

ПРИРОДА

5.74



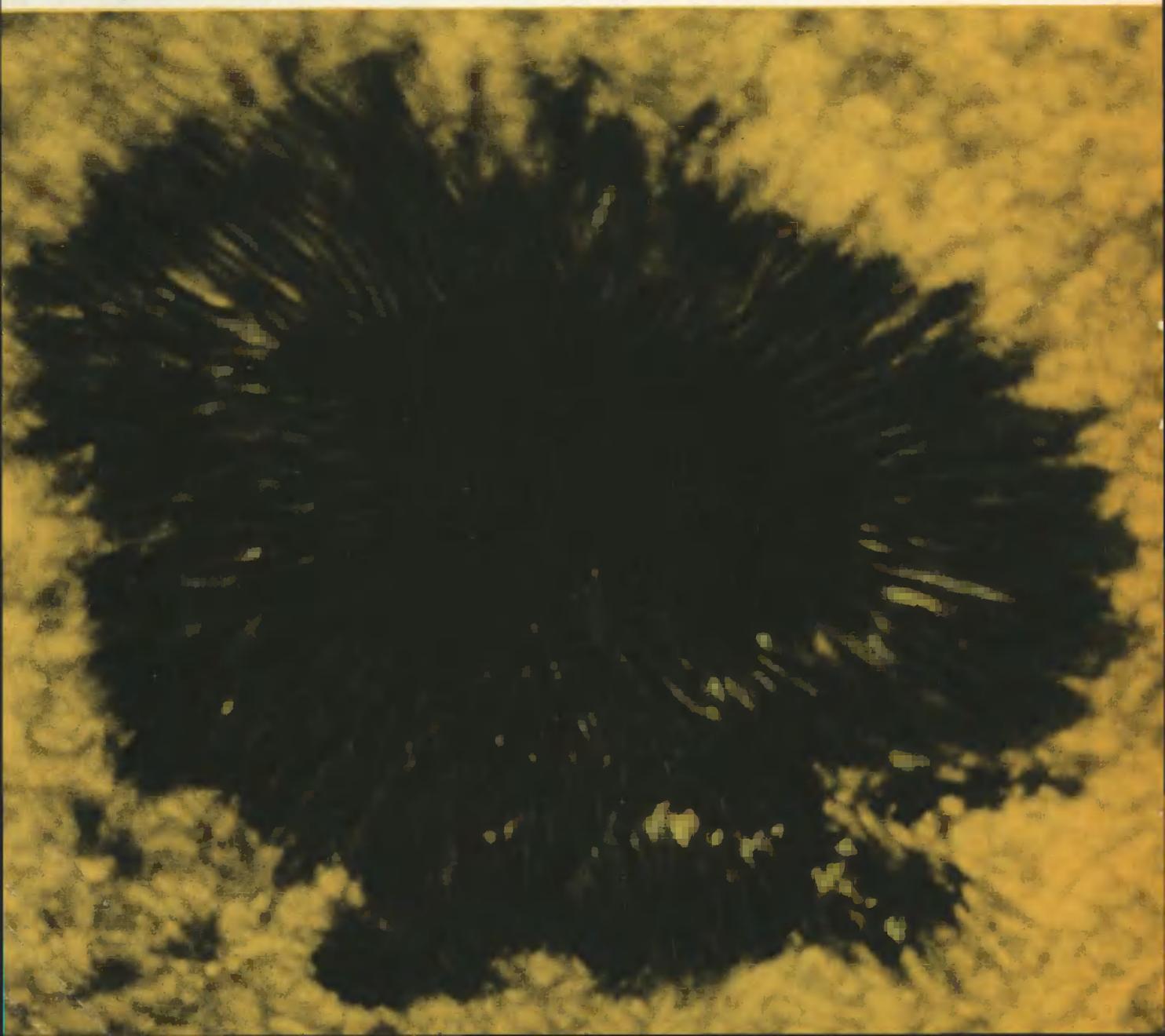
Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

ПРИРОДА

Основан в 1912 году



Издательство
«Наука»
Москва





Академия наук СССР — центр фундаментальных исследований	2
Р. З. Сагдеев, Ю. И. Зайцев. Научные исследования в космосе — некоторые итоги, проблемы, перспективы	4
Г. И. Будкер. Управляемый термоядерный синтез в установках с плотной плазмой	14
Л. В. Крушинский. Возможный механизм рассудка	22
В. А. Крат. Внеатмосферные наблюдения Солнца	34
В. В. Иванов. Нефть Северо-Востока СССР	42
Ф. И. Вольфсон. Геологи Академии в годы Великой Отечественной войны	48
А. А. Роде. Докучаевское почвоведение в Академии наук в 20—30-е годы	58
Г. Ф. Морозов. «Гениальное дополнение к учению Дарвина»	48
А. И. Перельман. В. В. Докучаев и учение о биокосных системах	70
Э. В. Алексеева. Водились ли бобры в Приморье?	81

На первой странице обложки. Ракета-носитель с космическим кораблем «Союз» на старте. См. статью Р. З. Сагдеева и Ю. И. Зайцева «Научные исследования в космосе — некоторые итоги, проблемы, перспективы», стр. 4.
Фото А. А. Пушкарёва.

