серебро). Равномерность покрывающего слоя обычно обеспечивают напылением в вакууме на вращающийся образец.

Наряду с увеличением проводимости, снижающим эффект заряда, напыленный на поверхность образца металл придает биологическим объектам ряд физических свойств, улучшающих изображение на экране микроскопа. Во-первых, за счет напыленного металла значительно возрастают вторичная электронная эмиссия и количество упругоотраженных электронов первичного пучка. Во-вторых, улучшается термостойкость образца и его устойчивость к разрушающему действию электронного зонда. В-третьих, падает глубина проникновения первичных электронов в образец, что приводит к уменьшению диа-

метра возбужденной точки поверхности и, соответственно, к повышению разрешения микроскопа. Напыление углем лишь несколько повышает электрическую проводимость и механическую прочность образца. Поэтому часто производят двойное напыление: углеродом и золотом, углеродом и палладием.

В подавляющем числе работ, где с помощью растрового электронного микроскопа исследовались биологические объекты, авторы ограничиваются рассмотрением микрорельефа поверхности, когда изображение формируется за счет вторичных электронов. Использование приемов микроанализа тканей и клеток по рентгеновскому излучению и в режиме катодoluminesценции пока еще не получило достаточно широкого распространения, с одной стороны, из-за уникальности и дорогостоящих аппаратуры и, с другой стороны, из-за еще недостаточной разработки метода.

Вместе с тем имеющиеся примеры анализа неорганических структур указывают на несомненную перспективность этого метода¹.

Ультроструктура беспозвоночных, выявленная растровым микроскопом

Исследование ультроструктуры биологических объектов (особенно микроорганизмов, одноклеточных водорослей, простейших, червей, ракообразных, насекомых и клещей) в растровом электронном микроскопе дает большой дополнительный, а иногда и основной фактический материал для решения вопросов систематики. Часто при определении видового состава растений биологи имеют дело со спорами бактерий или грибов, детали строения которых трудно выявить в световом микроскопе. Использование растрового электронного микроскопа позволило обнаружить на спорах борозды и гребни, расположение которых видоспецифично как у бактерий, так и у грибов. Детали ультроструктуры поверхности спор, а также пыльцевых зерен растений сохраняются и в ископаемых образцах, что делает

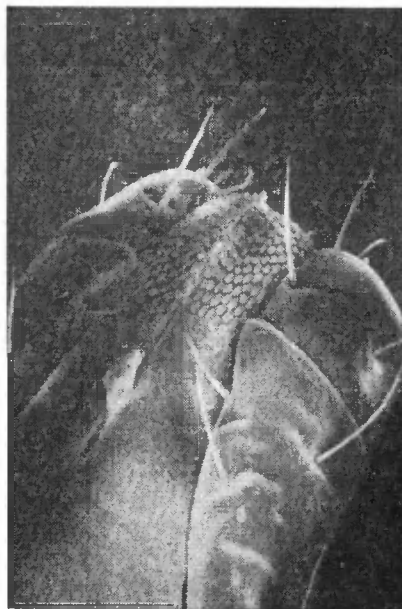


Рис. 4. Головной отдел тела нимфы клеща *Hyalomma*. На хоботке видны направленные назад шипы, удерживающие клеща в коже при кровососании. Пальцы, расположенные справа и слева от хоботка, снабжены чувствительными волосками — сенсиллами (увелич. в 250 раз).

перспективным использование растрового микроскопа в палеонтологии.

Среди простейших более всего исследовались при помощи растрового микроскопа раковинные корненожки — фораминиферы. Особое внимание уделялось распределению и форме пор на раковинах корненожек, так как этот признак указывает на видовую принадлежность. Часть работ по простейшим, выполненных с использованием растрового микроскопа, касается функциональной морфологии, связи особенностей строения с экологией, со способностью к активному движению. Проведено подробное исследование морфологии ресничек опалины и других инфузорий, изменения распределения ресничек при делении туфельки.

Среди беспозвоночных наиболее распространенными объектами для растрового электронного микроскопа, являются насекомые и клещи¹. Это

объясняется, с одной стороны, их большим видовым разнообразием и, с другой стороны, практической значимостью. Небольшие размеры этих животных и наружный кутикулярный скелет, обладающий достаточной прочностью, высокой гидрофобностью и непроницаемостью для водорастворимых соединений, обуславливают возникновение на поверхности кутикулы многочисленных скульптурных образований, связанных с осуществлением различных функций: дыхания, экскреции, различного рода рецепции. Детали микроструктуры поверхности, наблюдаемые в растровом микроскопе, могут быть важными специфическими признаками при определении систематического положения насекомого или клеща. Большую роль при этом играет как строение самой поверхности, так и присутствие разнообразных мелких кутикулярных выростов — микротрихий, их форма, размеры и распределение на кутикуле.

Пожалуй, главным достоинством растрового электронного микроскопа следует считать передачу объемности сложного по своей геометрии объекта благодаря высокой глубине резкости изображения. Даже при малых увеличениях можно выявить множество деталей, теряющихся при наблюдении плоских препаратов в световом микроскопе. Так, на снимке головного отдела нимфы кровососущего клеща хорошо видна структура поверхности хоботка, обеспечивающая его неподвижность при кровососании, характер прилегания пальп к хоботку, направленность чувствительных волосков — сенсилл, характер их крепления к поверхности пальп, впадины и борозды на кутикуле (рис. 4).

Использование растрового микроскопа продвинуло далеко вперед исследования морфологии сенсилл. Наряду с уточнением уже известных данных получены изображения образований, для которых еще не установлена принадлежность к какому-либо типу рецепции (рис. 5).

Ультроструктурные образования на поверхности кутикулы достигают значительного развития у мелких панцирных клещей-орibatид, живущих в почве в условиях повышенной влажности. На поверхности их кутикулы можно наблюдать складчатость покро-

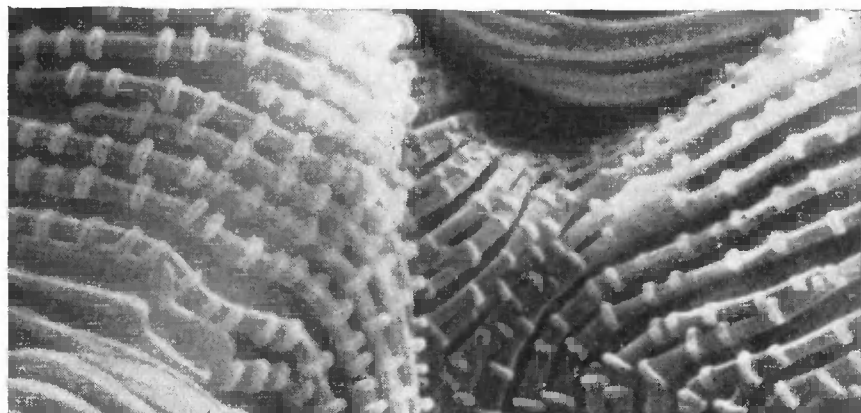
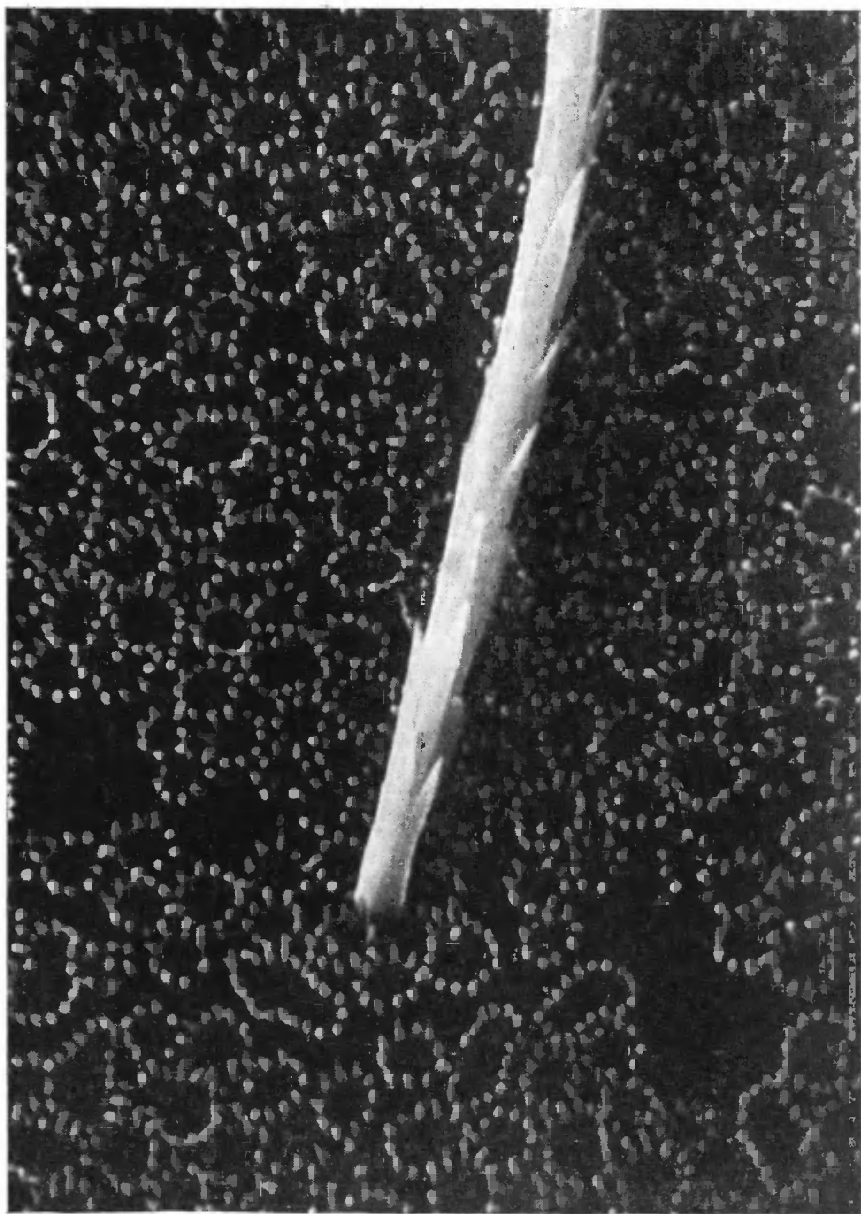
¹ См. также: Г. В. Добровольский и др. «Вестник МГУ. Почвоведение», 1973, вып. 4.

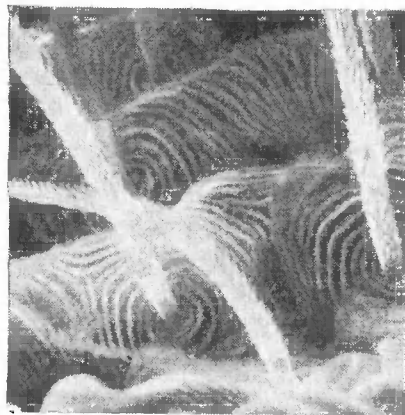
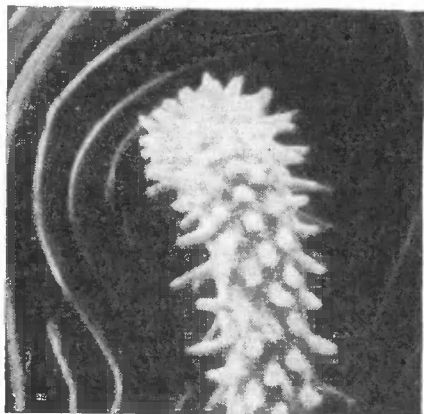
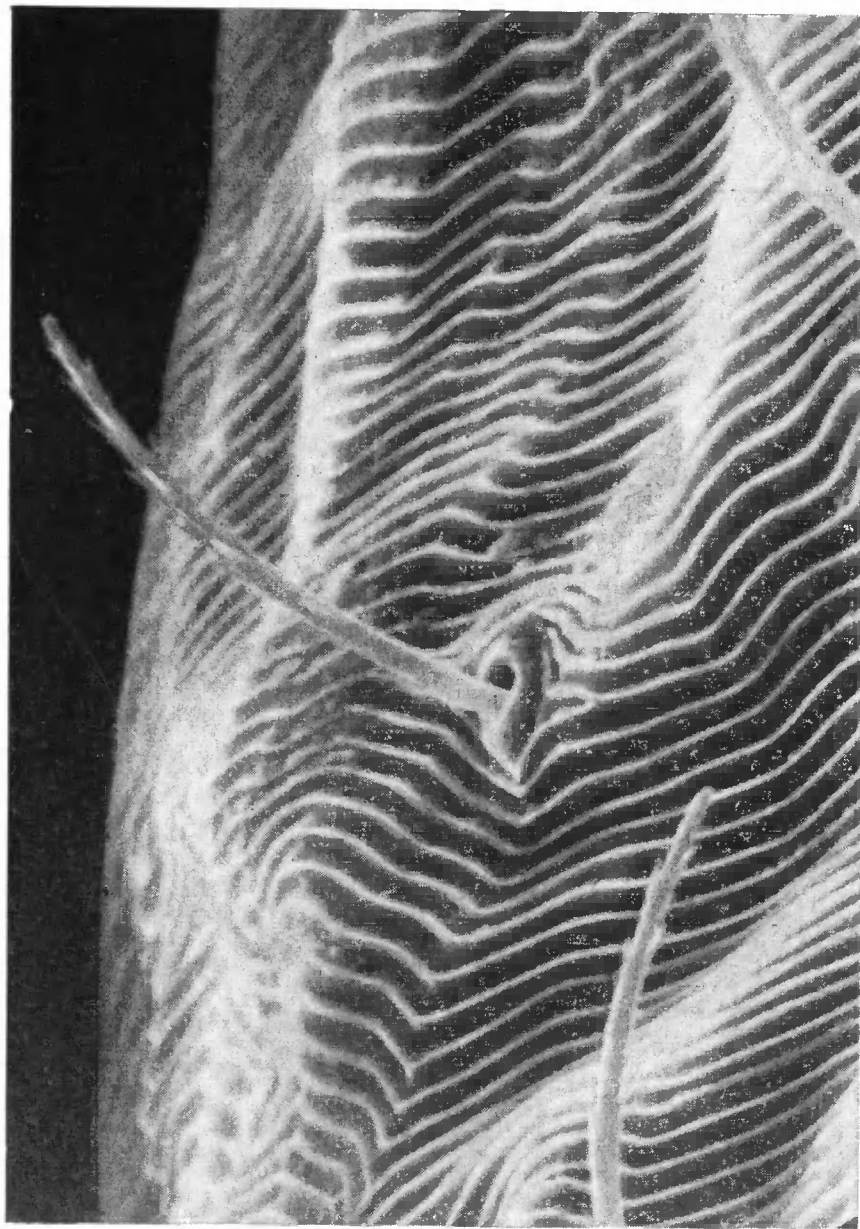
¹ Подробнее см.: Ю. А. Елизаров, С. Ю. Чайка. «Зоол. журн.», 1972, № 11; Ю. А. Елизаров. «Природа», 1973, № 12.

Рис. 5. Ультраструктура покровов низших клещей. Вверху: поверхность гистеросомы нимфы панцирного клеща, слева — короновидные структуры, образованные шипами, из них торчит чувствительный волосок, справа — бороздчатые структуры, увелич. в 3,75 тыс. раз. Внизу: ультраструктура почвенных клещей рода *Alicus*; слева — борозды с перетяжками на теле клещей, увелич. в 12 тыс. раз, в середине — основание чувствительного волоска с шипами на поверхности, увелич. в 4,5 тыс. раз (см. также первую стр. обложки), справа — складки покровов и концентрические гребни, окружающие основания чувствительных волосков, увелич. в 1,5 тыс. раз.

вов, борозды и гребни шириной 0,2 мкм; в местах сочленений — гребни с выпуклыми перетяжками, короновидные образования диаметром 1—2 мкм, создаваемые шипами величиной 0,3 мкм; рецепторные сенсиллы — волоски, усеянные микроскопическими шипами (см. рис. 5). Высказано предположение, что такие структуры связаны с изменением гидрофобности кутикулы, поскольку они не наблюдаются у высших клещей — иксодид и у насекомых, обитающих в условиях меньшей влажности — мух, жуков.

С другой стороны, следует отметить разнообразие микротрихий, наиболее четко выраженное у насекомых из отряда двукрылых. Так, на хоботках слепней можно встретить два типа микротрихий — отдельные щетинки и кустистые образования, характерные для определенных видов насекомых. На антеннах у слепней обнаружены длинные микротрихии, по размерам равные и даже превышающие обонятельные сенсиллы. Такие кутикулярные выросты найдены и на антеннах многих мух. По-видимому, длинные микротрихии совместно с обонятельными сенсиллами создают неподвижный прикутикулярный слой





воздуха, аккумулирующий молекулы пахучих веществ при полете насекомого, и улучшающий условия восприятия запаха.

Рецепторные органы у членистоногих связаны с кутикулярными поверхностными структурами, строение которых соответствует функциональному назначению органа. Жесткий длинный волосок с продольными бороздами и острым кончиком (трихидная сенсилла) имеет механорецепторную функцию. Такие волоски рассеяны по всему телу насекомого и даже встречаются на фасеточных глазах, например у пчел и мух. При больших увеличениях на растровом микроскопе хорошо заметна продольная желобчатость волоска, кольцевой валик в месте прикрепления его к кутикуле (рис. 6, а, б). На максиллярных щупиках мух встречаются группы механорецепторных сенсилл — длинных волосков, участвующих в регуляции полета насекомого (рис. 6, в).

Хеморецепторные волоски — органы вкуса — имеются в большом числе на кончике хоботка мух (см. рис. 1). По форме волоска они похожи на механорецепторные сенсиллы, но имеют притупленный кончик и отверстие в дистальной части волоска. Эту разницу удалось заметить только с помощью стереоскана. На поперечном срезе такого волоска видны две полости: одна не содержит включений, а в другой, меньших размеров, находятся периферические отростки трех или четырех чувствительных клеток, доходящие до отверстия на вершине волоска. Тела чувствительных клеток лежат в субгиподермальном клеточном слое под кутикулой. Чтобы определить качество пищи, муха погружает кончики чувствительных волосков хоботка в питательный раствор. Молекулы растворенных веществ через концевую пору сенсиллы возбуждают одну или несколько чувствительных клеток, которые посылают импульсы в мозг насекомого. Приход импульсов в моторные центры мозга служит сигналом для начала питания — муха начинает всасывать пищу через специальный сетчатый аппарат — псевдотрахеи хоботка. Отверстия псевдотрахеи хорошо видны на рис. 1, а.

Подобно вкусовым сенсиллам мух организованы и контактные хеморе-



Рис. 6. Механорецепторные сенсиллы насекомых: вверху — глаз мухи *Drosophila*. Между омматидиями видны отдельные чувствительные волоски, увелич. в 1 тыс. раз; в середине — механорецепторный волосок между фасетками омматидиев глаза той же мухи, увелич. в 5 тыс. раз; внизу — механорецепторные сенсиллы на максиллярной пальпе той же мухи, поверхность пальпы усеяна микротрихиями, увелич. в 425 раз.

цепторы слепней (рис. 7, а), комаров и многих других насекомых, имеющих хоботок, через который всасывается пища. Для жуков, прямокрылых, тараканов и других насекомых с ротовым аппаратом грызущего типа характерен иной тип строения вкусовых органов. Они представляют собой скопления небольших притупленных волосков — базиконических сенсилл, расположенных на околоротовых придатках — максиллярных и лабиальных щупиках. В отдельных случаях, например у мелких жуков, базиконические сенсиллы могут быть погружены в кутикулу таким образом, что с поверхности видны лишь вершины сенсилл — места, где происходит восприятие химического стимула (рис. 7, б).

Наиболее распространенным органом, имеющим обонятельную функцию, является базиконическая сенсилла — короткий, притупленный, часто изогнутый волосок. У бабочек-белянок с характерными булавовидными антеннами базиконические сенсиллы собраны в группы на дне углублений дистальных члеников антенн. Форма и размеры кутикулярных выростов (образований, гомологичных микротрихиям) на дне ямок видоспецифичны и могут служить таксономическими признаками при определении систематического положения бабочек (рис. 8).