На второй странице обложки. Снимок большого солнечного пятна, полученный на советской солнечной стратосферной обсерватории во время ее полета 20 июня 1973 г. (Масштаб: 6,3 мм = 1000 км.) См. статью В. А. Крата «Внеатмосферные наблюдения Солнца», стр. 34.

На четвертой странице обложки. Навездник из семейства *Brasopidae*, заключенный в позднемеловом «янтаре» Таймыра. См. статью Б. Б. Родендорфа и В. В. Жерихина «Палеонтология и охрана природы», стр. 82.
Фото А. П. Расницина.

Б. Б. Родендорф, В. В. Жерихин. Палеонтология и охрана природы	82
Е. М. Сенченкова. Открытие хроматографии и Академия наук	92
НОВОСТИ НАУКИ	102
М. М. Дагаев. Частное лунное затмение 4 июня 1974 г.	116
КНИГИ	
Б. А. Малькевич, И. А. Шафран. К 250-летию нашей Академии	117
Б. А. Старостин. Какой быть книге о природе?	119
С. Л. Шварцев. Биосфера глазами геохимика	122
Новые книги	123
В КОНЦЕ НОМЕРА	
В. В. Левик. Юбилей Жана Анри Фабра	125

Редакция рукописей не возвращает.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ
Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ
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. ХАЙН
Академик
Н. В. ЦИЦИН
Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ
Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ
Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор Д. И. СКЛЯК
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 19/IV-1974 г.,
Т-07821

Формат бумаги 84×108¹/₁₆
Уч.-изд. л. 17,3+1 вкл.
Усл. печ. л. 13,44
Тираж 60 000 экз. Зак. 235

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

Обложка отпечатана в Экспериментальной типографии ВНИИП.
Москва, И-51, Цветной бульвар, 30.

Академия наук СССР— центр фундаментальных исследований

8 февраля 1974 г. нашей Академии исполнилось 250 лет. В постановлении ЦК КПСС «О 250-летнем юбилее Академии наук СССР» отмечается, что создание Академии было «крупным событием в истории развития науки, образования и культуры нашей страны. Ее деятельность оказала существенное влияние на развитие мировой науки».

С Академией связано становление и развитие отечественной науки. Именно Академия была той первоначальной ячейкой, из которой развилась вся система научных учреждений нашей Родины. Академия сыграла большую роль в изучении и освоении природных богатств, в распространении научных знаний, образования и культуры. Деятельность Академии оказала значительное влияние на развитие духовной культуры всего человечества. За два с половиной столетия ученые Академии сделали множество открытий, вошедших в золотой фонд мировой науки. В настоящее время Академия наук СССР является одним из ведущих научных центров мира. Имена членов Академии увековечены на географических картах Земли и Луны, в законах естествознания и наименованиях минералов.

Наиболее плодотворный период деятельности Академии—годы Советской власти. Несколько лаборато-

рий и музеев, ни одного крупного исследовательского института—такой была дореволюционная Академия, работавшая без широкой государственной поддержки. Сегодня же в Академии около 250 хорошо оснащенных научных учреждений; созданы и ведут плодотворную работу академии наук союзных республик, филиалы АН СССР, ее Сибирское отделение, Уральский и Дальневосточный научные центры.

Опираясь на постоянную поддержку Коммунистической партии и Советского государства, советские ученые следуют курсу, который В. И. Ленин наметил в «Наброске плана научно-технических работ». Основными задачами своей деятельности Академия поставила: разработку принципов рационального размещения и использования производительных сил; решение проблем, связанных с подъемом советской экономики; укрепление союза науки и производства. Деятели науки активно способствовали индустриализации страны, социалистической перестройке сельского хозяйства, усилению обороноспособности государства, разгрому фашизма в Великой Отечественной войне.

В течение 1950—1960-х годов комплекс научных учреждений Академии вырос более чем в 1,5 раза. В настоящее время в ней работает почти

40 тыс. научных сотрудников, среди них—245 академиков и 452 члена-корреспондента.

«Академия наук СССР,—говорится в Постановлении ЦК КПСС о 250-летнем юбилее Академии,—стала крупным центром развития фундаментальных исследований в области естественных и общественных наук. Она определяет стратегию научного поиска, объединяет усилия советских ученых в развитии важнейших разделов математики, механики, ядерной физики и физики твердого тела, ряда областей химии, наук о Земле, в создании квантовой электроники, в изучении и освоении космического пространства и во многих других областях современной науки и техники».

Академия заняла центральное место в системе научной деятельности всего советского государства. Академические институты, призванные обеспечить общетеоретический задел, необходимый для быстрого и всестороннего научно-технического прогресса, составляют высшую ступень общегосударственной системы научных учреждений страны.

Советская наука выступает ныне как непосредственная производительная сила, как мощный фактор активного преобразования мира для блага человечества. Задачи исследовательских учреждений на новом этапе ис-

тории нашего государства четко сформулированы в Программе Коммунистической партии Советского Союза. Известно, что на современном этапе научно-технической революции все большее значение приобретают фундаментальные исследования—первооснова технического прогресса. Коммунистическая партия обратила внимание на это обстоятельство, подчеркнув в своей программе, что «высокий уровень развития математики, физики, химии, биологии — необходимое условие подъема и эффективности технических, медицинских, сельскохозяйственных и других наук».

Возрастание роли Академии в научной жизни Советского Союза объясняется не только ее научным авторитетом, но и тем, что с каждым годом Академия все более активно выступает как планирующий и координирующий центр. Это вызвано тем, что последние десятилетия ознаменовались необычайно быстрым ростом роли и влияния науки на все стороны жизни общества. Наука открыла возможности овладения мощными источниками энергии, создания новых средств управления и переработки информации, новые пути глубокой переработки природных веществ, проникновения в сущность живого, освоения космического пространства. Эти направления определили широкие перспективы технического прогресса, быстрого развития производительных сил.

«Все это,— говорит президент АН СССР М. В. Келдыш,— привело к необходимости наиболее рационального распределения научных сил и материальных средств, сосредоточения их на главных направлениях и актуальных проблемах науки в масштабе страны. Первоочередными задачами стали: упорядочение руководства развитием ведущих отраслей науки, важных для технического прогресса, решения актуальных идеологических, политических и культурных задач, осуществление общесоюзного планирования разработки важнейших направлений и проблем современной науки. Возрастающая роль науки в коммунистическом строительстве, вставшие перед ней ответственные задачи требовали дальнейшего совершенствования организации научных исследований в

стране, более полного использования преимуществ, которые дает для этого социалистическая система хозяйства».

К 1960-м годам в СССР наряду с академической сетью научных учреждений выросла огромная сеть научно-исследовательских институтов министерств и ведомств; деятельность этих научных учреждений также нуждалась в координации. В связи с этим партией и правительством был принят ряд мер по совершенствованию руководства развитием науки. Руководство научными исследованиями по конкретным отраслям было сконцентрировано в соответствующих министерствах, а отраслевыми исследованиями в целом (в том числе разработкой межотраслевых проблем)— в Государственном комитете Совета Министров СССР по науке и технике. В Академии же наук СССР сосредоточилось общее руководство исследованиями по наиболее важным проблемам естественных и общественных наук.

«В связи с этим,— отмечает М. В. Келдыш,— была улучшена структура Академии наук СССР: созданы специализированные отделения, имеющие возможность осуществлять компетентное руководство соответствующими отраслями науки; при этом в отделениях развитие естественных наук органически сочетается с разработкой узловых проблем техники. Для руководства работой специализированных отделений были образованы секции Президиума АН СССР.

Принятые организационные меры содействовали сближению науки республик Советского Союза, осуществлению у нас единой научной и технической политики, дальнейшей реализации принципа государственной организации науки и позволили поднять на новый уровень научные исследования в стране».

В условиях развитого социализма резко возросла роль перспективного планирования и прогнозирования исследований. Поэтому одной из важнейших задач Академии на современном этапе стало изучение основных тенденций развития знания и определение наиболее перспективных направлений научно-технического прогресса.

Плодотворный труд многотысячного коллектива исследователей, объ-

единяемых Академией, получил признание партии и народа. В марте 1969 г. Президиум Верховного Совета СССР принял указ «О награждении Академии наук СССР орденом Ленина». В февралю 1974 г. Академия была награждена вторым орденом Ленина, «за выдающиеся заслуги в развитии советской науки и культуры, подготовке высококвалифицированных научных кадров, укреплении экономической и оборонной мощи страны и в связи с 250-летием со дня основания...»