Обонятельные базиконические сенсиллы отличаются разнообразием размеров и распределения на антеннах и других придатках тела у различных насекомых. Антенны мух, например, состоят из трех члеников, причем наиболее развит утолщенный второй членик, несущий два типа обонятельных органов. Составляющие их чувствительные элементы — отдельные базиконические сенсиллы — частично могут быть собраны в группы и заключены в кутикулярные капсулы, но большинство их покрывает наружную поверхность членика (рис. 9, а). Многочисленность сенсилл обеспечивает высокую чувствительность мух к широкому спектру запахов, сигнализирующих о пище.

На длинных булавовидных рецепторах дневных бабочек помимо групп базиконических сенсилл, локализованных в углублениях, встречаются

отдельные базиконические сенсиллы, диффузно распределенные среди бороздчатых микротрихий. На фотографии (рис. 9, б) хорошо видно, что поверхность этих сенсилл изрыта мельчайшими впадинами диаметром 0,1—0,2 мкм. Эти впадины, являющиеся устьями пор, пронизывающих стенку обонятельного волоска, видны только в растровом электронном микроскопе.

Множество ультрамикроскопических пор в кутикуле сенсиллы — это важный и наиболее общий признак обонятельных сенсилл вообще. Внутреннее строение кутикулярного отдела обонятельной сенсиллы, изученное в просвечивающем электронном микроскопе (рис. 9, в и г), следующее. На поперечном срезе антеннальной базиконической сенсиллы диаметром 1,7 мкм видно, что сенсилла имеет довольно тонкую стенку — всего около 0,15 мкм. Вся полость сенсиллы заполнена нервными окончаниями — разветвлениями периферических отростков чувствительных клеток, идущих вдоль волоска. Наружная поверхность кутикулы сенсиллы слегка волниста, и углубления во многих местах переходят в поры — тонкие (до 0,03 мкм) каналы, соединяющие полость волоска с внешней средой. У основания каждой поры виден пучок микротрубочек, веером расходящихся по направлению к чувствительным окончаниям. Система поры — поровые трубочки, или, как их иначе называют, «поровые каналы», — обеспечивает перенос молекул пахучих веществ из устья поры на мембрану рецепторной клетки.

Чувствительность насекомых к запахам чрезвычайно высока. Известно, что самцы бабочек из семейства сатурний и волнянок находят самку по запаху, преодолевая при этом расстояния, измеряемое километрами. Комары и другие кровососущие членистоногие чрезвычайно чувствительны к запаху человека и теплокровных животных и к выделяемому им CO_2 . Сенсиллы, воспринимающие углекислый газ, расположены на пальцах комаров и выглядят как булавовидные кутикулярные выросты, сочлененные с поверхностью пальпы. Чешуйки, прикрывающие сенсиллы, играют защитную роль и при этом не мешают

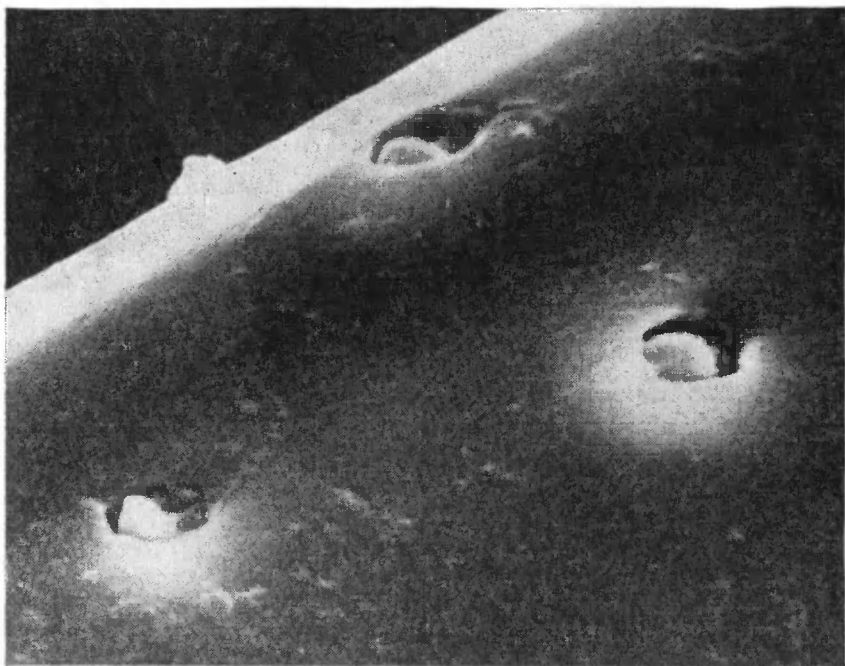
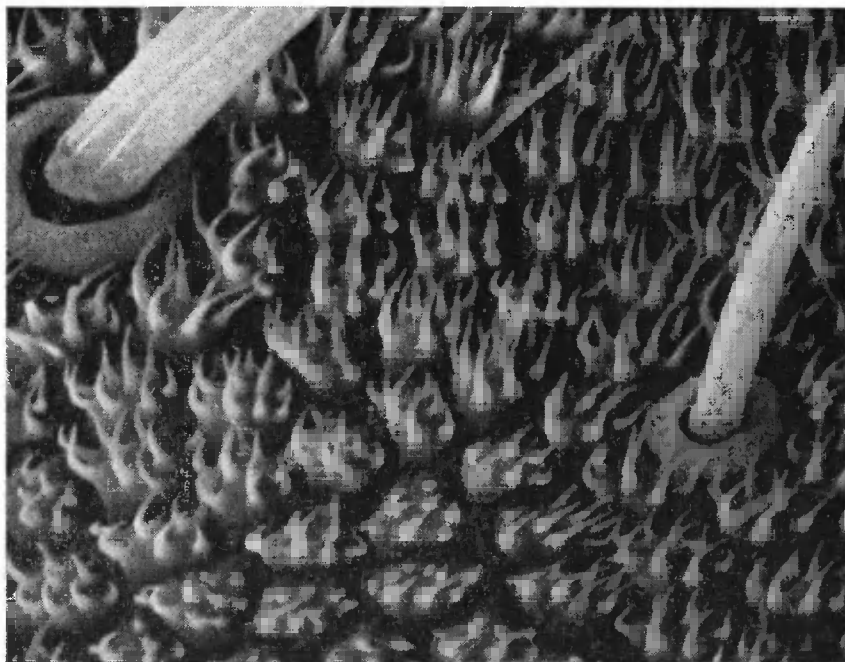


Рис. 7. Хеморецепторные сенсиллы насекомых: вверху — поверхность лабеллума слепня *Tabanus*, среди кустистых микротрихий видны основания вкусовых сенсилл, увелич. в 1,8 тыс. раз; внизу — максиллярная пальпа жука-жужелицы *Clivina*, базиконические сенсиллы погружены в толщу кутикулы, увелич. в 4,5 тыс. раз.

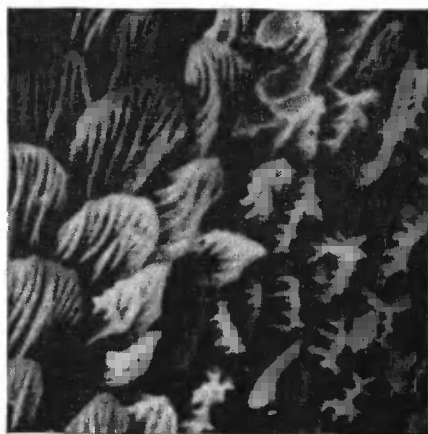
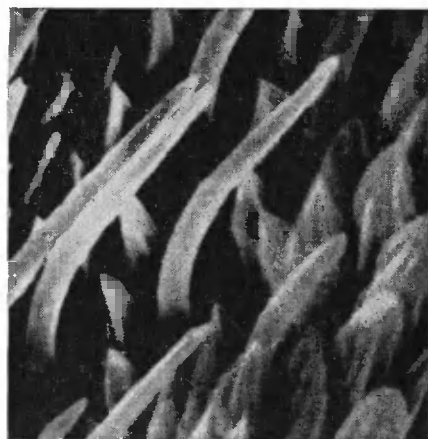


Рис. 8. Чувствительные ямки антенн бабочек-белянок: вверху — сенсиллы на антеннах репницы *Pieris rapae*, увелич. в 3 тыс. раз; в середине — сенсиллы на антеннах брюквенницы *Pieris napi*, увелич. в 1,8 тыс. раз; внизу — сенсиллы на антеннах боярышницы *Aproia crataegi*, увелич. в 1,8 тыс. раз; во всех трех случаях обращает на себя внимание разнообразие выростов на дне чувствительных ямок.

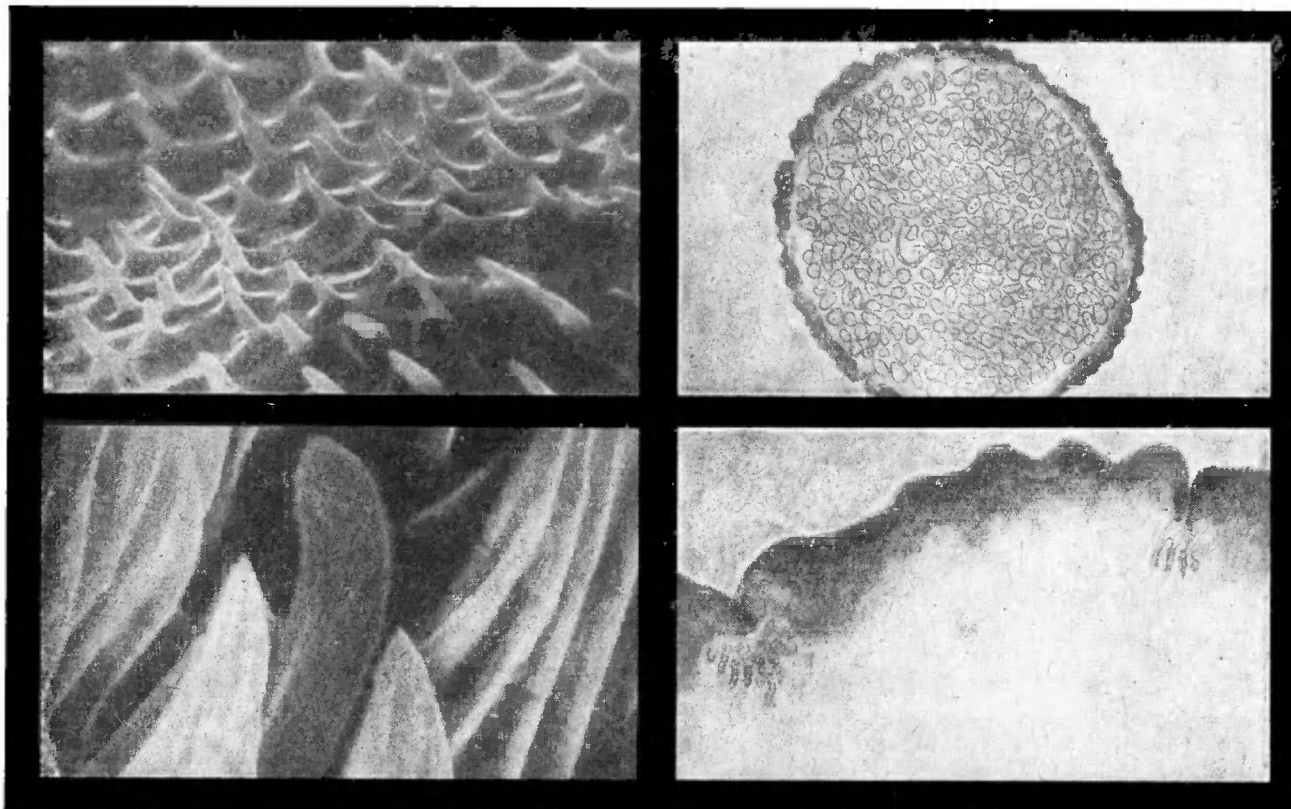


Рис. 9. Обонятельные сенсиллы насекомых. Снимки слева сделаны растровым микроскопом, справа — просвечивающим микроскопом. Слева: вверху — базиконические сенсиллы антенн мухи *Protophormia*, увелич. в 1,5 тыс. раз, внизу — сенсилла на антенне бабочки-белянки, увелич. в 8,5 тыс. раз. Справа: вверху — поперечный срез сенсиллы москита *Phlebotomus*, увелич. в 30 тыс. раз, внизу — участок сенсиллы москита, в основании видны скопления поровых трубочек, увелич. в 120 тыс. раз. Темные впадины между сенсиллами, видимые в левой части левого нижнего снимка, являются устьями пор, пронизывающих стенки сенсиллы. Они удаляются только растровым микроскопом. В свою очередь, внутреннее строение кутикулярного отдела сенсиллы может быть хорошо изучено лишь с помощью просвечивающего микроскопа (снимки справа).

сенсиллам служить датчиками углекислого газа, ориентируясь на который комар находит добычу¹.

У пчел, ос и других перепончатокрылых на антеннах в большом числе присутствуют плакоидные сенсиллы — округлые или продолговатые (как, например, у наездников) пластинки, прикрывающие полости в кутикуле, где ветвятся периферические отростки обонятельных рецепторных клеток (рис. 10, а). Установлено, что пластинка плакоидной сенсиллы целиком или частично перфорирована порами. Свообразные конусовидные сенсиллы с большим кратерообразным отверстием на вершине обнаружены на антеннах некоторых ос (рис. 10, б). Функция их пока еще неясна.

Обонятельным органом высших клещей является так называемый орган Галлера на дорзальной стороне лапок передних ног (рис. 10, г). Когда клещ ориентируется на запах добычи, то расставляет вытянутые передние ноги почти под прямым углом друг к другу и, поворачиваясь, как бы зон-

дирует ими пространство, видимо определяя градиент концентрации запаха. Каждый орган Галлера представляет собой капсулу с группой базиконических сенсилл. Капсула закрыта кутикулярной крышечкой, имеющей сложную систему щелей, хорошо заметных на фотографиях, выполненных на растровом электронном микроскопе. Через эти щели воздух, несущий пахучие молекулы, поступает в полость капсулы. Активные движения передних ног клеща при «локации» объекта способствуют восприятию запаха.

Перспективы использования стереоскана в биологии

Приведенные примеры, касающиеся довольно частного раздела морфологии — ультраструктуры хеморецепторных сенсилл, — с убедительностью показывают поистине неиссякаемые возможности растрового электронного микроскопа в решении вопросов, связанных с таксономией и функциональной морфологией насекомых и клещей.

¹ Подробнее см.: Ю. А. Елизаров. «Природа», 1973, № 12.

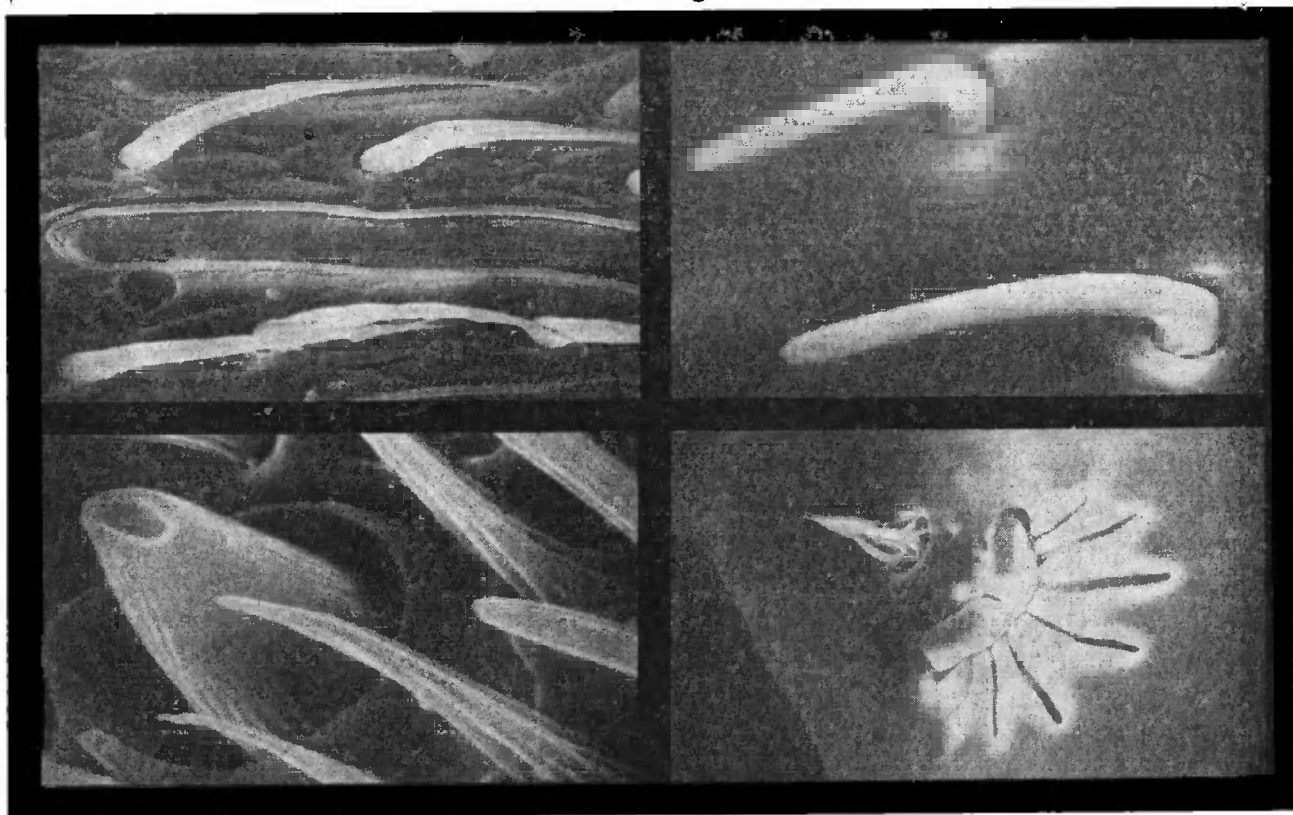


Рис. 10. Обонятельные органы насекомых и клещей: вверху, слева — плакоидные сенсиллы на антенне наездника *Oribia*, увелич. в 1,5 тыс. раз; внизу, слева — базиконическая сенсилла на антенне осы *Polistes*, увелич. в 4 тыс. раз; вверху, справа — базиконические сенсиллы на антенне жука-жужелицы *Clivina*, увелич. в 4 тыс. раз; внизу справа — поверхность крышки капсулы органа Галлера клеща *Nuallotia*, увелич. в 500 раз.

Аналогичную ситуацию можно отметить и в других областях биологии. В качестве примера укажем на использование растрового микроскопа в пыльцевом анализе. Установление особенностей микрорельефа поверхности пыльцевых зерен цветковых растений важно при решении вопросов систематики, может быть использовано в палеонтологии и геологии и даже в криминалистике. Проникает методика растровой электронной микроскопии и в медицинскую практику. Выполнены исследования, показавшие специфические изменения ультраструктуры костной ткани и зубной эмали при различных заболеваниях; нарушение строения поверхности кожи при дерматитах; разрабатываются способы проверки воздействия косметических средств на кожу и волосы человека. Показаны вариации формы и рельефа поверхности эритроцитов при заболеваниях крови; обнаружена связь между изменениями поверхностной структуры сперматозоидов и их способностью к оплодотворению яйцеклетки. Биохимии

начинают использовать растровый электронный микроскоп для исследования геометрии белковых молекул.

Исследованию ультраструктуры живых клеток и тканей в растровом микроскопе препятствует необходимость содержания их в вакууме. Однако имеются сведения, что насекомые, клещи и их личинки могут оставаться живыми около часа в сильно разреженной среде, и уже получены их фотографии в растровом микроскопе¹.

Вряд ли можно сомневаться, что возможности стереоскана в ближайшее время будут еще более расширены².

¹ Т. А. Wooby. «Bio Sciences», v. 20, 1970, № 23.

² Н. С. Снигиревская. Применение сканирующего электронного микроскопа в ботанике. «Бот. журн.», 1971, № 4; А. К. Скворцов, И. И. Русанович. Гибридные структуры клеток под сканирующим микроскопом. «Природа», 1973, № 12.