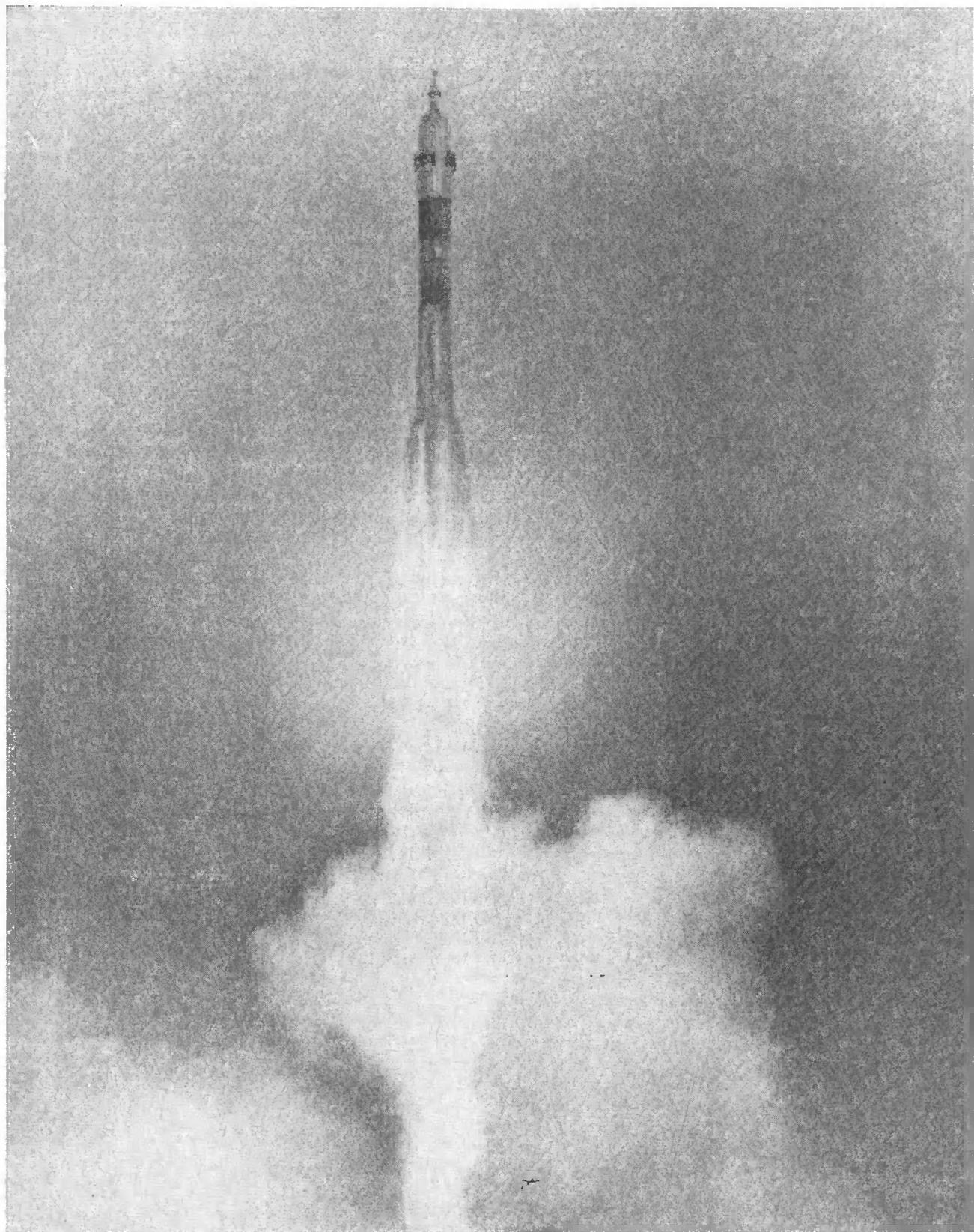
В Отчетном докладе Центрального Комитета КПСС XXIV съезду КПСС Генеральный секретарь ЦК КПСС Л. И. Брежнев отмечал: «Большую и плодотворную работу проделала в истекшем пятилетии Академия наук СССР. Она определяет стратегию научного поиска, выявляет наиболее перспективные, нужные обществу направления и формы исследовательских работ, объединяет усилия ученых страны».

С каждым годом растет авторитет советской науки за рубежом. Академия наук является членом 140 международных организаций. Около 900 советских ученых состоят членами зарубежных академий и научных обществ. Ученые Академии наук СССР активно борются за укрепление мира, за дальнейшую разрядку международной напряженности.

Советские ученые прилагают все силы к выполнению решений XXIV съезда КПСС. Коллективы научных учреждений Академии направляют свои усилия на разработку ведущих направлений фундаментальных исследований, на повышение эффективности исследований и ускорение реализации их результатов в народном хозяйстве.

Девятая пятилетка знаменует дальнейший подъем отечественной науки. Год от года возрастают ассигнования на ее развитие, укрепляется материальная база исследований, растет техническая вооруженность институтов.

Окруженная постоянной заботой партии и правительства, Академия наук СССР отмечает свой 250-летний юбилей новыми научными достижениями.



Научные исследования в космосе — некоторые итоги, проблемы, перспективы

Академик Р. З. Сагдеев
Ю. И. Зайцев

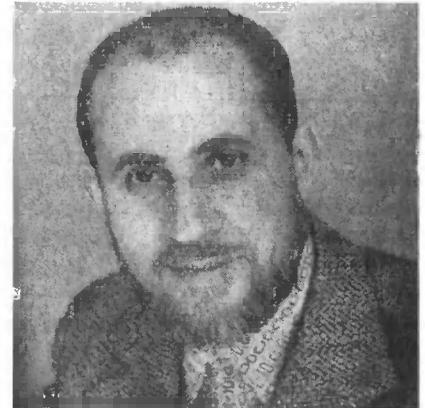
Космонавтика и научно-технический прогресс

Человек начал мечтать о полетах в космос на сотни лет раньше, чем сумел подняться в воздух. Люди думали о полетах на Луну и Марс, еще не предполагая о других источниках двигательной силы, кроме силы мускулов человека и животных. Заветное стремление послать в небесную высь нечто материальное, сотворенное руками человека, прошло длительную эволюцию от примитивной стрелы до шара, наполненного легким газом, от неуклюжего аэроплана-«этажерки» до реактивного самолета, от небольшой пороховой ракеты до искусственного спутника Земли.