Вести с дороги

Н. М. Пржевальский

В истории географии имя Николая Михайловича Пржевальского открывает новую эпоху. Его заслуги как первого исследователя Центральной Азии огромны. После азиатских путешествий Пржевальского на карте заполнилось огромное пространство от Памира до истоков Хуанхэ. Была открыта огромная система горных хребтов Куньлуня, ранее изображавшаяся на картах прямой чертой. Пржевальским были исследованы восточная часть Наньшаня, открыты многочисленные хребты, долины, горные узлы, изучена северная часть Тибета, бассейны Тарима. Ни один европеец не проходил до Пржевальского пустынями Гоби, Алашань, Ордос, Такла-Макан.

Работа Пржевальского была тесно связана с Академией наук. Все ботанические и зоологические коллекции обрабатывались с участием членов Академии и затем поступали в Ботанический сад и Зоологический музей. Материалы, собранные в одной из экспедиций, Пржевальский передал в дар Зоологическому музею Академии наук. За выдающиеся научные заслуги Пржевальский был избран почетным членом Академии наук.

До сих пор считалось, что все материалы об экспедициях Пржевальского уже опубликованы. Но вот в Центральном Государственном Военно-историческом архиве историк и писатель А. И. Иволгин обнаружил неизвест-

ные ранее докладные записки, письма и телеграммы, которые имеют отношение к последней, четвертой экспедиции Пржевальского в Центральную Азию, получившей название 2-го тибетского путешествия (1883—1885 гг.).

Задачей экспедиции было исследование Тибета от истоков Хуанхэ до Лобнора и Хотана. В значительной части маршруты нового путешествия Пржевальского повторяли прежние пути. Новым должно было стать исследование структуры Алтынтага, пути в западный и северо-западный Цайдам. Экспедиция планировала достигнуть истоков Хуанхэ, исследовать которые не удалось в 1-м тибетском путешествии.

Хотя в найденных и публикуемых впервые документах нет сведений, которые не были бы подтверждены и более развернуто изложены в позднейших публикациях, они переносят нас в атмосферу событий тех лет, заставляют сопереживать вместе с Академией наук и Русским географическим обществом опасения за судьбу экспедиции. Письма и телеграммы Пржевальского адресованы в Петербург, начальнику Главного штаба.

Публикация подготовлена А. И. Иволгиным, который много лет занимается поисками архивных материалов о крупных ученых-естественниках. Документы приводятся с небольшими сокращениями.

*

Прилагая при сем копию с доклада моего Географическому обществу о новом путешествии в Тибет, имею честь покорнейше просить Ваше Превосходительство для осуществления этого дела ходатайствовать перед господином Военным Министром о нижеследующем:

...Командировать на два года в проектируемую экспедицию как меня лично, так и избранных мною помощников: 145 Пехотного Новочеркасского Его Величества полка подпоручика Роборовского, 7 Гренадерского Са-

могитского Генерал-Адъютанта Тотлебена полка Эклена и 2-го Пехотного Софийского Его Величества полка вольноопределяющегося Петра Козлова.

Всех их ныне же назначить в мое распоряжение для необходимых работ по снаряжению экспедиции...

...Командировать по моему выбору в состав экспедиции 4 нижних чинов из полков Московского военного округа; 3 нижних чинов из линейных батальонов Восточной Сибири и 9 казаков из Забайкальского казачьего войска...

...В качестве переводчика китайского и тюркского языков командировать уроженца города Кульджи Абдул-Басид-Юсупова, прежде мне сопутствовавшего при путешествиях и постоянно отличавшегося своим усердием и честностью...

...Для производства астрономических определений (широты и долготы), метеорологических наблюдений, равно как и для глазомерной съемки, отпустить из геодезического отдела Главного Штаба зрительную трубу Мерца, из числа употреблявшихся в последнюю войну; два хронометра;

барометр Паррота с 10 запасными трубками и ртутью; 4 буссоли Шмалькальдера...

...Для вооружения экспедиции, что составляет вопрос первостепенной важности, мною испрошено было еще в прошлом году и положением Военного Совета, Высочайше утвержденным, разрешено отправить в Кяхту из складов Восточно-Сибирского округа: 15 пехотных и 5 драгунских малокалиберных винтовок, 40 револьверов системы Смита и Вессона с принадлежностями и боевых патронов: пехотных 11000, револьверных 5000. Сверх того, для стрельбы птиц и зверей, собираемых в коллекции, разрешено отпустить мне из складов Восточно-Сибирского Военного округа 4 пуда винтовочного пороха...

...Предметами занятий проектируемой экспедиции будут, как и в прежние мои путешествия по Центральной Азии: изыскания географические, естественно-исторические и этнографические, равно как исследования путей и вообще пригодности посещенных стран...

Генерального Штаба
полковник Пржевальский¹

*

Снаряжение Кяхте исполнено казаки подобраны багаж устроен сегодня выступаем Ургу где купить верблюдов на дальнейший путь 21.X. Пржевальский²

*

Урга 7 ноября. Снарядив окончательно караван в Урге покупкой за 7000 рбл 56 верблюдов и 7 верховых лошадей идем завтра Алашань Среднюю Гоби экспедиционный отряд состоит из 21 человека вооружены и снаряжены отлично. Пржевальский³

*

Гор. Дынь-юань-инь. 8 января 1884 г. Пишу Вам коротенькое письмо

¹ Докладная записка начальнику Главного штаба; написана 22 марта 1883 г. Имя П. К. Козлова упоминается впервые. Центральный государственный военно-исторический архив (ЦГВИА), ф. 401, оп. 4/928, д. 36, лл. 3—5 (далее в сносках указывается только номер листа).

² Первая телеграмма Пржевальского, отправленная из экспедиции. ЦГВИА; л. 79.

³ ЦГВИА; л. 81.



Николай Михайлович Пржевальский на Лобноре.

ровы... завтра идем далее через кумирню Чейбсен на Коко-нор (ныне употребляется только Кукурнор.— А. И.)...¹

*

Алашань 8 января прошли благополучно пустыню Гоби все здоровы завтра идем Кукурнор по слухам трое миссионеров отправились Кульджу основать там миссию Пржевальский²

¹ Письмо, полученное Главным штабом в апреле; переслано через посланника в Китае. ЦГВИА; л. 86.

² ЦГВИА; л. 80.

мо, ибо не знаю, дойдет ли... Алашаньский Князь... отказался переслать мое письмо по китайской почте... Выступив 8 ноября из Урги, мы прибыли 3 января в гор. Дынь-юань-инь в Алашане, сделав 1100 верст поперек пустыни Гоби. Морозы в ближайших окрестностях Урги переходили точку замерзания ртути... В отряде у меня все благополучно и все вполне здо-

*

...Прошли благополучно южный Алашань и горы Гань-су, лежащие по реке Тэтунге. В этих горах мы провели весь февраль, занимаясь главным образом охотой и зоологическими исследованиями — добыча была изрядная для наших коллекций. Теперь находимся возле кумирни Чейбсен, откуда завтра идем на Коко-нор и далее. Благодаря ходатайству Миссии в Пекине Сининский Алебан не препятствует нашему дальнейшему пути, но дать нам проводника на истоки Желтой реки (ныне Хуанхэ — А. И.) из Цайдама уклоняется, отговариваясь неимением людей, знающих туда путь — что, конечно, чистый вздор. Но это еще небольшая беда — из Цайдама мы и без проводника разыщем истоки Гуань-хе (Желтой реки). В караване нашем все благополучно, все здоровы и усердны. Казаки ведут себя отлично... дисциплина немалая. Мои помощники Роборовский, Козлов усердствуют до крайности. Словом, все идет отлично...¹

*

10 марта Кумирня Чейбай в течение января февраля прошли Южный Алашань и горы Ганьсу все идет отлично все здоровы теперь направляемся Кукунор Цайдам и Восточный Тибет сообщите Географическому обществу Пржевальский²

*

7 мая оставив восточном Цайдаме запасный багаж и запасных верблюдов под караулом 7 казаков отправляемся числе 14 человек на истоки Желтой реки и далее по стране Амдо вернемся Цайдам конце августа все благополучно сообщите Географическому обществу Пржевальский³

*

8 августа новый трудный акт экспедиции выполнен удачно продолжении трех летних месяцев мы обошли ровно тысячу верст по Северо-восточному Тибету сначала спустились из Цайдама 400 верст к югу через истоки Желтой реки до реки Голубой (ныне Янцзы. — А. И.) переправиться через

нее оказалось невозможно затем обследованы Большие озера верхнего течения Желтой реки по праву первого исследователя назвал одно из этих озер «Русским» другое озеро «Экспедиция» их абсолютная высота 13500 футов окрестности гористое плато футов на тысячу выше по Голубой реке горная но безлесная альпийская страна климат пройденных местностей ужасный все лето холод дождь снег конце мая морозы 23 градуса июле метели как зимой количество водных осадков приносимых юго-западным муссоном Индийского океана так велико что Северный Тибет летом превращается почти в сплошное болото зверей рыб реках множество птиц мало флора бедная но оригинальная жители Тангуты по Голубой реке и близ озер Желтой. Здесь мы дважды подверглись нападению конных разбойничьих шаек человек около 300 каждая... счастье великое мы все уцелели ранены только две наших лошади... теперь идем западный Цайдам устроим склад урочище Гастчи будем исследовать зимою окрестные местности сообщите Географическому обществу Пржевальский⁴

*

Цайдам 8 августа в глубине Центральной Азии на заоблачном плоскогории Тибета за 3000 верст от ближайшей нашей границы среди дикой природы и ужасного климата наша экспедиция оружием завоевала исследование от века неизвестных истоков Желтой реки и Больших озер ее верхнего течения дикари тунгуты старавшиеся преградить нам путь дважды были разбиты горстью моих смельчаков спутников сослуживших отличную службу для науки и для славы русского имени за таковой поистине геройский подвиг умоляю наградить знаками отличия военного ордена моих помощников подпоручика Роборовского и вольноопределяющегося Козлова девять нижних чинов экспедиции и волонтера при ней кяхтинского мещанина Михаила Протопопова переводчика же Абдула Юсупова произвести хорунжи милиции полковник Пржевальский⁵

¹ ЦГВИА; л. 90.

² ЦГВИА; л. 92.

*

Лобнор 15 марта продолжении минувшей осени зимы путь из восточного Цайдама на Лобнор пройден неведомый центральный Куньлунь достаточно исследована древняя дорога из Хотана Китай найдена и прослежена открыты три громадных снеговых хребта назвал один Московским другой хребтом Колумба третий Загадочным высшая точка первого гора Кремль второго Джинри третьего Шапка Мономаха поднимаются более 20000 футов над уровнем моря прилегающие Центральному Куньлуню плато Тибета имеют 4000 футов средней абсолютной высоты жители встречались только южном Цайдаме далее западу пустыня весьма бедная своею флорою фауною декабре морозы переходили здесь точку замерзания ртути феврале первую половину марта пробыли Лобноре на днях пойдем через Чераген до Керии отсюда на три летних месяца поднимаемся вновь на нагорье Северного Тибета... Осенью идем наш Туркестан все благополучно все здоровы сообщите Географическому обществу Пржевальский⁶

*

Керия 8 июня апреле мае обследовали местность от Лобнора до Керии здесь теперь останется наш склад мы сами пойдем в соседние Тибетские горы вернемся Керию половине августа затем через Оман Аксу направимся родные пределы все благополучно Пржевальский⁷

*

1 июля пройти в Тибет через Керийские горы оказалось невозможным по недоступности ущелий для вьючных лошадей... местное население... встречает нас весьма радушно симпатия к русским здесь очень велика июнь пробудем в снеговых горах между Керийской и Хотанской реками половине августа пройдем Хотань и по Хотанской реке в Аксу все благополучно Пржевальский⁸

¹ ЦГВИА; лл. 84—85. Письмо было переслано через русского посланника в Китае.

² ЦГВИА; л. 82.

³ ЦГВИА; л. 89.

¹ ЦГВИА; лл. 97—98. Географическое общество переименовало хр. Загадочный в хр. Пржевальского.

² ЦГВИА; л. 103.

³ ЦГВИА; л. 107.



Всеволод Иванович Роборовский (1856—1910).



Петр Кузьмич Козлов (1863—1935).

14 августа оазис Чира обследовал Керийские горы идем через Хотан Аксу в Семиречье будем там конце октября... Пржевальский¹

Каракол 2 ноября путешествие окончено благополучно с богатыми результатами для науки... Пржевальский²



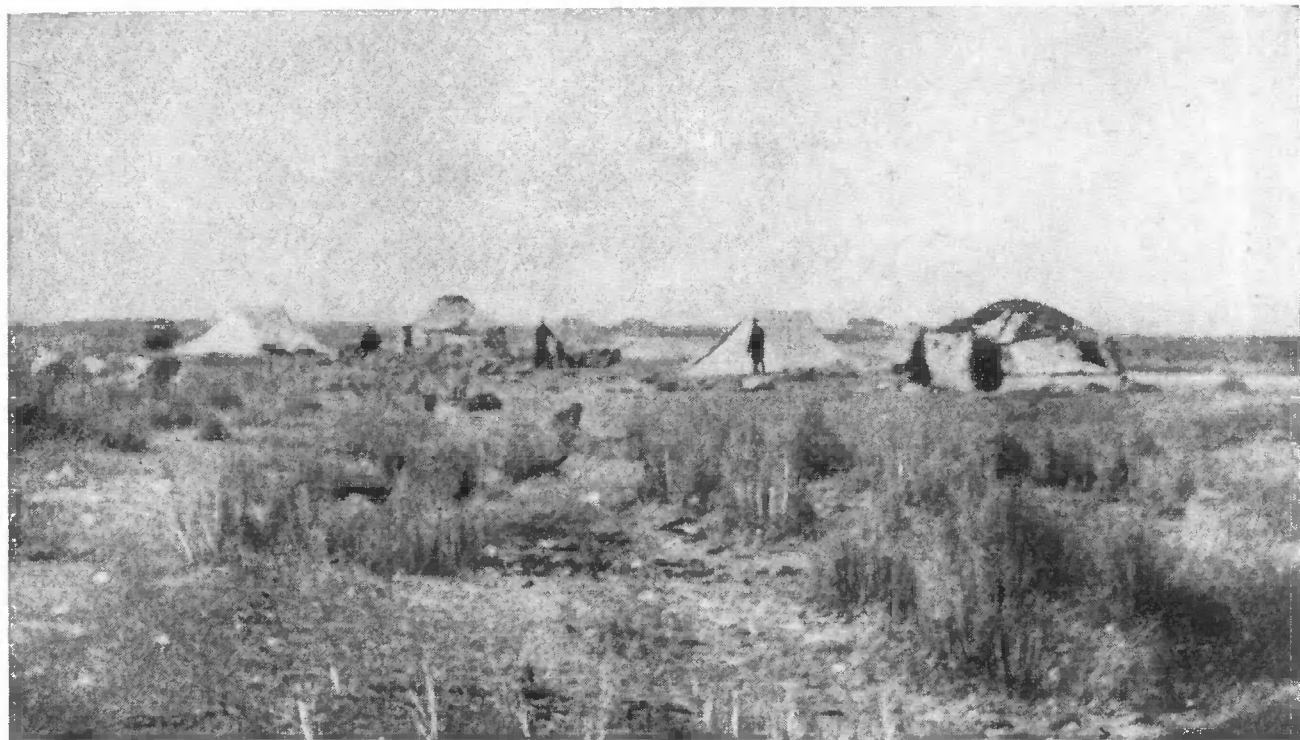
Именная медаль, выбитая в честь Н. М. Пржевальского Академией наук в 1886 г. 3 мая 1886 г. на Общем собрании Академии наук академики К. С. Веселовский, А. А. Штраух, Л. И. Шренк, А. С. Фаминцын, К. И. Максимович и др. зачитали заявление о результатах экспедиции Пржевальского в Центральную Азию, в котором, в частности, говорилось: «Экспедиции Николая Михайловича Пржевальского составляют одно из самых выдающихся явлений в истории ученых экспедиций вообще». Собрание приняло решение выбить медаль в честь Пржевальского.

ною обязанностью выяснить те заслуги, которые были оказаны делу экспедиции моими спутниками. Как краткое резюме этих заслуг, полагаю удобным поместить здесь копию с приказа, отданного мною по экспедиционному отряду... Вот этот приказ: «Сегодня¹ для нас знаменательный день: мы... вступили на родную землю. Более двух лет прошло с тех пор, как мы начали из Кяхты свое путешествие. Мы пускались тогда в глубь Азиатских пустынь, имея с собой лишь одного союзника — отвагу; все остальное стояло против нас — и природа и люди. Вспомните — мы ходили то по сыпучим пескам Алашаня и Тарима, то по болотам Цайдама и Тибета, то по громадным горным хребтам, перевалы через которые лежат на заоблачной высоте. Мы жили два года как дикари в палатках или юртах и переносили то 40° мороза, то 60° жары, то страшные бури пустыни. Ко всему этому местами до-

¹ ЦГВИА; л. 107.

² ЦГВИА; л. 107.

¹ 29 октября 1885 г. (Прим. Пржевальского).



Бивак экспедиции на Лобноре.

Фото В. И. Роборовского.



Один из ледников южного склона хребта Гумбольдта.

Рисунок В. И. Роборовского.



Озеро Лобнор близ деревни Уйтунь.

Фото В. И. Роборовского.



Буря в пустыне.

Рисунок В. И. Роборовского.

бавлялись недружелюбие, иногда даже открытая вражда... но ни трудности дикой природы пустыни, ни препоны со стороны враждебно настроенного населения — ничто не могло остановить нас. Мы выполнили свою задачу до конца, прошли и исследовали те местности Центральной Азии, в большинстве которых еще не ступала нога европейца. Честь и слава Вам, товарищи! О Ваших подвигах я поведаю всему свету. Теперь же обнимаю каждого из Вас и благодарю за службу верную... от имени науки, которой мы служим, и от имени родины, которую мы прославили...». Да, действительно прославились! Я гово-

рю это откровенно, без излишних прикрас, но и без особенной утайки. Исследование от века неведомых истоков Желтой реки... проход без вожаков из Цайдама на Лобнор по местностям, которых не знают даже туземцы и где в продолжение трех месяцев мы не встречали ни одной души человеческой; затем торжественное, могу сказать, шествие по оазисам Восточного Туркестана, где туземцы встречали нас с хлебом-солью и букетами цветов, а... властелины страны держались в стороне, поджавши хвост; наконец, другие, сравнительно мелкие, но сами по себе крупные подвиги моих спутников—

все это звучит какою-то сказкою, тем не менее осуществленную на деле. И во всем этом многократно большая роль принадлежит не мне, а моим сподвижникам. Без их отваги, энергии и беззаветной преданности делу, конечно, никогда не могла бы осуществиться даже малая часть того, что теперь сделано за два года путешествия. Да будет же и воздаяние достойно подвига!

Полковник Пржевальский.

20 января 1886 г.¹

¹ Рапорт Пржевальского в Главный штаб. ЦГВИА; лл. 128—129, 129 об. УДК 910.2; 92 Пржевальский

ПОПРАВКИ

В № 2 «Природы» 1974 г. на стр. 67, левая колонка, первая строка сверху, следует читать: «После 4 лет работы». На той же стр. 67 в конце второй и начале третьей колонки следует читать: «путем внезапного «порождения видов».

На стр. 119, левая колонка, шестая строка сверху, следует читать: «А. Н. Формозов родился 14 (2) февраля 1899 г.»

Запуски космических аппаратов в СССР (ноябрь — декабрь 1973 г.)

В ноябре — декабре 1973 г. в Советском Союзе были запущены 27 космических аппаратов. 18—26 декабря 1973 г. состоялся полет космического корабля «Союз-13». В ходе восьмисуточного орбитального полета экипаж корабля выполнил разнообразные научно-технические исследования и эксперименты¹.

Из 22 спутников серии «Космос» 8 были выведены на близкие орбиты одной ракетой-носителем: это восьмой эксперимент такого рода, выполненный в нашей стране. Спутники «Космос» оборудованы научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства.

Очередные связные спутники серий «Молния-1» и «Молния-2» оборудованы ретрансляционной аппаратурой, предназначенной для обеспечения эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи в Советском Союзе, а также передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита» и в рамках международного сотрудничества.