Совсем недавно высказывались сомнения, возникали споры о целесообразности развития космических исследований, которые требуют немалых материальных средств. Однако полученные научные и практические результаты опровергли мнения скептиков. За короткое время космические исследования превратились в одно из важнейших научных направлений и стали рычагом научного и технического прогресса.



*Роальд Зиннурович Сагдеев, директор Института космических исследований АН СССР. Известен своими работами в области физики плазмы. Автор ряда монографий (совместно с А. А. Галеевым), в том числе: *Nonlinear Theory of Plasma*. Benjat., N. Y.—Amsterdam, 1969 (на русск. яз.: *Нелинейная теория плазмы*. М., Атомиздат, 1973).*



Юрий Иванович Зайцев, старший научный сотрудник Института космических исследований АН СССР. Автор ряда научно-популярных статей и книг.

Запуск первого спутника, который оказался неожиданным для большинства зарубежных ученых и политиков, показал всему миру, сколь высокого уровня достигли наука и техника в Советском Союзе в таких решающих областях, как математика, физика, химия, металлургия. А сам предмет научных космических исследований мог появиться лишь в результате выдающихся успехов в развитии ракетной техники. В проникновении человека в космос нашел свое замечательное во-

площение союз советской науки и промышленности. Наиболее важные стороны этих работ координировались Академией наук СССР, благодаря чему между областью освоения космоса и другими секторами экономики возник плодотворный обмен идеями и опытом.

Огромный вклад в развитие советской космической науки и техники внес Президент Академии наук СССР академик М. В. Келдыш. Он выступил одним из инициаторов широкого раз-

Старт космического корабля «Союз-13».

Фото ТАСС.

вертывания в нашей стране работ по изучению и освоению космоса. С его деятельностью связаны все блестящие достижения советской космической науки.

Выдающиеся ученые, члены Академии наук СССР принимали непосредственное участие в разработке Советской космической программы, идей космических экспериментов, в анализе и интерпретации данных. Шаг за шагом космическая и ракетная техника вооружала ученых многообразным арсеналом средств исследования космического пространства и планет Солнечной системы.

Трудно поверить, что понадобилось всего три с половиной года со времени запуска первого искусственного спутника Земли, чтобы подготовить полет человека в космическое пространство. Для его осуществления требовалось преодолеть серьезные технические трудности. Не меньшее значение имело и преодоление психологического барьера, который всегда встает на пути к неизведанному. Первым в истории космонавтом стал советский гражданин Юрий Алексеевич Гагарин.

В наши дни в космос взлетают корабли и спутники, которые стали несравненно более сложными и лучше оборудованными, чем их предшественники—первенцы космической эры. Искусственные спутники Земли, автоматические космические станции регулярно уходят на траектории вокруг Земли, к Луне, Марсу, Венере. С каждым годом ширится круг научных и технических проблем, для решения которых используется космическая техника. За истекшие годы получены уникальные экспериментальные данные, которые во многом изменили наши представления о природе ближних и дальних окрестностей Земли, соседних небесных тел. Решен ряд основополагающих задач освоения космоса. Космические исследования прошедших лет—это непрерывное условие программы полетов, это важный процесс рождения принципиально новых научных решений, идей, методов познания. И все эти годы деятельность Академии наук СССР и проведение космических исследований были неразделимы.

В настоящее время с помощью космических аппаратов стало возможным изучение огромного числа физических процессов, протекающих во Вселенной,— от физики элементарных частиц до гигантских источников энергии, какими оказываются квазары, радиогалактики, взрывы Сверхновых. Колоссальная энергия этих объектов выделяется в виде электромагнитного излучения, потоков релятивистских частиц, магнитных полей большой напряженности и кинетической энергии выбрасываемого газа.

Благодаря космическим исследованиям комплекс наук о Земле получил возможность сравнивать «земные» представления с данными о природе других небесных тел. Это, в свою очередь, стимулирует выдвижение новых научных идей, гипотез. В то же время открываются новые возможности развития и конкретизации научных концепций за счет исключения из них субъективных допущений, произвольных положений, связанных с пребыванием человека именно на данной планете, в данной физической, химической и т. д. среде.