В соответствии с программой сотрудничества между СССР и Францией в области исследования и использования космического пространства в мирных целях в Советском Союзе был произведен запуск спутника «Ореол-2», предназначенного для продолжения исследований физических явлений в верхней атмосфере Земли в высоких широтах и изучения природы полярных сияний, начатых на спутнике «Ореол» в 1971 г. На борту спутника установлены научная аппаратура для исследования спектра протонов в широком диапазоне энергий, измерений интегральной интен-

сивности потоков протонов и определения ионного состава атмосферы, а также служебные системы, обеспечивающие выполнение научных экспериментов. Одновременно с измерениями, проводимыми на спутнике «Ореол-2», наземные обсерватории ряда стран осуществляют координированные геофизические исследования по согласованной программе.

Таким образом, в 1973 г. в Советском Союзе были запущены 107 космических объектов: космические корабли «Союз-12» и «Союз-13», автоматические станции «Луна-21», «Прогноз-3», «Марс-4», «Марс-5», «Марс-6»

Таблица

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		Перигей, км	Апогей, км	Наклонение, град	Период обращения, мин
Космос-606	2.XI	626	39 360	62,8	710
Космос-607	10.XI	214	364	72,9	90
Молния-1	14.XI	480	39 140	65	702
Космос-608	20.XI	281	528	71	92,3
Космос-609	21.XI	207	370	70	90
Космос-610	27.XI	515	560	74	95,2
Космос-611	28.XI	280	507	71	92
Космос-612	28.XI	214	371	72,9	90,1
Космос-613	30.XI	195	295	51,6	89,1
Молния-1	30.XI	460	40 900	62,7	737
Космос-614	4.XII	770	830	74	100,7
Космос-615	13.XII	280	859	71	95,7
Космос-616	17.XII	214	355	72,9	89,9
Союз-13	18.XII	225 ¹	272	51,6	89,22
Космосы от 617 до 624	19.XII	1404	1 511	74	114,8
Космос-625	21.XII	214	346	72,8	89,8
Молния-2	25.XII	466	40 865	62,8	737
Ореол-2	26.XII	407	1 995	74	109,2
Космос-626	27.XII	257	280	65	89,7
Космос-627	29.XII	991	1 032	83	105

¹ Подробнее см. «Природа», 1974, № 3, стр. 103.

¹ Орбитальные параметры после коррекции на пятом витке.

и «Марс-7», орбитальная станция «Салют-2», 85 спутников серии «Космос», 10 метеорологических и связанных спутников и 3 спутника в рамках международного сотрудничества.

«Эксплорер-50»

С космодрома на м. Канаверал 26 октября 1973 г. в 2 час. 26 мин. по гринвичскому времени был запущен спутник «Эксплорер-50», предназначенный для исследований физических условий в космическом пространстве между Землей и Луной в магнитосфере Земли. Ракета-носитель «Торад-Дельта» вывела спутник на орбиту с параметрами: высота в перигее 141 224 км (~23 земных радиуса), высота в апогее 288 940 км (~46 земных радиусов), наклонение $28,7^\circ$, период обращения 12 сут. 63 мин. Запуск был произведен с таким расчетом, чтобы спутник «Эксплорер-50» вышел на орбиту с фазовым углом приблизительно 180° относительно спутника «Эксплорер-47», который был запущен 23 сентября 1972 г. с аналогичными научными задачами.

«Эксплорер-50» весит 397,2 кг, включая бортовой апогейный двигатель весом 126 кг, имеет цилиндрический корпус длиной 157,4 см и диаметром 135,6 см. К корпусу спутника крепятся панели с солнечными элементами, снабжающими бортовые системы и научную аппаратуру электроэнергией. Научная программа полета спутника включает исследования полей, частиц и излучений за пределами земной магнитосферы, а также получение данных в целях дальнейшего изучения геомагнитных бурь, полярных сияний и других явлений в магнитосфере.

На борту спутника установлена научная аппаратура для проведения 12 экспериментов: группа приборов для регистрации заряженных частиц различных энергий в солнечном ветре, в шлейфе магнитосферы и в пределах магнитосферы, трехосевой магнитометр для изучения межпланетного магнитного поля и геомагнетизма в шлейфе магнитосферы; прибор для изучения характеристик солнечных космических лучей и механизма их

проникновения в пределы магнитосферы. В научную программу «Эксплорера-50» входит также изучение частиц и рентгеновской радиации солнечного происхождения, исследования изотопов водорода и гелия в межпланетной среде и воздействие на них солнечной активности, измерения компонентов электрического поля, регистрация электростатических волн и радиошумов.

«Interavia Air Letter», 1973, № 7875, p. 7 (Швейцария).

«Лунный» кратер на Земле

Совместная Индийско-Американская геологическая экспедиция, вернувшаяся из района кратера Лонар (штат Мадхья-Прадеш, Индия) в 1973 г., привезла с собой образцы пород, подтверждающих предположение, что этот огромный кратер (поперечник — 2 км) возник в результате падения крупного небесного тела. В центре кратера находится мелководное озеро. Экспедиции удалось поднять колонки донного грунта.

Осадочные породы дна озера, как оказалось, содержат грубые брекчии — конгломерированные породы, носящие следы дробления, связанного с мощным ударом, а также микробрекчии, образованные из обломков, возникших при ударе умеренной силы. Обломки, собранные на кольцевом вале, опоясывающем кратер, несут следы внезапного воздействия на них высоких температур.

Специалисты делают вывод, что кратер Лонар, как и подобное ему образование в Аризоне, имеет ударное происхождение и возник при падении крупного метеорного тела на Землю.

«Science News», v. 103, 1973, № 22 (США).

Комета Когоутека не оправдала надежд

Комета Когоутека¹ не оправдала возлагавшихся на нее надежд. Даже в районе перигелия своей орбиты,

¹ См. «Природа», 1973, № 11, стр. 101; № 12, стр. 96.



Комета Когоутека. Она находится среди звезд созвездия Козерога, под ней виден Юпитер; расстояние ее от Солнца ~ 0,5 а. е. Фотография сделана 10 января 1974 г. в 18 час. 10 мин. Снимок получен малоформатной камерой «Зенит» с объективом «Гелиос-44» на пленке 250 ед.

Фото автора.

когда ее отделяло от Солнца 20—30 млн км, она достигла лишь яркости Юпитера, а хвост вытянулся только на 15 млн км. Затем комета удалялась от Солнца, и яркость ее быстро

падала. К середине января комету все же можно было видеть простым глазом (после захода Солнца) сначала в созвездии Козерога, а потом в созвездии Водолея.

Высказываются разные предположения о причинах весьма умеренной яркости кометы Когоутека. Например, предполагают, что комета содержит меньше пыли, чем ранее проходившие около Солнца яркие кометы, или что особое строение наружных слоев кометного ядра препятствует интенсивному испарению летучих веществ. Хотя более вероятно, что ядро имеет обычное для комет строение (состоит из льда с примесью тугоплавких веществ), но размеры ядра небольшие. Сравнительно высокая скорость испарения летучих веществ в районе орбиты Юпитера, в период открытия кометы, связана не с большими размерами ядра, а с тем, что поверхностные слои его содержали больший процент легко летучих соединений, поскольку комета подходила к Солнцу впервые. После их испарения комета стала себя вести так же, как и другие кометы, неоднократно возвращавшиеся к Солнцу.

А. Н. Симоненко
Кандидат физико-математических наук
Комитет по метеоритам АН СССР

Новые расчеты движения спутников Юпитера

У планеты Юпитер насчитывают ныне 12 спутников. При этом вопрос о движении спутников как близких к планете, так и отдаленных от нее представляется весьма сложной задачей небесной механики. Дело в том, что Юпитер значительно сжат у полюсов, ввиду чего потенциал его поля тяготения на малых расстояниях от спутников значительно отличается от ньютоновского, а для далеких спутников велики возмущения от Солнца.

Сотрудники Томского университета В. А. Тамаров, Л. Е. Быкова и Т. В. Бордовичина разработали новые теории движения V, VI и VII спутников Юпитера.

V, наиболее близкий к планете спутник (открыт в 1892 г. Бернардом),

расположен на расстоянии всего в 2,5 радиуса Юпитера от его центра. У него почти круговая орбита с весьма малым наклоном к плоскости экватора планеты, поэтому использовать стандартные кеплеровы элементы для расчета движения этого спутника оказывается невозможным. При построении теории V спутника В. А. Тамаров использовал метод, примененный ранее для изучения движения близких искусственных спутников Земли. По этому методу в качестве независимой переменной в уравнениях движения берется не время, а истинная долгота спутника. Выведенные Тамаровым формулы для учета возмущений пригодны для любого спутника планеты, эксцентриситет орбиты которого близок к нулю.

Т. В. Бордовичина получила улучшенные элементы орбиты VII спутника (открыт Перрайном в 1905 г.). По всем разработанным ранее системам элементов движение этого спутника представлялось с точностью, не превышающей 10". Новая система позволяет свести ошибку не более чем 2,5".

Л. Е. Быкова построила численную теорию движения VI спутника Юпитера (открыт Перрайном в 1904 г.), при этом серьезную трудность вызвали малочисленность наблюдений и длительный период (1945—1965), когда спутник не наблюдался совсем. По новой теории имеющиеся наблюдения спутника определяются с ошибкой не более 2,1". Быкова вывела также значение массы Юпитера по движению его VI спутника. Обратное значение массы Юпитера (в единицах солнечной массы) оказалось равным $1047,369 \pm 0,009$.

«Труды Томского университета», т. 242 (сер. астрономическая), 1973, вып. 3, стр. 3—70.

В космосе обнаружен дейтерий

Ученые из исследовательского центра «Белл Телефон Лэборатори» США А. Пензиас, Р. Уилсон¹ и др. сделали новое важное открытие — зарегистрировали в туманности Орион тяжелый

¹ Авторы открытия реликтового излучения.

водород (дейтерий). «Неожиданность состоит в том, что мы нашли его так много», — отмечают ученые. Действительно, на Земле один атом дейтерия приходится на 6 тыс. водородных атомов, а в далекой туманности это отношение составляет 1 : 500.

Водород — основной элемент Вселенной, и дейтерий, как изотоп водорода, представляет огромное значение для понимания происходящих в ней эволюционных процессов. Считалось, что в межзвездном пространстве после «большого взрыва», происшедшего 20 млрд лет назад, должны были сохраниться лишь весьма слабые следы этого изотопа (водород непрерывно сгорает в термоядерных реакциях на звездах). Обнаружение в межзвездном пространстве дейтерия, да еще в столь большом количестве, не укладывается в рамки сегодняшних представлений о Вселенной и ставит перед космологами серьезную проблему. Правда, дейтерий был обнаружен в молекулах синильной кислоты, и разгадка, может быть, кроется в легкости, с какой более тяжелый изотоп вступает в химические реакции. С другой стороны, аргументы в пользу такого предположения пока отсутствуют.

«Mechanical Engineering», v. 95, 1973, № 3, p. 84 (США).

Измерен магнетизм сплавов платины с актинидами

Дж. Л. Смит и Г. Г. Хилл (Калифорнийский университет, США) измерили магнитную восприимчивость сплавов нептуния и плутония с платиной. Образец из NpPt весил 110 мг, его плотность составляла $16,08 \text{ г/см}^3$, а вероятный стехиометрический состав $\text{Np}_{0,503}\text{Pt}_{0,495}$. Измерения показали, что NpPt становится антиферромагнитным ниже $25 \pm 1 \text{ К}$, изоморфный PuPt был антиферромагнитен ниже $44 \pm 1 \text{ К}$.

В отличие от этих двух веществ сплав с платиной другого актинида Upt оказался ферромагнитен. Его точка перехода составляет 30 К. Все эти три сплава обладают структурой CtV и имеют близкие постоянные решетки.

ки. Заметные отличия в электронной структуре этих сплавов могут быть лишь в ширине их узких 5f зон и их числах заполнения. Интересно, что атомы актинидов (An) в решетках их сплавов с платиной (AnPt) находятся в позициях, обладающих той же симметрией, что и атомы урана в структуре α -U. Конечно, расстояние An—An гораздо больше, чем расстояние между атомами урана в α -U. Поэтому возможно, что поведение сплавов платины с актинидами лишь грубо приближается к возможному поведению самих металлов этой группы при условии их получения во всесторонне растянутом состоянии.

«Physica Status Solidi (b)», v. 60, 1973, № 1, p. K61 (ГДР).

Изучение деформации решетки кристаллов кремния

Сотрудники Института физики твердого тела (Чехословакия) Р. Бубакова и З. Траусил с помощью рентгеновых лучей изучали в весьма совершенных кристаллах кремния малые длиннопериодные деформации решетки, возникшие во время роста кристаллов. Кристаллы росли в направлении $\langle 112 \rangle$, причем имеющиеся в них дислокации располагались в основном параллельно оси роста. Толщина образцов составляла от 0,53 до 0,95 см. Удалось измерить кривизну кристаллических плоскостей и найти ее изменение по мере удаления от оси кристалла.

Радиус кривизны менялся от образца к образцу в зависимости от числа и расположения дислокаций и от количества примесей. Его величина составляет от 1,7 до 32 км. При этом относительное изменение периода кристаллической решетки достигает $(0,06—1,8) \cdot 10^{-5}$.

Авторы считают, что их метод применим для определения концентрации неоднородно распределенных в кристалле электрически неактивных примесей и для изучения условий образования дислокаций в бездислокационных кристаллах.

«Zeitschrift für Naturforschung», B, 28a, 1973, № 7, S. 1199 (ФРГ).

Определение химического состава ядер конденсации в снежинках

Искусственного выпадения осадков пытаются достичь, высевая в атмосфере микрочастицы (например, AgI) и создавая тем самым ядра конденсации для последующего роста снежинок и кристалликов льда.

Сотрудники Лаборатории физики и химии атмосферы Ф. П. Парунго и П. Ф. Пушель (Колорадо, США) применили растровый электронный микроскоп с автоэмиссионным источником электронов в сочетании с рентгеновским анализатором для определения расположения ядра конденсации в снежинке и для определения химического состава этого ядра.

Кристаллики с характерным размером менее 10 мкм, выпавшие после высевания AgI, собирались на столик для образцов. Для удобства проведения эксперимента образцы фиксировались с помощью паров хлороформа и в дальнейшем уже исследовались полученные так называемые реплики снежинок. Затем с помощью электронного микроскопа с усилением до $88 \cdot 10^3$ исследовали изображения реплики. Расположение частиц, заключенных в реплику, определялось по особенностям изображения. Автоэмиссионный источник электронов позволял получать высокое разрешение при высокой интенсивности пучка. После выбора места, подлежащего изучению, на нем фокусировался электронный луч. По характеристическому рентгеновскому излучению, возникающему при бомбардировке электронами образца, идентифицировался химический состав ядра конденсации. Энергия пучка изменялась от 0 до 8 кэВ. Полученный на анализаторе рентгеновский спектр образца сравнивался со спектром ряда стандартов чистых элементов. Чувствительность такого метода достигает $10^{-17}—10^{-18}$ г. Время анализа составляет несколько минут.

Метод может быть использован при изучении многих проблем загрязнения атмосферных осадков и в химической промышленности.

«Science», v. 180, 1973, № 4090, p. 1057 (США).

Новое о структуре транспортных РНК

Для тРНК с известной последовательностью нуклеотидов можно получить несколько альтернативных моделей вторичной структуры, исходя из принципа образования максимального количества уотсон-криковских пар. В настоящее время наиболее вероятной считается форма «клеверного листа» (см. рис. 1). Р. Г. Шульман с соавторами (США) получили данные, подтверждающие, что фенилаланиновая, метионининовая и глутаминовая тРНК *E. coli* в растворах имеют такую форму. Исследование выполнено методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР).

Авторы рассматривали резонансные линии, относящиеся к протонам, связанным водородными связями с атомами азота пуриновых и пиримидиновых колец. Были вычислены химические сдвиги линий, характерные для таких протонов пар А—У и Г—Ц, уч-

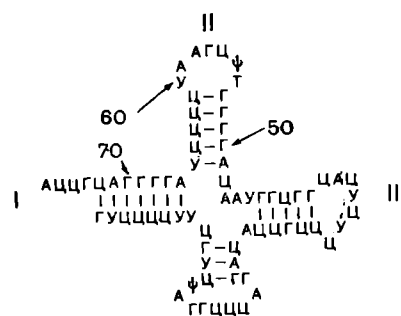


Рис. 1. Модель клеверного листа для глутаминовой тРНК.

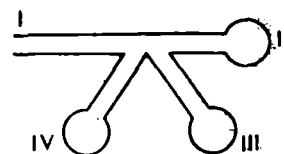


Рис. 2. Форма глутаминовой тРНК в растворе (по данным ЯМР).

тены возмущения, вносимые соседними парами оснований, и рассчитаны предполагаемые спектры для «клевверной» модели. Наблюдаемые спектры хорошо совпадали с рассчитанными.

Кроме подтверждения формы «клевверного листа», были получены и другие данные о пространственной конфигурации молекулы. Прежде всего, не оправдались предположения об образовании дополнительных уотсон-криковских пар, связанных с формированием третичной структуры (см. рис. 2). Для глутаминовой тРНК показано, что пары А—У 65 и У—А 66 взаимодействуют как соседние в структуре двойной спирали. Это означает, что ветви I и II лежат на одной прямой и образуют единый спиральный участок.

Метод рентгеноструктурного анализа дал для кристаллических тРНК пока лишь предварительные результаты. Сравнение данных о конфигурациях молекул тРНК в кристаллах и в растворах будет иметь принципиальное значение для молекулярной биологии.

«Proceedings of National Academy of Science U.S.A.», v. 70, 1973, № 7, pp. 2042—2045 (США).

Цветные очки терпуга

Желтая или оранжевая окраска роговицы, хрусталика или сетчатки известна для многих животных — рыб, земей, сусликов и обезьян. Она свойственна строго дневным животным, а ее назначение — уменьшить вредное действие хроматической аберрации глаза и голубой дымки рассеяния. Однако во всех ранее известных случаях эта окраска присутствует постоянно.

На примере терпуга мы впервые сталкиваемся с животным, использующим переменный цветной светофильтр, притом весьма насыщенный. У восьмилинейного (бурого) терпуга (*Hexagrammos octogrammus*) (рис. 1) обнаружена уникальная способность изменять окраску роговицы глаза в зависимости от условий освещения. В темноте роговица терпуга совершенно прозрачна и бесцветна, как у большинства рыб, а при хорошем освещении она становится интенсивно-

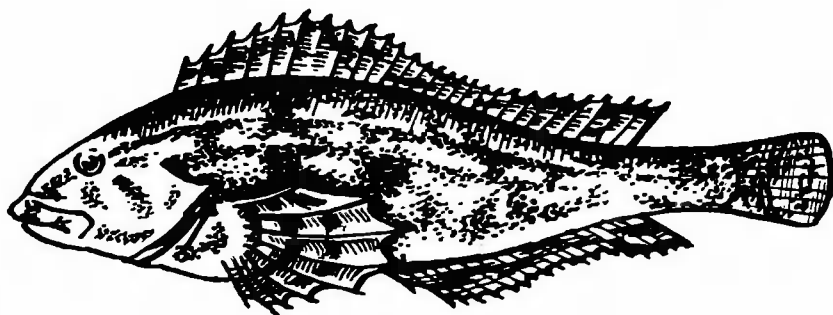


Рис. 1. Восьмилинейный (бурый) терпуг (*Hexagrammos octogrammus*).