Успехи в освоении космоса оказали влияние на резкий подъем уровня науки и техники в таких актуальных и передовых областях, как аэродинамика, теплофизика, химическая физика, радиотехника и техника телевидения, техника систем автоматического управления, применение в промышленности электронных машин, в проблемах миниатюризации различных технических конструкций. Проникновение человека в космос стало мощным стимулирующим фактором для биологии и медицины. Спутники побудили к поискам новых источников энергии. Им, например, мы обязаны появлением полупроводниковых солнечных батарей и топливных элементов.

Космонавтика прочно вошла в жизнь людей, облегчая дальнюю связь, прогнозы погоды, навигацию. Возможности, заложенные в космических метеорологических системах, могут не только улучшить прогнозы погоды, но и создадут в будущем предпосылки для изменения погоды и управления климатом.

Значительны перспективы изучения

из космоса биосферы Земли, богатств ее недр и океанов. Именно поэтому за последние годы все более усиливается интерес к применению спутников для изучения разнообразных природных ресурсов и явлений. Геология и геоморфология, океанология и гидрология, геоботаника и биология, почвоведение и агрономия—таков далеко не полный перечень наук, для которых использование искусственных спутников приобрело важное значение.

Наконец, космические исследования, ввиду их преимущественно глобального характера, в сильной степени способствовали и продолжают способствовать развитию международного и технического сотрудничества, сближению народов мира.

Результаты космических исследований

Рассмотрим кратко наиболее существенные научные результаты, полученные на различных направлениях космических исследований. Среди этих направлений: физика верхней атмосферы, включающая структуру и вариации нейтральной атмосферы и ионосферы и прогноз радиосвязи; физика магнитосферы—области регулярного геомагнитного поля, включающая исследования пространственно-временной структуры и процессов в околоземном пространстве; физика Солнца, включающая изучение широкого спектра электромагнитных излучений частиц, генерируемых во вспышках, непосредственную регистрацию и исследование структуры корпускулярного излучения—солнечного ветра, а также изучение влияния Солнца на процессы, происходящие в Солнечной системе и на Земле.

Большинство современных представлений о структуре и вариациях параметров нейтральной атмосферы на высотах приблизительно от 150 до 1500 км возникло из анализа данных об эволюции орбит искусственных спутников Земли. Подтвердились предположения о нестационарности профиля плотности на высотах приблизительно от 200 км и выше. Тем самым усложняется построение моделей верхней атмосферы для различных приложений.

Сейчас можно уже достаточно определенно говорить о нейтральном составе верхней атмосферы и несколько менее определенно — о его вариациях. Модель строения атмосферы может быть представлена следующим образом. На высотах 100—120 км начинается диффузионное разделение газов за счет того, что убывание с высотой доли различных составляющих атмосферы происходит по-разному. На высотах до 200—250 км основным компонентом атмосферы остается молекулярный азот, однако возрастает относительная концентрация атомарного кислорода, который образуется при диссоциации молекулярного кислорода солнечным ультрафиолетовым излучением. Содержание молекулярного кислорода уменьшается с увеличением высоты. Начиная с 250—300 км основным компонентом атмосферы становится атомарный кислород. Еще выше (начиная с высот 500—600 км — в годы минимума солнечной активности, а с высот 1000—1500 км — в годы максимума) атмосфера становится гелиево-водородной. Слой, в котором гелий может быть основной составляющей, наблюдается, видимо, лишь в годы максимума солнечной деятельности.

Самые внешние слои земной атмосферы состоят из атомарного водорода. Его концентрация вплоть до расстояний в несколько земных радиусов была измерена при полете советских космических станций по рассеянию атомарным водородом солнечного излучения в α -линии серии Лаймана (L_{α}).

Появление искусственных спутников Земли позволило получить новые важные данные об ионосфере Земли, особенно о ее внешней части¹ выше максимума слоя F.

Эксперименты показали, что ионосфера Земли простирается по крайней мере до 4—5 радиусов Земли. Распределение заряженных частиц выше главного максимума ионизации существенно зависит от солнечной деятельности. В годы спокойного Солнца спад концентрации резко усиливается.

¹ По концентрации ионов и электронов ионосфера делится на слои D, E и F. Максимум слоя F находится на высотах от 180 до 320 км.

*

К числу весьма ценных геофизических результатов, полученных уже на начальных этапах исследований геомагнитного поля и межпланетной плазмы первыми автоматическими станциями, следует отнести прямое обнаружение потоков солнечной плазмы в межпланетном пространстве — солнечного ветра.

До начала космических исследований предполагалось, что геомагнитное поле простирается на расстояния в сотни тысяч километров. Обнаружение солнечного ветра заметной интенсивности показало, что существует постоянно действующий феномен, ограничивающий влияние земного магнитного поля в пространстве.

Геомагнитное поле образует в потоке плазмы полость — магнитосферу. Границы ее меняются в зависимости от интенсивности солнечного ветра. Граница земной магнитосферы — так называемая магнитопауза — проходит там, где поле еще достаточно сильно, чтобы сдерживать поток набегающих на него частиц. Таким образом, ближайшее расстояние до границы магнитосферы в направлении к Солнцу составляет около 60 тыс. км, или десять земных радиусов.

Магнитосфера вытянута в ночную сторону — имеет «хвост», диаметр которого, измеренный на относительно небольших расстояниях от Земли, составляет около 40 ее радиусов. Протяженность геомагнитного «хвоста» в пространстве пока неизвестна. Во всяком случае, он зарегистрирован на удалениях порядка сотен земных радиусов.

Поток солнечной плазмы несет с собой магнитное поле. Это поле чрезвычайно слабо — около одной десятичной от величины поля на поверхности Земли. Выяснилось, однако, что оно играет большую роль в передаче взаимодействия как в самой межпланетной среде, так и между потоком плазмы и планетами Солнечной системы. Силовые линии магнитного поля в среднем имеют вид спирали Архимеда из-за того, что плазма уносит магнитное поле приблизительно радиально от вращающегося Солнца. Однако такое состояние наблюдается сравнительно редко. Оно постоянно возмущается солнечными вспышками.

Распространяющиеся после вспышки на Солнце ударные волны нарушают стационарную картину спирального магнитного поля, образуют быстро движущиеся неоднородности плазмы и магнитных полей.

Искусственные спутники позволили также более детально исследовать собственное магнитное поле Земли.

Только в результате запуска спутников «Космос-26» и «Космос-49» впервые магнитными измерениями было охвачено 75% земной поверхности. Равномерная съемка, выполненная в короткий срок, позволила получить представление о магнитном поле, свободном от вековых вариаций. Эти данные были использованы для получения международной аналитической модели магнитного поля Земли.

Запуск спутника «Космос-321» в 1970 г. дал возможность получить распределение магнитного поля уже на 94% поверхности земного шара. Сравнение измерений этого спутника с данными двух предыдущих позволило с высокой точностью определить вековые изменения магнитного поля по всей поверхности, что важно для создания моделей внутреннего строения Земли и выяснения происхождения геомагнитного поля.

Уже на начальных этапах прямых экспериментальных исследований в околоземном космосе было сделано крупное открытие — обнаружены интенсивные потоки энергичных частиц захваченных геомагнитным полем. Они получили название радиационных поясов Земли.

Изучение зон захваченной радиации представляет исключительный интерес: перед нами — поставленный самой природой гигантский эксперимент по ускорению и удержанию заряженных частиц в магнитной ловушке. Эксперимент таких масштабов пока невозможно осуществить в лабораторных условиях. Поэтому использовалась любая возможность пополнить наши знания об этом интереснейшем образовании в околоземном космосе.

В настоящее время накоплен значительный экспериментальный материал по измерению потоков заряженных частиц, их спектральному распределению, интенсивности потоков, характеру движения в геомагнитном поле, за-

висимости зоны захваченной радиации от местного времени, вариациям интенсивности.

Удалось связать вариации интенсивности с конкретными типами неустойчивостей плазмы, присущих радиационным поясам, и создать математические модели процессов, происходящих в радиационных поясах. Сейчас даже ставится вопрос о том, чтобы применить идеи и теории, разработанные для радиационных поясов, к другим областям космоса — Солнцу, Галактике.

Возьмем, например, проблему, связанную с ускорением частиц в космическом пространстве. Эти процессы происходят и около Земли, и на Солнце, и в недрах Галактики, и, очевидно, за ее пределами. Но когда такие «ускорители» находятся далеко от нашей планеты, мы видим только конечный результат — например, наблюдаем космические лучи, в том числе и очень высоких энергий.

В радиационных поясах картина иная. Благодаря возможности прямых измерений в них, ученые сегодня предполагают уже гораздо большей информацией, которая помогает ответить на вопрос о том, как ускоряются частицы, как меняются их траектории, какими явлениями это сопровождается.

*

В изучении природы полярных сияний наиболее целесообразным оказывается сочетание измерений на спутнике с одновременными наземными наблюдениями. Такой комплексный эксперимент впервые проводился при помощи «Космоса-261» и ряда наземных геофизических обсерваторий. Исследования затем были продолжены при полетах «Космоса-348» и спутников «Ореол», запущенных по программе советско-французского сотрудничества.

Были получены данные, относящиеся к характеристикам геоактивных корпускул, вызывающих сияния, их интенсивности, распределению по энергиям, характеру движения в геомагнитном поле. Крайне интересным стало измерение фотоэлектронов — сверхтепловых частиц с энергиями в десятки и сотни электронвольт. Фотоэлектроны занимают некое промежуточное место между холодной плаз-

мой (ионосферой) и энергичными частицами и представляют собой непосредственный результат ионизации верхней атмосферы ультрафиолетовым и рентгеновским излучением Солнца или энергичными корпускулами. Была изучена их интенсивность и доказано, что фотоэлектроны способны проникать из одного полушария в другое по магнитным силовым линиям. Интенсивность и распределение этих частиц по энергиям зависит как от характеристик ионизирующего излучения, так и от характеристик верхней атмосферы. На ночной стороне (+2—3 часа от полуночи) потоки сверхтепловых электронов обычно меньше в несколько раз, чем на дневной стороне.