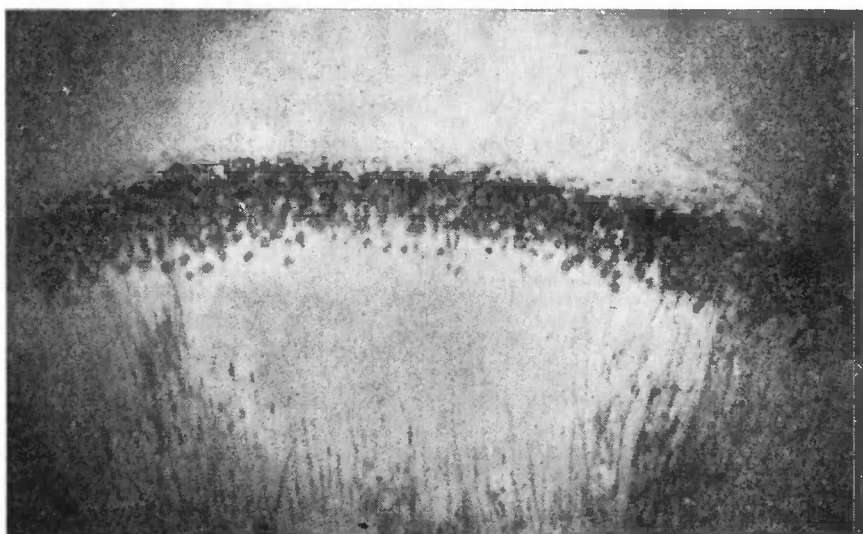


Рис. 2. Фотография участка роговицы терпуга (*Hexagrammos octogrammus*) с красящими клетками. Тела клеток расположены полосой у верхнего края роговицы, вниз тянутся отростки-трубочки (увелич. в 40 раз). Фото М. А. Александровой

оранжевой или красной. Полное изменение окраски роговицы при перемещении рыбы из темноты на свет или обратно занимает около 1 часа.

Окраска роговицы терпуга связана с присутствием в ее толще своеобразных ярко окрашенных клеток, названных красящими клетками роговицы. Эти клетки имеют грушевидную форму и, постепенно сужаясь, переходят в длинный отросток (см. фото на 4 стр. обложки). Тела клеток размером до 50 мкм расположены в двух серповидной формы зонах роговицы у верхнего и нижнего ее краев, а отростки тянутся вертикально

вниз и вверх, перекрывая всю лучевую зону роговицы (рис. 2). Изменение окраски роговицы достигается перераспределением содержимого клеток между их телами и отростками. Наверху отростки заполнены ярко окрашенной цитоплазмой, а в темноте спадаются и становятся невидимыми под биноклем.

Механизм перераспределения цитоплазмы в красящей клетке неизвестен. Изменение окраски роговицы происходит довольно медленно. На препаратах роговицы, подкрашенных метиленовой синью, не наблюдается заметно выраженной иннервации зон скопления красящих клеток. Это не подтверждает предположения о нервном контроле реакции. Видимо, этот процесс, подобно ретиномоторной реакции, относится к числу автономных, нерелекторных, сервомеханизмов зрительного аппарата.

При электронномикроскопическом исследовании красящих клеток выявляются специфические особенности их строения. Цитоплазма содержит множество мелких гомогенных гранул диаметром около 1200 Å, имеющих липидную природу. Видимо, именно в них растворены каротиноиды, придающие окраску цитоплазме. Под мембраной тела клетки и особенно ее отростка расположена сеть упорядоченно распределенных микротрубочек. Не исключено, что микротрубочки обладают сократимостью и принимают участие в удалении цитоплазмы из отростка красящей клетки.

Представляется интересным выяснить в дальнейшем, в какой мере оранжево-красная пигментация роговицы улучшает реальную остроту зрения и в какой мере отражается на работе аппарата цветного зрения терпуга.

О. Ю. Орлов

Институт проблем передачи информации АН СССР
Москва

А. Г. Гамбурцева

М. А. Александрова

Биолого-почвенный институт ДВНЦ АН СССР
Владивосток

Бактерии, окисляющие сурьму

Н. Н. Ляликова (Институт микробиологии АН СССР) выделила из сурьмяного месторождения Заяча в Югославии новую культуру бактерий *Stibiobacter* gen. n. Эта бактерия способна осуществлять ранее не известный тип хемосинтеза — окислять сурьму

до высших окислов. Как показал рентгеноструктурный анализ, под воздействием этих бактерий возникают новообразования, идентичные природным минералам, например стибикониту — $Sb_2O_4(OH)$, а сама сурьма из трехвалентной превращается в пятивалентную. Опыты с меченой углекислотой показали способность нового микроорганизма к автотрофному способу жизни.

Эта работа доказывает биологический характер окисления сурьмы в природе; таким образом, сурьму теперь можно включить в число элементов, в превращении которых принимают участие микроорганизмы.

«Известия АН СССР», сер. биол., 1974, № 3.

Микроэлементы как биокатализаторы

В последние годы возрос интерес к изучению баланса микроэлементов при различных сердечно-сосудистых заболеваниях, так как доказано участие микроэлементов в процессах обмена и отмечено резкое изменение их содержания в организме больного.

Н. И. Гринкевич, И. Ф. Грибовская (1-й Московский медицинский институт им. И. М. Сеченова) и В. М. Гарбузова (Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР) изучали влияние геохимических условий среды на химический состав наперстянки (*Digitalis L.*), препараты которой широко используются в медицине в качестве сердечных средств. У трех видов наперстянки (*D. purpurea*, *D. grandiflora*, *D. lanata*), собранных при различном содержании микроэлементов в среде, установлена корреляция между содержанием марганца и молибдена и накоплением так называемых сердечных гликозидов в листьях всех видов. Предпосевная обработка семян и внекорневая подкормка растений марганцем и молибденом увеличивает суммарное содержание гликозидов в листьях наперстянки, а применение марганца и молибдена в качестве микроудобрений способствует значительному увеличению биологической массы растений.

«Растительные ресурсы», т. IX, 1973, вып. 2, стр. 183—191.

Страх перед монархом

Замечено, что даже самые активные насекомоядные птицы избегают нападать на распространенную бабочку-монарха из рода *Danaidae*. Занимаясь этим вопросом, Л. П. Брауэр из Амхерстского колледжа (штат Массачусетс, США) анализировал химический состав тела монарха. Оказалось, что в нем содержатся значительные дозы гликозидов (вещества, возбуждающего сердечную деятельность). Эти вещества обладают также очень сильным рвотным действием.

Выяснилось, что источником гликозида служат растения семейства молочаевых, которые поедают лишь личинки монарха. Сами личинки не испытывают при этом никаких неприятностей, а затем передают вещество взрослым бабочкам. Однако молочайников в районе размножения монархов явно недостаточно, чтобы снабдить всех особей гликозидом.

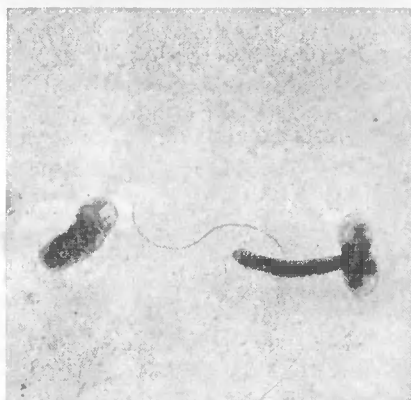
Своими исследованиями Брауэр показал, что далеко не все особи монарха содержат в себе это вещество. Но птице достаточно однажды встретиться с «ядоносной» бабочкой, чтобы в дальнейшем навсегда избегать всех монархов.

«Science News», v. 103, 1973, № 6, p. 89 (США).

«Скачущие тарелочки»

Необычный способ передвижения насекомых наблюдался нами у одного из минирующих пилильщиков рода *Heterarthrus* (Hymenoptera), паразитирующих на тополе. Личинка старшего возраста этого пилильщика находится внутри дисковидного кокона, напоминающего две сложенные тарелочки. В сухую жаркую погоду коконы, оказавшиеся на поверхности земли, совершают прыжки до тех пор, пока не провалятся в глубину лесной подстилки или не скатятся в микропонижения с благоприятными условиями. В этот период (начало августа) им требуется повышенная относительная влажность (95—100%) и температура не выше 18—19°. Свет также стимулирует скачковые реакции.

Кокон осуществляет прыжки благодаря резким движениям личинки внутри него. Как показано на схеме,



Электронная фотография нового микроорганизма *Stibiobacter* gen. n. (увелич. в 8 тыс. раз).

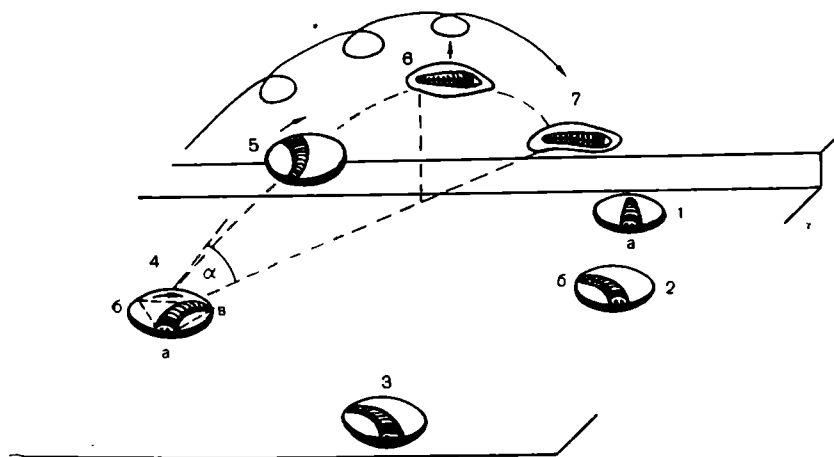


Схема прыжка кокона минующего пилильщика (описание в тексте).

сначала личинка фиксирует переднюю часть тела на краю диска («а») при помощи вздувающихся «подушечек» на спинке первого грудного сегмента (1). Затем ее тело изгибается дугой и при помощи специальных хитинизированных зубчиков фиксируется задним концом в точке «б», отстоящей от точки «а» на одну треть окружности диска (2). Далее личинка напрягает латеральные мышцы и убирает зубчики (3). Затем личинка с силой ударяет хвостовым концом по краю диска в точке «в», отстоящей также на одну треть окружности от точек «а» и «б», образующих вместе вершины движения кокона по сложной траектории (4). Во время полета кокон вращается в плоскости диска и поэтому не переворачивается (5), а смещенный центр тяжести описывает спиралеобразную траекторию. Верхняя сторона кокона — более выпуклая (6). Кокон размером в 6 мм в диаметре и 1,5 мм в толщину при весе 6 мг может совершать прыжки до 8 см в длину, т. е. на 13 своих диаметров, и до 3 см в высоту.

Чаще личинки совершают прыжки просто вверх. Вогнутая нижняя стенка кокона при резком движении насекомого выгибается в противоположную сторону со слабым щелчком. Эта вогнутость упругой стенки образуется даже при легком ударе о твердую поверхность при падении кокона по-

сле скачка (7), благодаря чему на прыжки затрачивается ничтожно малое количество энергии.

Л. М. Орлов
Кандидат биологических наук
г. Бирск, Башкирская АССР

Сколько лет антарктическому ледниковому покрову?

В феврале 1973 г. американское исследовательское судно «Гломар Челленджер» (28-й рейс) начало бурение материкового шельфа Антарктиды. Цель этого бурения — выяснить историю оледенения, изменений климата, органической жизни и рельефа южного материка¹.

Бурение на шельфе вскрыло мощную толщу ледниково-морских отложений — принесенных айсбергами илистых глин с примесью обломков гравийной и галечной размерности, включающих остатки морской микрофауны и флоры. Судя по составу обломков, их источники находились на Земле Мэри Берд и в Трансантарктических горах. Стратиграфическое изучение колонок керн показало, что начало формирования ледниково-морской толщи, а следовательно и начало покровного оледенения Антарктиды, относится по крайней мере к раннему миоцену (20 млн лет на-

зад). Ледниково-морской характер отложений постоянен по всему разрезу, хотя процентное содержание крупных обломков по глубине меняется; это указывает на непрерывность антарктического оледенения с миоцена, а также на определенные изменения в его интенсивности.

Установлено, что существовал перерыв в ледниково-морском осадконакоплении около 4—5 млн лет назад. Считают, что этот перерыв связан с крупным разрастанием антарктического ледникового покрова. В то время ледник стал значительно толще, лег на дно моря Росса, на 500 км продвинулся к северу и достиг внешнего края материкового шельфа. Однако уже в раннем плиоцене антарктический ледник сократился до размеров, близких к современным, и впоследствии менялся незначительно.

Результаты анализа донных отложений моря Росса и бентонных фораминифер из скважин пролили свет на историю погружения материкового шельфа Антарктиды, глубина которого ныне 500—600 м (обычно глубина шельфа до 200 м).

Удалось выяснить, что еще в олигоцене поверхность антарктического шельфа в районе моря Росса была близка к уровню моря, а от олигоцена до среднего миоцена шельф постепенно просел до своих современных глубин. Обращает на себя внимание совпадение времени погружения шельфа с формированием антарктического ледникового покрова. Естественно предположить, что причина данного погружения — нарушение изостатического равновесия в земной коре, связанное с появлением ледниковой нагрузки.

М. Г. Гросвальд
Кандидат географических наук

Москва

Самое драгоценное полезное ископаемое

24—28 сентября 1973 г. в Новосибирске проходило VII совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. Оно было организовано Комиссией по изучению подзем-

¹ «Geotimes», 1973, № 6, pp. 19—23; «The Polar Times», 1973, № 76, pp. 3—4; см. также: «Природа», 1973, № 12, стр. 106—107.

ных вод, Институтом гидродинамики СО АН СССР и Новосибирским территориальным геологическим управлением Министерства геологии РСФСР.

Широкое использование подземных вод, разнообразие их химического состава и высокая подвижность делают их одним из наиболее сложных природных объектов. Изучение подземных вод требует новейших методов исследования, включая методы химической термодинамики, математической статистики, ядерной физики, подземной гидравлики. На совещании основное внимание исследователей было обращено на применение математических методов и моделирования в мелиоративной гидрогеологии¹.

Охрана подземных вод от загрязнения и истощения — одна из важнейших проблем нашего времени. Этому вопросу на совещании была посвящена целая серия докладов. Здесь были отмечены случаи неоправданного загрязнения подземных вод, недостатки существующей системы контроля за качеством воды, были намечены меры по улучшению охраны источников промышленного водоснабжения, усовершенствованию сети режимных наблюдений. Был затронут и вопрос об управлении и искусственном восполнении запасов подземных вод.

Большой интерес и оживленную дискуссию вызвали доклады, касающиеся происхождения подземных вод, формирования их химического состава, систем круговорота воды в земной коре, определения скрытого стока в моря и океаны, роли воды в разрушении и формировании месторождений полезных ископаемых, геохимии поровых вод и т. д.

Обсуждение показало, что в гидрогеологии появляются новые научные концепции, пересматриваются многие традиционные взгляды, в частности на геохимическую роль воды в земной коре.

К сожалению, и это подчеркивалось во многих выступлениях, в Академии наук СССР нет института, который мог бы разрабатывать глобальные

проблемы подземных вод и даже соответствующего Научного Совета.

С. Л. Шарцев

Кандидат геолого-минералогических наук
Томск

Извержение Лангилы

На северо-западе о. Новая Британия 12 июля 1973 г. началось извержение вулкана Лангилы. Этот вулкан (его координаты 5° 31' ю. ш. и 148° 25' в. д.), возвышающийся на 1189 м над ур. м., принадлежит к типу так называемых стратовулканов: количество образующей его лавы приблизительно равно количеству рыхлого пирокластического материала. Ранее он дважды подавал признаки жизни — в 1960 и 1967 гг., но оба раза его активность была слабой.

В этот раз извержение было довольно значительным. Из кратера было выброшено большое количество лепла и пара. 18 июля показался язык лавы, который быстро достиг 1 км в длину и 300 м в ширину. Излияние лавы сопровождалось глухим, но громким рокотом. Извержение Лангилы продолжалось весь июль 1973 г.

«Smithsonian Institution Event Notification Card», № 1681, 1973 (США).

Геохимические методы поисков золота

С 18 по 20 сентября 1973 г. в Чите проходило совещание по применению геохимических методов при поисках и оценке коренных месторождений золота на территории Сибири и Дальнего Востока, организованное Сибирской секцией межведомственного Совета по проблеме «Научные основы геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых», Забайкальским филиалом Географического общества СССР и Читинским территориальным геологическим управлением Министерства геологии РСФСР. В работе совещания приняли участие более 150 представителей различных организаций и ведомств СССР. Обсуждено около 120 докладов по различным проблемам геохимии и геохимическим методам поис-

ков месторождений золота¹.

Геохимия золота, как это было показано в докладе Л. В. Таусона, определяется большой индифферентностью его в магматических расплавах, обусловленной атомарным состоянием вещества и высокой подвижностью вследствие способности к комплексообразованию в постмагматических водно-флюидных системах. Последнее свойство определяет образование широких ореолов рассеяния в породах магматического происхождения.

В верхних частях земной коры, в условиях зоны гипергенеза также сохраняется противоречивость свойств золота, обусловленная, с одной стороны, его инертностью, что способствует образованию механических ореолов, и с другой — способностью образовывать растворимые комплексные соединения с органическим веществом почв, донных осадков, подземных вод, определяющих интенсивность образования солевых ореолов и водных потоков рассеяния. Разумное сочетание поисковых методов, учитывающих особенности проявления геохимических свойств золота в конкретных геологических условиях, — основа повышения экономической эффективности поисковых работ.

Много места в работе конференции было отведено обсуждению результатов внедрения новых геохимических методов исследования в практику поисковых работ, рационального их сочетания с другими поисковыми методами, организационной структуре геологических подразделений, эффективности различных этапов поиска.

С. Л. Шарцев
Кандидат геолого-минералогических наук
Томск

Трудность географических прогнозов

С 16 по 25 октября 1973 г. во Владивостоке проходило V совещание географов Сибири и Дальнего Восто-

¹ Геохимические методы поисков месторождений золота по первичным ореолам. Записки Забайкальского филиала Географического общества СССР, вып. 87, Чита, 1973, стр. 3—161.

¹ Тезисы докладов VII совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. Иркутск—Новосибирск, 1973.

ка, посвященное географическому прогнозированию¹.

Работа велась на трех симпозиумах: прогнозы спонтанных и антропогенных изменений географической среды, прогнозы экономического развития и освоения природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока и методы исследования динамики географических объектов и систем для прогноза.

Совещание позволило выяснить, что прогноз изменений окружающей среды, учитывающий деятельность человека, необходим, но и труден: количественные методы географических прогнозов только намечаются, некоторые возможности прогнозов имеются лишь для узкого круга явлений при заданных заранее условиях хозяйственной деятельности. Несмотря на это, качественное прогнозирование все же возможно и во многих случаях — на основе представлений о взаимодействиях в геосистемах и на основе прошлого опыта в подобных или близких условиях.

Почему движутся лавины?

Значительное расстояние, на которое нередко продвигаются лавины (снежные, песчаные, каменные и пр.), обычно объясняется, помимо других причин, возникновением воздушной подушки в их основании, служащей как бы смазкой. В частности, этим объясняли наибольшее продвижение лавины Шерман на Аляске вследствие землетрясения в 1964 г.

Эта точка зрения подвергнута сомнению в результате анализа необычного продвижения лавины на Луне, вызванной, вероятно, ударом посадочной ступени «Аполлона-17». К. А. Хоуард (США) указывает, что, несмотря на отсутствие атмосферы на Луне, лавина от «Аполлона-17» продвинулась на расстояние, сравнимое с наибольшими расстояниями, прой-

денными лавинами на Земле. Анализ показывает, что частицы, вовлеченные в лавину, не зависят от наличия атмосферы, ведут себя подобно частицам быстро движущейся жидкости. Вероятно, воздушная подушка — не единственный механизм такого явления.

«Science», v. 178, 1973, № 501, p. 35 (США).

Новые находки неандертальцев в Крыму

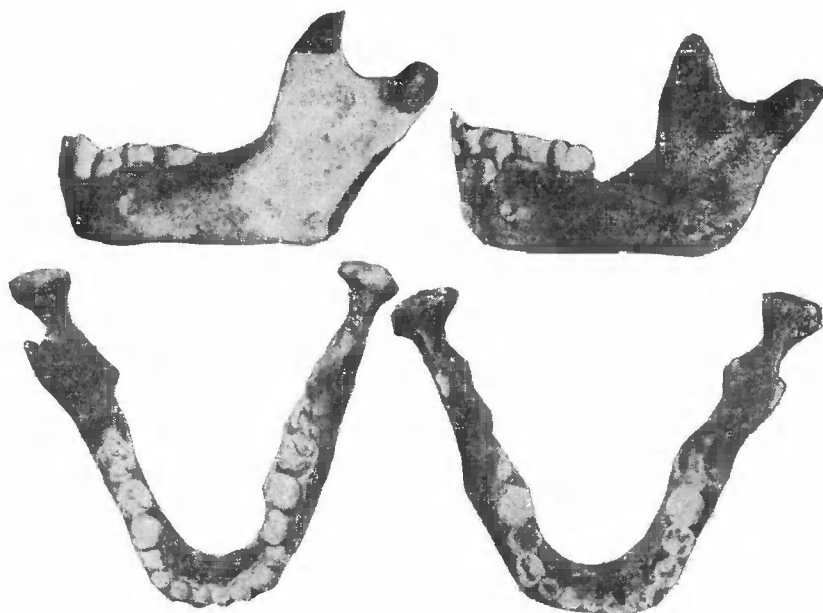
До недавнего времени на территории Крыма были известны остатки ископаемых людей древнекаменного периода из раскопок в четырех пещерах: Киик-Коба и Староселье (ранний палеолит), Фатма-Коба и Мурзак-Коба (мезолит). Теперь этот

список можно дополнить находками на стоянках Заскальная V и Заскальная VI, раскопанных в течение 1969—1973 гг. Крымской палеолитической экспедицией Института археологии АН УССР под руководством Ю. Г. Колосова в районе скалы Ак-Кая близ г. Белогорска. Эти стоянки — одни из древнейших в Крыму; они, как считают археологи, существовали более 50 тыс. лет назад.

Стоянка Заскальная V дала из антропологического материала лишь небольшой обломок затылочной кости взрослой особи неандертальца, на стоянке же Заскальная VI в 1972 г. были найдены обломок нижней челюсти ребенка с тремя зубами, 14 отдельных зубов от этой же челюсти и несколько фаланг пальцев руки. Предварительное изучение этих костей было сделано в Институте антропологии МГУ в Москве.

Уже общий вид реконструированной челюсти свидетельствует о ее принадлежности представителю неандертальского вида человека. На это, прежде всего, указывает строение ее переднего отдела с отсутствием подбородочного выступа и специфичной для неандертальца уплощенностью клыково-резцового отдела, располо-

Нижние челюсти детей неандертальцев: слева — из стоянки Заскальная VI, справа — из пещеры Тешик-Таш. Вверху — вид сбоку, внизу — вид сверху.



¹ V научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока, Владивосток, 1973.



Кости правой кисти руки неандертальского ребенка, найденные в 1973 г. на стоянке Заскальная VI (расположение костей приблизительно).

женного фронтально. Челюсть из стоянки Заскальная VI не похожа на современную также формой и строением восходящей ветви, сравнительной величиной ее венечного и сочленового отростков, глубиной вырезки между ними. Такие очертания челюсти сближают ребенка из Заскальной VI с мальчиком из Тешик-Таша¹ и другими неандертальцами.

Зубы ребенка из Заскальной VI по многим признакам отличаются от зу-

бов современного человека, но по специфическому рисунку рельефа коронки зубов, пропорции их частей, общей форме коронок близки к зубам других неандертальцев. На основании данных о смене молочных зубов постоянными у современных детей можно заключить, что «зубной» возраст ребенка из Заскальной больше всего соответствует состоянию зубов у современных детей в возрасте 10—12 лет.

В 1973 г. на той же стоянке Заскальная VI были открыты кости скелета еще одного ребенка неандертальца более молодого возраста. Найдены отдельные фрагменты костей рук и ног, ребер, остатки позвонков. Особый интерес представляет довольно полный набор костей кисти руки.

Новые открытия в Крыму представляют значительный интерес для решения многих проблем. Это, прежде всего, изучение времени и путей древнейшего заселения человеком территории нашей страны. Находки скелетного материала неандертальского ребенка важны для исследований в области возрастной антропологии древних людей, формирования их физического типа и, в частности, такого важного органа, как рука.

Ю. Г. Колосов
Кандидат исторических наук
Киев
Профессор В. П. Якимов
В. М. Харитонов
Москва

Международный симпозиум по комплексным исследованиям окружающей среды

В Чехословакии с 28 ноября по 1 декабря 1973 г. проходил III Международный симпозиум «Содержание и предмет комплексного исследования ландшафта при охране и создании жизненной среды», организованный Институтом биологии ландшафта Словацкой Академии наук¹. В его работе приняло участие около 100 ученых из ряда стран.

Особое внимание на симпозиуме было уделено понятиям и терминологии. Вызвали интерес работы по применению системного подхода в исследованиях, проведенных Институтом географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР и Институтом географии АН СССР. Специальное заседание было посвящено применению достижений смежных научных дисциплин при комплексных исследованиях окружающей среды.

Во время дискуссий на симпозиуме

¹ Тешик-Таш — пещера в Узбекистане, где в 1938 г. был найден скелет неандертальского человека.

¹ III Международный симпозиум «Содержание и предмет комплексного исследования ландшафта при охране и создании жизненной среды» («Труды и материалы по биологии ландшафта», т. 20). Братислава, 1973.

проведены консультации по теоретическим и методическим подходам разных направлений комплексного исследования ландшафта в географии, экологии и биологии.

В принятом на симпозиуме решении подчеркнута необходимость дальнейшей разработки теоретических подходов при исследовании ландшафтов, обращено внимание на уточнение терминов и понятий, указано на важность применения новых методов при изучении окружающей среды.

Рекомендации симпозиума важны для выполнения такой проблемы СЭВ, как «Охрана экосистем и ландшафтов», а также могут быть использованы в международном сотрудничестве по проблемам окружающей среды.

В. А. Снытко

Кандидат географических наук

Иркутск

Открытие древнего поселения на Алеутах

Раскопками на Алеутских о-вах, проведенными под руководством У. Лафлина (Университет штата Коннектикут, США), открыто на о. Аннангула весьма крупное поселение древнего человека, заселявшего остров примерно 8,4 тыс. лет назад. Найдено около 30 тыс. каменных орудий труда, кухонной утвари и других предметов, в том числе — каменные ножи, скребки, молотки, наковальни, наконечники копий, пестики для растирания охры, палитры для смешивания красок. Все это говорит о процветающем для своего времени обществе, не знавшем, видимо, обычных в древнюю эпоху циклов голодания.

Женщины, старики и дети занимались собирательством моллюсков, осьминогов и других продуктов питания в приливной полосе, а взрослые мужчины — охотой на кита, морского льва и тюленя.

Примерно 7,6 тыс. лет назад поселение было покинуто, очевидно, в связи с поднимавшимся уровнем моря. По-видимому, люди переселились в близлежащий залив Санди Бич-Бей

(где в это время прослеживаются их следы), а затем на о. Чалука. История алеутов прослеживается на протяжении 4 тыс. лет. За этот период можно отчетливо проследить эволюцию алеутской материальной культуры.

«The Sciences», v. 13, 1973, № 2, p. 18 (США).

Ферсмановские чтения

21 декабря 1973 г. в Институте геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР состоялось заседание научной общности, посвященное 90-летию со дня рождения Александра Евгеньевича Ферсмана. Приуроченные к дате рождения ученого (8 ноября), Ферсмановские чтения проводятся ежегодно с 1959 г. и обычно посвящены темам из области геохимии, минералогии, минерального сырья и других наук, в развитие которых А. Е. Ферсман внес большой вклад. В этом году с научным докладом «Академик А. Е. Ферсман — основоположник динами-

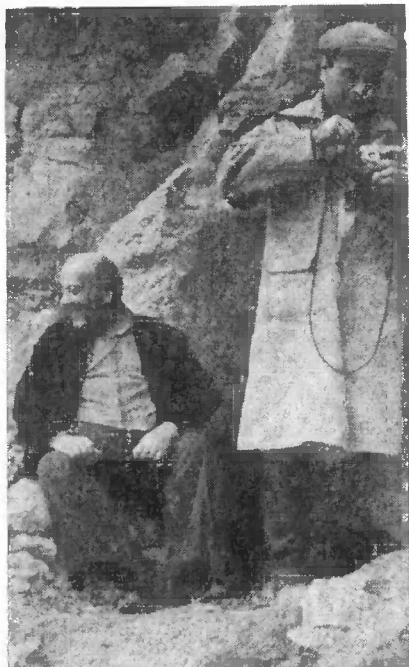
ческой геохимии» выступил Н. В. Белов. Вице-президент АН СССР А. П. Виноградов предложил присутствующим поделиться воспоминаниями о встречах и работе с А. Е. Ферсманом. С воспоминаниями выступили А. Л. Яншин, Д. С. Коржинский, Б. А. Федорович, В. В. Щербина, В. И. Герасимовский, Б. И. Коган, Е. И. Семенов, В. И. Влодавец, И. Б. Боровский, А. Ю. Шпирт.

В предюбилейные дни Академии наук многие из выступавших обращали внимание на те стороны деятельности А. Е. Ферсмана, которые до сих пор мало освещены и связаны с его организаторским талантом. Так, президент Московского общества испытателей природы А. Л. Яншин рассказывал, как Александр Евгеньевич, возглавив организованную им в Москве Комиссию по геолого-географическому обслуживанию Красной Армии при Отделении геолого-географических наук АН СССР, привлекал молодых геологов для решения актуальнейших задач помощи фронту. В самом начале Великой Отечественной войны благодаря А. Е. Ферсману было налажено изучение недр Восточного Урала и Казахстана, что позволило в кратчайшие сроки выявить месторождения марганца и мела — важного сырья для промышленности (Никополь и Белгород были в то время оккупированы немцами). А. Е. Ферсман направил в Казахстан геологов, хорошо знающих эти районы, для поисков солей, необходимых для снабжения Актюбинского комбината.

О большом значении работы А. Е. Ферсмана «Война и стратегическое сырье» рассказал В. И. Герасимовский. А. Ю. Шпирт в своем выступлении сделал акцент на большую роль А. Е. Ферсмана в проводившихся инженерно-геологических работах и связи их с фронтом.

Эти и другие эпизоды из жизни А. Е. Ферсмана, свидетелями которых были выступавшие, — лишь частица огромного вклада, внесенного геологами Академии наук в общее дело разгрома врага.

Министр геологии СССР А. В. Сидоренко в своем письме, адресованном собранию, выразил пожелание, чтобы и в наши дни в деятельности геологов и геохимиков была такая же тесная и



А. Е. Ферсман во время экспедиции по Средней Азии. Декабрь 1940 г. Публикуется впервые.

органическая связь большой теории с конкретной практической деятельностью, как у А. Е. Ферсмана.

Н. Б. Семихатова
Москва

Высшие научные награды США в 1973 г.

11 американских ученых удостоены в 1973 г. «Национальной научной медали» — высшей награды за исследовательскую деятельность в США: Х. Э. Эджертон (Массачусетский технологический институт) — за создание принципиально новых методов стробоскопической фотографии и разработку фотокамер для съемки дна океана; У. М. Юинг (Университет штата Техас) — за работы в области геологии и геофизики морского дна; А. Я. Хааген-Смит (Калифорнийский технологический институт) — за раскрытие химической характеристики и источников смога, что способствовало плодотворной борьбе с этим явлением; Э. У. Сазерленд (Университет в Майами) — за изучение гормональной деятельности в организме человека; Д. И. Арнон (Университет в Беркли) — за работы в области фотосинтеза у растений; Р. Т. Уитком (НАСА) — за изобретательскую деятельность в аэродинамике; Дж. Таки (Принстонский университет) — за развитие идей математической и теоретической статистики; К. Джерасси (Станфордский Университет) — за исследования стероидных гормонов; В. Хенсель (компания «Юниверсал ойл») — за развитие методов каталитического преобразования углеводородов; Ф. Сейтц (Рокфеллеровский университет) — за развитие квантовой теории строения твердого тела; Р. У. Уилсон (Национальная лаборатория ускорителя) — за создание конструкции наиболее мощного ускорителя частиц в мире (Батавия, США) и эксперименты по изучению элементарных частиц.

Четверо из одиннадцати награжденных — натурализованные граждане США.

Коротко

● Новыми правилами, установленными в июле 1973 г., в США предусмотрены более жесткие по сравнению с действующими пределы допустимых выбросов загрязняющих агентов в атмосферу для крупных реактивных самолетов: выбросы окиси углерода должны быть снижены на 60%, углерода — на 70%, окисей азота на 50%.

«Science News», v. 104, 1973, № 2, p. 23 (США).

● Летний сезон 1973 г. оказался близким к максимуму по количеству торнадо в США: за первые 5,5 мес. их отмечено здесь почти 750.

«Science News», v. 103, 1973, № 24, p. 387 (США).

● В 1973 г. в Польше создано 12 новых заповедников общей площадью 450 га; среди них торфяной заповедник в Люблинском воеводстве, а также заповедник на острове Волин, где обитают редкие виды водяной и болотной птицы.

«Польское обозрение», 1973, № 48, стр. 18.

Президиум АН СССР присудил

● золотую медаль имени С. П. Королева 1973 г. — члену-корреспонденту АН СССР Виктору Петровичу Макееву за выдающиеся работы в области ракетно-космической техники;

● премию имени Е. С. Федорова 1973 г. — доктору физико-математических наук Александру Михайловичу Заморзаеву (Кишиневский государственный университет им. В. И. Ленина), доктору физико-математических наук Владимиру Александровичу Копцику (МГУ им. М. В. Ломоносова) и кандидату физико-математических наук Тамаре Серафимовне Кунцевич (Горьковский исследовательский физико-технический институт) по совокупности работ по теории обобщенной симметрии;

● премию имени Н. С. Курнакова 1973 г. — члену-корреспонденту АН СССР Евгению Михайловичу Савицкому за цикл работ по физико-химическому анализу и разработке сплавов тугоплавких и редких металлов, в том числе жаропрочных сплавов и материалов с особыми электрофизическими свойствами;

● золотую медаль имени Д. К. Чернова 1973 г. — доктору химических наук Ивану Ивановичу Корнилову (Институт металлургии им. А. А. Байкова АН СССР) за цикл работ по теме «Металлиды и взаимодействие между ними»;

● премию имени С. Н. Виноградского 1973 г. — доктору биологических наук Георгию Александровичу Заварзину (Институт микробиологии АН СССР) за монографию «Литотрофные микроорганизмы»;

● премию имени К. А. Тимирязева 1973 г. — доктору биологических наук Геннадию Михайловичу Козодубову (Институт леса Карельского филиала АН СССР), кандидату биологических наук Марии Федоровне Даниловой и кандидату биологических наук Андрею Евгеньевичу Васильеву (Ботанический институт им. В. Л. Комарова АН СССР) за «Атлас ультраструктуры растительных клеток».

● Медали Академии наук СССР для молодых ученых 1973 г. по Секции физико-технических и математических наук — кандидату физико-математических наук Андрею Измаилову Субботину (Институт математики и механики Уральского научного центра АН СССР) за цикл работ по процессам управления в конфликтных и неопределенных ситуациях;

● по Секции наук о Земле — кандидату геолого-минералогических наук Александру Арнольдовичу Пэку (Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР) за серию работ по гидродинамическому анализу структурных условий гидротермального рудообразования.

География на переломе

Профессор И. И. Белоусов

Москва

В. А. Анучин. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОГРАФИИ. М., «Мысль», 1972, 430 стр.

Географическая наука находится в стадии напряженных поисков, в стадии перехода от географии описательной к географии конструктивной. Задачи и методы нарождающейся географии во многом еще неясны. Поэтому книги, анализирующие современное состояние этих проблем, вызывают большой интерес. Если еще учесть, что подобных книг мало, то станет понятно, почему рецензируемая монография В. А. Анучина, крупного специалиста, известного глубиной своих взглядов и остротой постановки вопросов, привлекла к себе особое внимание.

Превращение науки в непосредственную производительную силу общества усиливает значение теории для производственной практики. Автор рецензируемой книги поставил перед собой задачу исследовать эту связь применительно к географической науке. В соответствии с исходными положениями книга подразделена на три части: «История идей», «Теория», «Выход в практику».

Высказать соображения по всем этим обширным вопросам в короткой рецензии трудно. Поэтому рецензент принял решение высказать свое мнение о книге лишь в связи с тематикой, которая особенно близка его научным интересам.

В. А. Анучин выступает против концепции «разорванной географии», он сторонник единства географических знаний, комплексной географии.

Поскольку географическая среда все в большей мере приобретает общественный характер, подчеркивает автор, то и в географии усиливаются черты общественной науки. География должна быть не столько описательной, сколько конструктивной. Известный американский географ В. Бун-

ге видит основную цель теоретической географии в том, чтобы ответить на вопрос: «Почему это здесь находится?». «В нашей стране,— пишет В. А. Анучин,— географы ставят свой вопрос несколько иначе, а именно: „Что и почему здесь должно находиться?“» (стр. 109). Рецензент вправе причислить себя к энтузиастам именно такой постановки вопроса. Поэтому хотелось бы знать, как автор предлагает решать эту задачу. Однако, высказав некоторые общие соображения о городах с «наибольшей достигаемостью» и потому с возможностями для роста, о распространении плановых начал, о финансовом воздействии, о прагматизме, о районах как объективной реальности и т. д., автор пишет, что «современная география пока все еще плохо отвечает... на требования жизни» (стр. 129). С ним нельзя не согласиться.

Проблему теории автор ставит широко и выступает за интеграцию не только внутри географии, но и со смежными, не географическими науками. Он ратует за широкое университетское образование, необходимое для управления современным производством, за подготовку географов-комплексников. Но ведь нужный результат нельзя получить простым увеличением суммы знаний студента. Однако как географ превратится в географа-комплексника — пока неизвестно.

В главе о методологии географии уделено большое внимание применению математики. Автор прав: к сожалению, обилие математических символов и новые наименования типа «математическая география» в ряде географических публикаций используются лишь для внешнего эффекта.

С таким же успехом, как о «математической географии», можно говорить о «математической картографии» или «математической экономике» и т. п. Сами математики разъясняют, что математика «просто обеспечивает аппарат для обработки имеющегося материала и язык, на котором описываются результаты»¹, что «цель расчетов — понимание, а не числа»².

Критика автором псевдоматематического подхода к решению географических задач справедлива. Еще более справедливо было бы, на наш взгляд, упрекнуть географов в недостаточной экономической подготовке.

Возможно, этот пробел автору книги кажется менее существенным, поскольку, с его точки зрения, задачи экономической географии гораздо более ограничены, чем это представляется рецензенту. В. А. Анучин считает, что экономической географии не под силу решать проблему размещения производительных сил, поскольку это — проблема общенаучная.

Согласимся, что выбор оптимального варианта развития и размещения производительных сил возможен лишь в результате синтеза многих наук. Но какая же наука должна заниматься этим синтезом? Нам представляется, что конкретные экономические науки решают задачи размещения отдельных производств и отраслей, а задачу оптимального комплексного развития и размещения должна решать конструктивная экономическая география, используя методы районирования производитель-

¹ К. Дьюрелл. Азбука теории относительности. М., «Мир», 1970, стр. 9.

² Р. В. Хемминг. Численные методы. М., «Наука», 1972, стр. 13.

ных сил в сфере производства и сфере обращения.

Незнание, как решить эту задачу, продиктован или уход географов от ее постановки, или бесплодные, на наш взгляд, дискуссии. Примером такой дискуссии может быть спор автора книги с С. В. Калесником и другими по вопросам единства географических знаний в свете все той же проблемы размещения. В книге этой дискуссии уделено много внимания (стр. 275—308). Однако только предложение и обсуждение конкретных методов комплексного развития и размещения могло бы определить, кто из участников спора ближе к истине.

С нашей точки зрения, путь к решению проблемы оптимального комплексного развития народного хозяйства лежит через районирование производительных сил. Это означает создание районных производственных комплексов, формирование зон сбыта и взаимодействие между ними. В сжатом виде этот метод больших экономико-географических систем (БЭГС) рассмотрен в статье рецензента «Экономическое районирование и оптимальное планирование»¹.

Выход в практику автор книги справедливо рассматривает как критерий истины предложенных идей и теорий. Естественно, что практика может относиться к будущему, и, конечно, прав автор, когда осуждает отход от теории ради «практицизма». Верно, теория географии остается «главным фронтом» (стр. 317), но, как уже говорилось, нельзя забывать, что она призвана решить вопрос: «Что и почему здесь должно находиться?».

Прогнозы численности населения на 2000 г., обеспечения его жизнедеятельности, а в связи с этим сельскохозяйственное прогнозирование и экономическая оценка земель (стр. 359—372) — все это важные проблемы, и, поскольку они комплексны, т. е. взаимообусловлены, нельзя, чтобы ими занимались только отраслевые специалисты. Здесь больше всего сделают синтетика, а ими являются географы, и прежде всего экономисты-географы. Они давно осознали

важность этого дела, но пока что в этом направлении делаются лишь первые шаги. Отдельные расчеты не увязаны между собой, их оптимумы изменятся при оптимуме по системе в целом. И от конкретного решения этой проблемы экономисты-географы не могут уйти. Им предстоит научиться и научить других рассчитывать оптимальное комплексное развитие и размещение производительных сил.

Автор справедливо говорит: «Имеющееся отставание географии как фундаментальной науки о среде неизбежно приводит к недостаткам в практике планирования и хозяйственной деятельности» (стр. 392), «опасность представляют подсчеты экономической эффективности, производимые с отраслевых позиций» (стр. 393). Но что же предлагают синтетика, комплектики? К сожалению, такая позитивная часть в книге В. А. Анучина отсутствует, как и в большинстве других работ по географии. Именно это, с нашей точки зрения, вызывает отставание географической науки.

Кто же согласится, что задача географов — предупреждать о необходимости комплексных оценок, а давать их — дело других специалистов? Автор книги тоже так не думает. Он утверждает, что у географов есть все условия, чтобы «выявлять общественно оправданные пределы затрат на увеличение использования тех или иных ресурсов» (стр. 403); что «для этого нужна особая методика» (стр. 403), что экономисты-отраслевники «не в состоянии дать комплексную оценку всего сочетания условий и ресурсов» (стр. 405). Можно ли лучше убедиться в том, что оптимальная комплексная оценка развития и размещения производительных сил — важная задача экономистов-географов? И если географы еще не сделали того, что должны и могут, то главная причина заключается в недостаточности их экономической подготовки.

Нужно лучше вооружиться знанием конкретной экономики, но помнить при этом, что экономикогеографы должны быть синтетиками, а не отраслевиками. В частности, нельзя согласиться с автором книги, ограничивающим участие географов в экономике страны оценкой природы, созданием системы рентных оценок

(стр. 406). Это неизбежно будет отраслевая оценка, против которой выступает автор книги. Объектом комплексной оценки должно быть все расширенное воспроизводство (включая сферу производства и сферу обращения), в котором участвуют общественные и природные ресурсы. Техническую сторону комплексной оценки в общем виде можно представить так.

Формируется задача, состоящая из первоначальной модели, подлежащей усовершенствованию, показателей, с помощью которых оценивается и совершенствуется модель, и ограничительных условий, подлежащих учету при оценке. Из множества вариантов модели выбирается оптимальный по минимуму затрат, что осуществляется с помощью математических методов линейного программирования. Это и есть метод больших экономико-географических систем (БЭГС).

Книга В. А. Анучина интересна. Она показывает, что географическая наука, ее теория и практика находятся на переломе. Это переход от привычного описания к конструктивной географии, где требуются обоснования предлагаемых решений, обязательно комплексных и рассчитанных по минимуму затрат. Большая заслуга автора книги в том, что он поднял проблему оптимальных комплексных решений. Теперь уже нет сомнений, что мы стоим на пороге нового этапа — этапа обсуждения конкретных методов комплексных оценок.

В книге обстоятельно рассматриваются и другие важные проблемы. Наши критические замечания по существу преследуют одну цель: обратить внимание на недостаточность одних общих соображений (этим нередко грешат авторы и других работ по теории географии) и подчеркнуть значение исследования больших географических систем, обеспечивающих внедрение в практику действительно оптимальных решений. Здесь интересы авторов книги и рецензии совпадают, поскольку В. А. Анучин подтверждает, что «описания и характеристики перестали соответствовать современным требованиям» (стр. 365), и призывает географов к активному участию в создании оптимальной структуры народного хозяйства.

¹ «Вестник МГУ. География», 1970, № 3, стр. 3.

Поиски общих закономерностей живого

В. П. Алексеев
Доктор исторических наук

Москва

А. С. Серебровский. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ. М., «Наука», 1973, 168 стр.

Нелегко писать о книге, посвященной общим проблемам эволюции, потому что их решение связано с большим кругом вопросов и трактовкой очень разных по характеру материалов. Тем более трудно оценивать такую книгу, если она написана почти 35 лет тому назад (рукопись книги была закончена в 1939 г.), а вышла только сейчас и несет на себе груз отставания от современного уровня науки. Эта судьба постигла почти все крупные труды А. С. Серебровского — они стали известны, когда наш запас конкретных знаний неизмеримо превзошел то, что было известно в конце 30-х годов. И тем не менее можно с уверенностью сказать: его книги на редкость современны и воспринимаются как живое и свежее слово науки сегодняшнего дня¹.

А. С. Серебровский был исключительно сильной творческой личностью. Общеизвестен его вклад в разработку теории сложного строения гена, фундаментальных аспектов селекции, в формулирование основных положений геногеографии. Крупный труд А. С. Серебровского «Генетический анализ», опубликованный лишь в 1970 г. изд-вом «Наука», показал, как велики были его достижения в математическом и вообще формализованном в широком смысле слова истолковании явлений генетики индивидуума и генетики популяций; к сожалению, многие из этих достижений вошли в золотой фонд генетической теории позже и уже из работ зарубежных генетиков. Надо еще доба-

вить, что А. С. Серебровский не только выдвигал новые концепции, но и разрабатывал их на самом разнообразном экспериментальном материале, умел довести их не только до большой теоретической ясности, но и до конкретных приложений.

Однако, на мой взгляд, обаяние и значение трудов А. С. Серебровского не только в этом. Он был ярко выраженный ученый-романтик¹. Поиск нового, оригинальность и неожиданность решений, полное отсутствие боязни порвать с традицией, наконец, просто исключительная смелость в оценке нового — все это создает образ не только выдающегося, но и очень привлекательного деятеля науки. Страстность А. С. Серебровского в отстаивании своих идей, бескомпромиссность в дискуссиях о судьбах и значении генетических исследований, активное внедрение генетических методов селекции в практику сделали его одним из самых действенных защитников генетики против демагогических нападок.

Рассматриваемая книга отражает еще более высокий уровень обобщения биологических явлений, чем ранее опубликованные книги А. С. Серебровского — «Селекция животных и растений» и «Генетический анализ». Речь идет в ней об основных закономерностях онтогенеза, соотношении генотипа и фенотипа, путях формирования генома, филогенетическом развитии организмов, наконец, о роли естественного отбора на разных уровнях

эволюции живого. Однако это не механическое соединение важнейших тем эволюционной биологии, содержащее интересные соображения по отдельным вопросам. Изложение основных проблем эволюции органического мира связано у А. С. Серебровского единой цементирующей идеей. Эта идея — последовательное применение философской категории противоречия к трактовке биологических процессов, сознательное использование диалектико-материалистической философии в конкретном анализе фундаментальных биологических проблем. Кстати сказать, первоначально книга называлась «Противоречие как основной механизм биологической эволюции».

Задача, которую ставит перед собой и решает А. С. Серебровский, сродни той, которую ставит перед собой современная биология, стремясь превратиться в «теоретическую биологию». Это поиск таких общих принципов, исходя из которых можно было бы объяснить основные свойства живых систем и их динамику в индивидуальном развитии и в эволюции. И в этом отношении можно только поражаться прозорливости А. С. Серебровского, несколько десятилетий тому назад вступившего на тот путь, на который биология ощупью вступает лишь сейчас¹. Путь этот, нужно откровенно признаться, не дал пока особенно плодотворных результатов. Современные лидеры этого направления Л. Бертаманфи и Н. Рашевский

¹ См., например: Н. И. Шапиро. О двух книгах А. С. Серебровского. «Природа», 1971, № 2.

¹ См. об этом: А. А. Малиновский. К вопросу о путях исследования условий творческого процесса. «Научное творчество», М., «Наука», 1969.

¹ На русском языке см.: На пути к теоретической биологии. I. Прологемы. М., 1970. Рецензия: Л. В. Белоусов. Наброски новой науки. «Природа», 1970, № 12.

стремятся подойти к анализу жизненных процессов не через понимание их структуры и структуры самих организмов, а через исследование проявлений этих процессов и выдвигают концепции, разумно объясняющие отдельные стороны жизни, но в то же время не могущие пока претендовать на объяснение жизни в целом. Неполна и система постулатов А. С. Серебровского: с помощью одной только категории противоречия, даже привлекая понятие естественного отбора (а отбор в качестве мощной силы фигурирует во всей концепции А. С. Серебровского, бывшего последовательным, я бы даже сказал, ортодоксальным дарвинистом), нельзя построить теоретической биологии. Категория противоречия оказывается слишком общей; в конце концов любое развитие есть конкретное выражение каких-то противоречий. Сам факт, что разные подходы в стремлении уяснить динамику жизненных процессов кажутся нам одинаково разумными и в то же время не исчерпывающими, свидетельствует как о том, что для выбора между ними не настало время, так и о сложности проблемы.

Однако А. С. Серебровский получил замечательные частные результаты. К их числу относится прежде всего содержательная трактовка онтогенеза. Вопросам периодизации онтогенеза и пространственной дифференциации организма посвящено огромное число работ, но причинное объяснение обоих феноменов далеко от желаемой ясности. В свете концепции противоречия А. С. Серебровский без затруднения находит причину стадийности онтогенетического развития в противоречивости и разной адаптивной ценности начальных и конечных стадий онтогенеза. Эта противоречивость закономерно требует обособления первых от вторых и, как пишет автор, «...предоставления им некоторой свободы, независимости в эволюции одного от другого» (стр. 21). Такое дробление переносит противоречивость начальных и конечных стадий развития на более низкий уровень и создает на этом уровне ту же относительно автономность начала и конца отдельных стадий. Поэтому дробление онтогенеза и его стади-

альная организованность, включение в онтогенез метаморфозов — не случайность, не прихоть природы, а закономерный процесс проявления глубинных адаптаций в возрастной динамике. Пожалуй, никто до А. С. Серебровского не подчеркнул это с такой силой и не связал это с единым общим принципом. Показ действия этого принципа еще усилен генетическими соображениями об адаптивной ценности разной проявляемости генов в фенотипе на последовательных участках онтогенеза, что также наиболее благоприятным образом достигается обособлением онтогенетических стадий.

Плодотворность общего принципа, положенного в основу рассмотрения главных закономерностей эволюции, демонстрируется и другими примерами. Пространственная дифференциация, например, возникает на основе противоречий между внешним и внутренним, а также между разными участками тела и их неодинаковым значением в поле тяготения. Рядом ярких фактов иллюстрируется противоречие между полами в ходе эволюции: самки выступают часто как хранители видовой информации, самцы возмущают ее и в силу своей подвижности способствуют у многих видов ускорению эволюции. Многочисленные случаи ортогенетического развития объяснены на основе положения о ведущем факторе эволюции, который приобретает все большее значение по мере того, как эволюционное развитие канализуется определенным образом. Иными словами, чем важнее какое-то противоречие для данной стадии эволюции, тем сильнее действует отбор и тем быстрее идет эволюция в уже заданном этим противоречием направлении.

С А. С. Серебровским нельзя только соглашаться. Парадоксальность некоторых его утверждений заставляет с ним спорить. Помимо отмеченной выше известной условности общего подхода, подчеркну недооценку чисто механических приспособлений в процессе антропогенеза. Современными исследованиями все сильнее выявляется большая роль биомеханических факторов в эволюции и особенно в процессе эволюции человека, при переходе к прямохождению и

резком изменении всех или почти всех биомеханических характеристик.

Нечего и говорить, что все изложение иллюстрировано самыми разнообразными примерами, показывающими, как справедливо пишут авторы предисловия к книге М. М. Камшилов и И. Т. Фролов, исключительную эрудицию автора, особенно удивительную сейчас, в эпоху специализации наук. Нет сомнения, что А. С. Серебровский был одним из самых образованных биологов современности.

В заключение не могу не отметить огромной заслуги изд-ва «Наука», которое делает доступными для нас оставшиеся в рукописях труды В. И. Вернадского, Н. И. Вавилова, И. И. Шмальгаузена, А. С. Серебровского и других крупнейших русских естествоиспытателей. Эти труды вводят в науку интереснейшие идеи и будят мысль, в чем и состоит их непреходящее значение.

Новые книги

С. П. Кучеренко. ЗВЕРИ У СЕБЯ ДОМА. Записки дальневосточного охотоведа. Хабаровское книжное издательство, 1973, 318 стр., ц. 67 к.

Автор книги — биолог и охотовед — за время своих многолетних странствий собрал интереснейшие материалы по млекопитающим Приамурья и Приморья. В книге, посвященной зверям этого региона, он использовал и личные наблюдения, и опросные данные, и литературные источники. Книга состоит из вступительной главы «Природа края» и из глав, посвященных соответственно хищным, копытным, грызунам, редким и исчезающим видам. Каждому зверю посвящен отдельный очерк, дающий представление о его ареале, биологии, поведении, хозяйственном значении. Последняя глава знакомит читателей с проблемами охраны природы юга Дальнего Востока.

Книга иллюстрирована рисунками, фотографиями, картами. Рассчитанная на массового читателя, она представляет интерес и для специалистов-зоологов.

Третье издание, сокращенное и искалеченное

Л. В. Бардунов
Доктор биологических наук
Иркутск

А. С. Серебровский. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГУЛКИ. М., «Наука», 1973, 3-е издание, сокращенное. 167 стр.

Трудно, наверное, найти биолога, который бы не знал, не читал, а главное, не любил бы книгу члена-корреспондента АН СССР А. С. Серебровского «Биологические прогулки». Эта удивительная книга в сердцах биологов многих поколений (да и не только биологов) оставила яркий след. С огромной художественной силой автор раскрывает перед читателем мир увлекательнейших проблем биологии, причем делает это на самом будничном, предельно доступном материале, «который наверное подвернется вам под ноги, если вы выйдете за город»¹.

«Биологические прогулки» издавались дважды. Первый раз в 1923 г., второй — в 1947 г. Второе издание, переработанное и подготовленное к печати самим автором, вышло уже после его смерти. Оба издания давно, конечно, стали библиографической редкостью.

Надо ли говорить, с каким нетерпением ожидался выход в свет третьего издания, объявленного в плане издательства «Наука» на 1973 год?

И вот книга в руках читателей. Первое же знакомство с ней приглушает возникшее было чувство радости. На титульном листе указано, что издание сокращенное. Сравнение объемов второго издания (послужившего, надо полагать, исходным для третьего) и третьего показало, что третье издание меньше второго примерно на 12—15%.

Нужно ли было сокращать эту книгу, особенно имея в виду, что она и так весьма компактна? Конечно, нет.

Даже если бы издательство, стесненное, скажем, нехваткой бумаги, стояло перед дилеммой: или сильно сократить книгу или не издавать ее вообще, — надо было бы крепко подумать, прежде чем решиться выпустить вот такое усеченное издание. Видимо, победил аргумент: лучше сокращенная книга, чем никакой. Спорное решение. Но оно осуществлено, и говорить, наверное, нужно уже не о самом факте сокращения, а о его характере.

Естественно было предположить, что сокращению подвергнутся более или менее значительные куски сплошного текста, выбранные по какому-либо принципу, но зато уж весь остальной текст будет оставлен в неприкосновенности. Кто-то решил иначе: «экономной» рукой пройти по всему тексту, нигде не производя крупных изъятий, но всюду выкидывая понемногу. Сокращались абзацы, предложения, куски предложений, отдельные слова. Сокращения производились не как попало, в них видна определенная система. Усечению в первую очередь подвергалось все то, что не несло явной и непосредственной утилитарной нагрузки. Яркие эпитеты, сочные, колоритные сравнения, «лирические отступления» — все это вымарывалось.

О какой-либо ненарушенности текста после этого говорить, конечно, уже не приходится. То, что такое сокращение (являющееся, по сути дела, правкой) ломало весь строй глубоко продуманного и тщательно отшлифованного текста, его музыкальность, образность, поэтичность, — страшно вымолвить, — кажется, совсем не беспокоило редакторов. То, что изъятия

даже нескольких слов делали иногда непонятным дальнейший текст, тоже, видимо, никого не волновало. Иначе как объяснить хотя бы вот этот пример?

«Можно думать, что этим достигается известная экономия строительного материала — принцип, необыкновенно распространенный в органическом мире (собираясь на экскурсию, вспоминайте это)» (третье издание, стр. 63).

Но почему, собираясь на экскурсию, мы должны вспоминать об экономии строительного материала? Экскурсия ведь не стройплощадка. Такой вопрос не возникает при чтении второго издания книги. Там этот отрывок выглядел следующим образом:

«Можно думать, что этим достигается известная экономия строительного материала — принцип, необыкновенно распространенный в органическом мире, где широко брошен лозунг: „ничего лишнего, только необходимое“ (собираясь на экскурсию вспоминайте этот лозунг)» (второе издание, стр. 73).

Но только одних сокращений показалось мало. Поэтому была произведена огромная по масштабам переработка всего текста — даже и в тех случаях, когда она не была обусловлена сокращением и не вела к нему. Вот несколько примеров.

Третье издание:

«Неужели в борьбе за существование, в которой прежде всего имеют значение рост, способность к усвоению питательных веществ, мощь корневой системы и кроны, способность противостоять засухе и морозу, недостатку питательных веществ, болезням, нашествию иноплемennых и т. д.,

¹ А. С. Серебровский. Биологические прогулки. 2-е изд., М., «Советская наука», 1947, стр. 8.

маленькие сережки будут играть решающую роль?» (стр. 82).

Второе издание:

«Неужели на весах счастья, где на чаши брошены рост, способность к усвоению питательных веществ, мощь корневой системы и кроны, способность противостоять засухе и морозу, голоду, мору, трусу и нашествию иноплемennых,— маленькие сережки окажутся мечом Алариха?» (стр. 92).

Третье издание:

«Рак, навеки лишившийся клешней, беззащитен и обречен на гибель» (стр. 25).

Второе издание:

«Рак, навеки лишившийся клешней,— несчастный рак» (стр. 31).

Третье издание:

«Но не таков человек, очарованный окружающей его природой» (стр. 50).

Второе издание:

«Не такова душа, очарованная миром» (стр. 58).

Нетрудно заметить, что в приведенных примерах «отредактированный» текст больше «неотредактированного». На фоне значительного сокращения объема книги это выглядит почти расточительством.

Вот еще несколько примеров правок, не связанных или мало связанных с сокращениями.

Третье издание:

«Этот интересный пример показывает, что, говоря об определенном рисунке на крыльях траурницы, мы имеем в виду бабочку, выведшуюся лишь в более или менее типичных условиях для данной географической зоны, и поэтому называемой „нормальной“» (разрядка моя.— Л. Б.) (стр. 8).

Второе издание:

«Этот интересный пример показывает нам, что когда мы говорим, что у траурницы рисунок такой-то и такой-то, то при этом мы мысленно имеем в виду бабочку, выведшуюся лишь при более или менее определенных условиях, часто встречающихся в данной географической зоне и поэтому признаваемых нами за „нормальные“» (стр. 12).

Третье издание:

«...и в полной мере наслаждаются первенцы весны золотыми лучами солнца» (стр. 18).

Второе издание:

«...и полной чашей пьют первенцы весны золотистую небесную благодать» (стр. 22).

Третье издание:

«Обратили ли вы внимание на то, что он (березовый веник.— Л. Б.) очень мало страдает при употреблении, когда им парят-ся?» (разрядка моя.— Л. Б.) (стр. 135).

Второе издание:

«А обратили ли вы внимание на то, что иной дюжий бородач с испуганием хлещет себя березовым веником и веник очень мало от этого страдает» (стр. 146).

Правок, подобных приведенным выше,— множество.

Но еще больше, так сказать, мелких правок — замен отдельных слов в предложении. Замены слов произведены прямо в баснословном масштабе: десяток-полтора на одной странице — совсем не редкость. Замены самые разнообразные. «Вешний» заменяется на «весенний», «твари» — на «животные» или «организмы», вместо «хоть» пишется «хотя», вместо «наше» — «ваше». «Нутряные силы», конечно же, заменены «внутренними», «воняет» (фу, как грубо!) редактор заменил «деликатным» «пахнет». В слове «чудилось» редактору, вероятно, почудилось что-нибудь мистическое; это слово заменено на «казалось». Такую же мистику, а может, и что похуже усмотрел редактор и в слове «молиться»: вместо него в третьем издании стоит «любоваться». «Родич» заменен «родственным», вместо «брыкучей» появилась «неприятная», вместо «прислушиваются» — «реагируют», «тихие» заменены «скромными», «дивные» — «удивительными». Шутливое «местов нету» тоже пришлось не по вкусу редактору, в третьем издании вы найдете «все места заняты».

И — совсем уж фантастично — вместо «нет» (второе издание, стр. 26) «да» (третье издание, стр. 21).

Но это еще не все. Как одна из форм редакторской правки широко применена перестановка порядка слов в предложении. На каждой странице вы сталкиваетесь с иной разбивкой текста на предложения. Во многих случаях убраны поставленные автором кавычки, нередко они отнесе-

ны к другим словам. Исчезла сравнительно широко использовавшаяся во втором издании разрядка. Убрано большинство разделов внутри глав. По-инному выделены очень многие абзацы. Из шести эпиграфов только один тот же, что был и во втором издании, два заменены, три убраны вообще.

Словом, применены, кажется, все возможные виды редакторской правки, и притом сверх всякой разумной меры.

На выбранной наугад стр. 34 оказалось изъято слов — 23, заменено — 15, кроме того, в двух случаях произведена перестановка порядка слов и в двух — убраны кавычки. Итого 43 правки на одну страницу. На стр. 119 изъято слов — 22, заменено — 10, другие виды правок употреблены четыре раза. Всего, следовательно, 36 правок. Больше 25 правок на стр. 60.

Итог: нет ни одной страницы, где бы текст в той или иной степени не был нарушен.

Сопоставление текстов третьего и второго изданий «Биологических прогулок» ставит перед читателем ряд недоуменных вопросов.

Зачем понадобились все эти многочисленные и многообразные правки? Были ли вправе редакторы отступать от авторского текста, нарушать и искажать его? Да еще в таких масштабах? Неужели надо доказывать, что блестящий стилист А. С. Серебровский не нуждается ни в исправлениях, ни в «улучшениях», тем более таких, какие в изобилии сделаны в третьем издании и примеры которых приведены выше? Неужели тот факт, что автора нет в живых (об этом, кстати, в предисловии к книге не упомянуто), дает кому бы то ни было право расправляться текстом книги (уже публиковавшейся!) по своему усмотрению?

«Биологические прогулки» вошли в золотой фонд отечественной научно-популярной литературы, это классика, переиздание которой обязывает к предельной внимательности и бережности. Если уж без редакторских поправок в каких-то случаях никак нельзя было обойтись, нужно было, не меняя текста, дать их в примечаниях. Все это вроде бы элементарно и вроде бы обязательно для испол-

нения. Между тем ни одно из многочисленных изменений текста в третьем издании никаким образом не оговорено.

Для «полноты картины», характеризующей третье издание «Биологических прогулок», можно добавить еще несколько штрихов.

Например, не обращено внимание читателя на разноречивость в наименовании

ветреницы, которая и во втором и в третьем изданиях в тексте названа лютичной, а в подписи к рисункам — лютиковой. Не исправлена ошибка с отнесением растения Петров крест к семейству норичниковых. На стр. 46 читатель отсылается к цветному рисунку, которого в книге нет.

Если можно спорить относительно того, нужно ли было издавать эту кни-

гу в сокращенном варианте, то нет никаких сомнений, что издавать ее в таком виде, конечно, не следовало.

Столь бестактное и безжалостное обращение с книгой А. С. Серебровского «Биологические прогулки» — одной из лучших научно-популярных книг по биологии, когда-либо выходявших на русском языке, — достойно, как минимум, сожаления.

Новые книги

■ **НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО.** Международный ежегодник. 1974, М., «Знание», 1974, 400 стр., ц. 2 р. 80 к.

Очередной ежегодник «Наука и человечество» открывается очерком, посвященным 250-летию Академии наук СССР, в котором рассказано почти о ста русских и советских ученых, внесших наиболее фундаментальный вклад в развитие мировой науки.

Основное содержание сборника традиционно разделено на несколько тематических частей. Этот выпуск состоит из разделов «Человек», «Земля», «Микромир», «Вселенная», «Технический прогресс», в которых публикуются статьи о нейрофизиологических исследованиях психики, о дрейфе континентов, о радиосумах околоземного пространства, о нейтронных и коллапсирующих звездах, о нелинейных явлениях в плазме, об ультразвуковой резке и сварке биологических тканей и многие другие. Включает книгу раздел «Летопись науки», в котором отмечены основные научные события 1972 г. Среди авторов сборника — известные советские ученые, такие как В. П. Щеглов, И. М. Франк, Б. Б. Кадомцев, Я. Б. Зельдович, Л. Ф. Верещагин, и видные представители зарубежной науки.

Настоящий выпуск ежегодника, как и предыдущие, отвечает своему девизу: «Доступно и точно о главном в мировой науке».

■ **«САЛЮТ» НА ОРБИТЕ.** Колл. авт. М., «Машиностроение», 1973, 160 стр., ц. 1 р. 27 к.

Еще задолго до начала космической эры К. Э. Циолковский предви-

дел возможность появления «эфирных поселений», прообразом которых являются обитаемые орбитальные станции. Наш знаменитый соотечественник писал: «Человечество не останется вечно на Земле, но в погоне за светом и пространством сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство».

В основе книги — материалы научной работы погибшего героического экипажа первой в мире долговременной орбитальной станции «Салют» — летчиков-космонавтов СССР Г. Т. Добровольского, В. Н. Волкова, В. И. Пацаева.

Впервые описаны конструктивные особенности и научное оборудование станции «Салют». Приведены обширная информация и документы о полете станции, отрывки из дневников и записных книжек космонавтов, фрагменты стенограмм их радиопереговоров с Центром управления полетом. Обобщены материалы выполненных на борту станции научных исследований и экспериментов.

Книга прекрасно проиллюстрирована уникальными фотодокументами бортовых съемок, наиболее интересными кадрами бортовой кинохроники, цветными схемами и фотографиями. Подготовленная группой ведущих специалистов по ракетной технике и космонавтике, книга рассчитана на самые широкие круги читателей, интересующихся проблемами космических исследований.

■ **Г. Сиборг, У. Корлисс. ЧЕЛОВЕК И АТОМ.** Перев. с англ. И. Г. Почиталина. Под ред. В. Ф. Кулешова. Предисл. М. Д. Миллионщикова. М., «Мир», 1973, 366 стр., ц. 93 к.

Эту книгу, состоящую из трех частей: «Атомные средства», «Использование атомных инструментов» и «Атом и общество», — можно считать популярной энциклопедией, отражающей современное состояние и перспективы атомной энергии. Авторы рисуют подробную и увлекательную картину, как они говорят, «атомного репертуара», в который входит получение дешевой неисчерпаемой энергии без загрязнения биосферы, использование ядерных взрывов при добыче полезных ископаемых и строительных работах, исследование космоса и подводного мира, опреснение соленой воды, увеличение продуктов питания и многое другое.

«Вряд ли следует удивляться тому, — пишут Г. Сиборг и У. Корлисс, — что источник энергии, с которым мир познакомился через разрушительную мощь такого чудовищного оружия, как атомная бомба, еще долгое время будет внушать страх людям... Однако непрослительно, что в области мирного использования атома, столь важной для удовлетворения нужд всего человечества, мы до сих пор не сумели рассеять страх и преодолеть сопротивление. Вот почему мы с радостью воспользовались возможностью написать книгу, которая собрала бы все частички воедино и сумела бы создать всеобъемлющую картину отношений между человеком и атомом».

Особую ценность книги определяет то, что один из ее авторов, лауреат Нобелевской премии Гленн Сиборг, внес большой личный вклад в решение важнейших проблем атомной науки и техники.

■ **Д. В. Шама.** СОВРЕМЕННАЯ КОСМОЛОГИЯ. Перев. с англ. В. А. Согласнова. Под ред. Н. С. Кардашова. М., «Мир», 1973, 254 стр., ц. 84 к.

Книга, которую написал профессор Оксфордского университета Д. В. Шама (D. W. Sciama), посвящена одному из самых интересных направлений современной астрофизики. Открытия последних лет, сделанные в астрофизике, привели к такой революции в наших знаниях и понимании Вселенной, подобной которой не было за всю историю человечества. В книге сделана попытка в популярной форме рассказать об истории этой революции для читателей, не обладающих специальной математической подготовкой. Положительным качеством книги является стремление автора показать, что большая часть проблем все еще остается нерешенной и в то же время развитие этой области науки продолжается.

Книга, безусловно, заинтересует и студентов, и специалистов — астрономов, физиков и философов.

■ **Льюис Кэррол.** ИСТОРИЯ С УЗЕЛКАМИ. Перев. с англ. Ю. А. Данилова. Под ред. Я. А. Смородинского. М., «Мир», 408 стр., ц. 1 р. 56 к.

По мнению Бертрانا Рассела, увлекательную сказку «Алиса в Стране Чудес», принадлежащую перу английского математика Ч. Л. Додгсона (такое подлинное имя Л. Кэррола), нужно причислить к книгам только для взрослых, ибо она ставит перед читателем множество тонких логических и философских вопросов. Справедливость этих слов подтверждается тем, что эту сказку цитируют ученые разных специальностей, включая и такие (например, семиотику и семантику), которых во времена Кэррола еще не было.

Русский читатель давно знаком с лучшим и наиболее знаменитым произведением Кэррола: первый перевод «Алисы в Стране Чудес» относится к

1879 г., последний — к 1968. Гораздо менее известны его математические головоломки и логические парадоксы. В книге «История с узелками» они собраны и переведены на русский язык впервые. «Высочайшим достижением Кэррола следует считать два логических парадокса „Что черепаха сказала Ахиллу“ и „Аллен, Браун и Карр“, — пишут в предисловии к книге переводчик и редактор. — ...Публикуя настоящий сборник, мы надеемся приоткрыть дверь в Страну Чудес, не менее удивительную, чем та, в которой побывала Алиса».

Книга рассчитана на широкие круги читателей, интересующихся математикой.

■ **В. С. Губарев.** ОТ КОПЕРНИКА ДО «КОПЕРНИКА». М., Политиздат, 1973, 128 стр., ц. 23 к.

В прошлом году человечество отметило 500-летие со дня рождения гениального польского астронома Николая Коперника. Книга посвящена Копернику, астроному-революционеру и «Копернику»-спутнику, на борту которого находилась аппаратура для проведения советско-польского эксперимента по изучению солнечно-земных связей. Прочитав книгу, читатель совершит увлекательное путешествие в пространство и во времени — познакомится с историческими местами, связанными с именем замечательного ученого, посетит советский космодром, побеседует с польскими и советскими учеными, участниками совместного космического эксперимента.

■ **Е. М. Шусторович.** ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ. Сущность и проблемы. М., «Наука», серия «Современные тенденции развития науки», 1973, 232 стр., ц. 41 к.

Несмотря на то, что последние полтора десятилетия озаменовались огромными успехами в синтезе и определении структур химических соединений, сущность большинства химических процессов во многом не ясна. Все еще не удается дать математического определения самому понятию химической связи. Невозможно и точное решение уравнения Шредингера для атомно-молекулярных систем.

«Основные проблемы теории химической связи, — пишет автор книги, — порождаются главным образом тем несоответствием, которое существует между желанием и возможностями, или, конкретнее, между квантовомеханическим идеалом и реальным способом его воплощения».

В книге основное внимание уделено теории молекулярных орбиталей, которая, хотя и далека от «квантовомеханического идеала», однако включает наиболее общие физические представления об электронном строении молекул, использует математический аппарат, удобный для количественных расчетов на компьютерах, и потому более других теорий пригодна для описания химических структур.

Автор считает свою книгу популярной, но адресует ее главным образом химикам, заинтересованным в самостоятельной оценке различных теоретических положений химии.

■ **А. Г. Понугаева.** ИМПРИНТИНГ (запечатление). Отв. ред. А. Д. Слоним. Л., «Наука», 1973, 102 стр., ц. 34 к.

Книга знакомит читателя с одной из проблем этиологии — проблемой импринтинга. Этим термином обозначают особую форму обучения, отличную от ассоциативной. Если показать какой-нибудь предмет детенышу млекопитающего или птенцу в первые часы его жизни, то у него вырабатывается особое предпочтение к этому предмету, выражающееся, например, в «реакции следования» за предметом при его движении. В книге изложены результаты работ зоологов и психологов, в основном иностранных. Рассматривается биологическое значение импринтинга, влияние его на выработку условных рефлексов, на групповое и половое поведение животных. Дальнейшие перспективы исследования этого явления связаны с применением электрофизиологических и биохимических методов. В настоящее время в таком направлении сделаны лишь первые шаги.

Швивтовы размышления о разных материях

Публикуемые афоризмы перепечатаны из научно-популярного журнала Петербургской академии наук «Сочинения и переводы, к пользе и увеселению служащие» за апрель 1760 г. (стр. 335—353). Об истории и содержании этого журнала говорится в статье Э. А. Лазаревич (стр. 56 настоящего номера «Природы»). «Швивтовы размышления» печатались с указанием: переведено из бременских «Сочинений, к увеселению разума служащих».

*

Наука есть сильнейшая и изряднейшая вещь в свете для искусного человека, а для неискусного самая вреднейшая.

*

Каждый человек столько суеты самым делом имеет, сколько недостает у него разума.

*

Никто не должен стыдиться в признании, что он погрешил. Через сие только сказывает другими словами, что он сего дня умнее стал, нежели как вчера был.

*

Страсти наши подобны падучей болезни, которая нам хотя на несколько времени дает силы, однако тем в большее после приводит бессилие.

*

Ежели кто сердится, тот за пороки других мстит самому себе.

*

...Самые спорильщики подобны бьют точным охотникам, потому что все их увеселение состоит только в бегании за зверьми, а и спорильщик

не больше о справедливости старается, как охотник о зайце.

*

Библия в диспутах подобна равному месту в военное время, которое обеим сторонам полезно. Каждый употребляет оное в настоящее время и после оставляет потомкам своим к тому же употреблению.

*

Многие старики беспрестанно хвалят времена своей младости и с охотою хотят нас уверить, что в то время дураков не было: но, к великому несчастию, они сами тому примером.

*

Когда мы молоды, то рабски стараемся приобрести, чем бы мы в старости могли жить спокойно, а когда состареемся, тогда уже видим, что уже поздно жить по нашему намерению.

*

Самую большую прибыль, которую кто-нибудь, по мнению моему, имеет оттого, что свет почитает его за разумного человека, есть сия: что свободно он себя дураком представляет и жет.

*

Кто солжет, тот не видит, что он предпринимает. Потому что он принужден еще двадцать раз солгать для подтверждения первой лжи.

*

Трусливой человек подобен ни к чему годным лошадям, которые не имеют больше смелости и бодрости, как сколько надобно, чтобы быть вредными.

*

Многие люди способны быть разумными, а еще больше быть учеными; но весьма немногие, кои бы могли быть великодушными.

*

Столь же неучтиво говорить в компании с глупым что-нибудь разумное, сколь непристойно говорить в компании с кем тайно. Он ни то, ни другое не любит. Ибо он не знает, что говорено.

*

Дозволяй твоим неприятелям читать твои письма для исправления, ибо твой искренней приятель так же будет рассуждать, как и ты.

*

Чтоб всех разумных... народов в свете привести к одной вере, к тому ничего больше не достает, как только, чтоб они ежедневно между собой разговаривали.

*

Невозможное дело, чтоб злонаправленный человек был доброжелатель отечеству. Как будет тот десять тысяч человек любить, которой и одного никогда не любил?

*

Скорое и безопасное средство получить характер разумного и мудрого мужа есть сей: ежели кто вам скажет свое мнение, то всегда должно с оным согласоваться.

*

Сие есть нечто обыкновенное, что те люди самые лучшие, которые наибольшее от клеветников обижены бывают. Те плоды всегда самые лучшие, которые клюют птицы.

*

Хотя бы король был человек и бедной, только б мог наших неприятелей содержать в страхе и нас защищать, то сего и довольно. Пугало есть вещь, из соломы сделанная, однако хлеб оберегает.

*

Кто когда щастливо ласкал своему приятелю, тот необходимо должен почитать себя за обманщика, а приятеля своего за дурака.

Свифтовы ли «швивтовы»?

В. С. Муравьев
Москва

«Размышления о разных материях» — это точный перевод заглавия одного из сочинений Джонатана Свифта. Большой ценитель Ларошфуко, Свифт два раза в жизни (в 1706 и 1726 гг.) выступал его подражателем, сочинив около двухсот иронических речений о превратностях и несообразностях человеческого существования.

Перед нами как будто третья публикация Свифта в России (первые две были в 1759 г., в журналах «Трудолюбивая пчела» и «Праздное время, в пользу употребленное»). Вроде бы и немного, а все же «Швивт», особенно рекомендованный с немецкой стороны — его обильно переводили и пе-

чатали в Германии, откуда он, в двойном переводе, и проникал в Россию — уже приобрел для россиян сугубую репутацию сочинителя, «к пользе и увеселению служащего»: в данном случае «швивтовы» значит апробированные.

Среди нижеприведенных афоризмов нет ни одного буквально свифтовского. Несколько же речений едва ли не «антишвивтовых»: так, например, Свифт никогда бы не выразился по поводу науки, что она «есть сильнейшая и изряднейшая вещь»: он относился к науке сурово, настороженно и скорее неодобрительно. Если бременский автор не сам это придумал и у Свифта есть где-нибудь что-ни-

будь отдаленно подобное, то, вероятно, речь шла не о «науке», а о «знании» (knowledge, а не science).

О тоне подлинных свифтовских «Размышлений» могут дать понятие такие его выкладки, как: «Величайшие изобретения всегда делаются во времена невежества, как оно было с компасом, порохом и книгопечатанием». Или: «Как редко человек согласен сам с собой!» Или: «Лекарям так же не пристало судить о религии, как мясникам — о жизни и смерти».

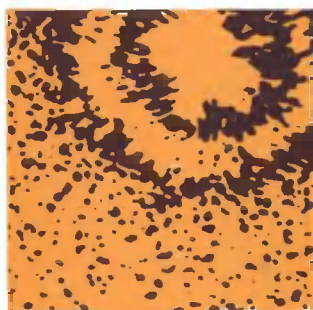
Тем не менее перед нами ценное и любопытное свидетельство о ранней российской популярности Свифта.



В следующем номере

Космические исследования позволили выявить совершенно новые закономерности во Вселенной и увидеть в новом свете нашу Землю.

Р. З. САГДЕЕВ, Ю. И. ЗАЙЦЕВ. *Научные исследования в космосе — некоторые итоги, проблемы, перспективы.*



20 июня 1973 г. впервые поднят в стратосферу советский телескоп с метровым зеркалом. Получены уникальные снимки деталей солнечного диска.

В. А. КРАТ. *Внеатмосферные наблюдения Солнца.*



В. В. Докучаев заложил основы комплексного изучения природы как единого целого. Именно докучаевской школе, в особенности учению о природных зонах, мировая наука обязана рождением современной системы взглядов на биосферу как на целостное диалектическое единство.

А. А. РОДЕ. *Докучаевское почвоведение в АН СССР.*

Г. Ф. МОРОЗОВ. *Гениальное дополнение к учению Дарвина.*

А. И. ПЕРЕЛЬМАН. *В. В. Докучаев и учение о биокосных системах.*



Каков механизм рассудка? Многолетние экспериментальные работы автора привели его к оригинальному теоретическому обобщению, первой публикацией которого является данная статья.

Л. В. КРУШИНСКИЙ. *Возможный механизм рассудка.*



Изучение критических состояний, пережитых биосферой в прошлом, может оказаться полезным при планировании исследований по охране природы. Об этом свидетельствуют находки таймырского «янтаря» (1970—1973 гг.).

Б. В. РОДЕНДОРФ, В. В. ЖЕРИХИН. *Палеонтология и охрана природы.*

Цена 50 коп.
Индекс 70707