*

Важнейшим направлением в проблеме солнечно-земных связей оказывается исследование коротковолнового излучения Солнца с помощью ракетно-космической техники. Одновременно эти исследования дают нам сведения и о хромосфере, и, в особенности, о короне Солнца, прежде всего — об их составе, физических свойствах, разыгрывающихся в них процессах. Коротковолновое излучение Солнца в то же время контролирует химический состав и состояние земной термосферы и нагревает ее, а это, в свою очередь, влияет на тепловой баланс нижних слоев атмосферы; оно также ответственно за образование земной ионосферы, определяющей коротковолновую радиосвязь и ряд геофизических эффектов.

Важные результаты были получены по солнечным вспышкам. Когда начались исследования с помощью ракет и спутников, выяснилось, что оптические и радиовспышки сопровождаются рентгеновскими вспышками — огромным (в несколько тысяч раз) усилением рентгеновского излучения Солнца и появлением очень жесткого рентгеновского излучения. Во время вспышек возникают потоки ускоренных частиц — электронов и тяжелых ядер с энергиями от десятков килоэлектронвольт до релятивистских — и происходит выброс сгустков плазмы.

Вспышки оказывают весьма сильное воздействие на земные процессы (через 8—10 мин. после их возникновения до Земли доходит рентгенов-

ское излучение) — нарушается обычное состояние ионосферы и, как следствие, возмущаются электрические токи вокруг Земли, что вызывает ряд геофизических эффектов. За время от часа до нескольких десятков часов после вспышки до Земли доходят энергичные частицы и плазменные сгустки; частицы несут с собой радиационную опасность для космонавтов, плазменные сгустки нарушают магнитное поле планеты, вызывая магнитные бури. Сообщалось о связи со вспышками некоторых медико-биологических эффектов.

Эксперименты, выполненные на ориентированных спутниках серии «Космос» и «Интеркосмос», позволили получить данные, относящиеся к размерам, структуре и локализации рентгеновских вспышек.

Можно полагать, что нагрев области вспышек до температур в несколько десятков миллионов градусов осуществляется быстрыми электронами. Электроны, ускоряясь в короне до энергий $\sim 10^5$ эв и двигаясь вдоль магнитных линий, вторгаются в низкие, более плотные слои короны или хромосферу, отдавая путем соударений свою энергию более холодным электронам, которые затем нагревают ионы. Это было подтверждено экспериментально обнаружением поляризации рентгеновского излучения в начальной стадии вспышки.

В измерениях, выполненных на спутниках «Интеркосмос-1, -4, -7», наблюдалось в общей сложности на девяти вспышках существование поляризации, имеющей, в согласии с теорией, величину от 3 до 40%. Зная позиционный угол плоскости поляризации и место вспышки на диске, можно определить направление движения электронов — оно оказалось радиальным по направлению к поверхности Солнца. При этом поступление ускоренных электронов длилось в больших вспышках в течение нескольких минут.

Следует заметить, что поляризационные измерения рентгеновских лучей относятся к числу очень тонких и трудных экспериментов. Они стали возможными благодаря развитию точных методов в рентгеновской астрономии.

*

Успехи ракетно-космической техники открыли новые горизонты в изуче-

нии космических лучей. Благодаря исследованиям, проведенным на спутниках и автоматических межпланетных станциях, получены данные о составе потока галактических космических лучей. Было изучено влияние межпланетных магнитных полей на их интенсивность. На спутниках «Электрон» осуществлены длительные измерения ядерной компоненты первичного космического излучения и прослежены вариации различных групп ядер в зависимости от солнечной активности. При полете станций «Зонд-3», «Венера-2», «Венера-3» и последующих станций, выходящих за пределы магнитосферы Земли, регистрировались солнечные космические лучи. При этом оказалось возможным изучить параметры распространения этих лучей в межпланетном пространстве, что, в свою очередь, позволило определить некоторые свойства этого пространства.

В экспериментах на искусственных спутниках Луны в составе солнечных космических лучей впервые надежно обнаружены кратковременные возмущения потока электронов солнечного происхождения с энергией в десятки килоэлектронвольт и получены важные сведения о потоках энергичных солнечных протонов.

В составе космических лучей есть частицы столь высокой энергии, что даже сейчас так разогнать их искусственным путем невозможно. При всей грандиозности достижений современной техники все же масштабы созданных человеком установок очень малы по сравнению с масштабами космоса.

Советские ученые разработали научную аппаратуру, способную регистрировать частицы подобных энергий непосредственно в космическом пространстве: с помощью спутников «Протон» удалось получить ряд крупных научных результатов по физике космических лучей и взаимодействию частиц сверхвысокой энергии с ядрами различных атомов. Наиболее существенны результаты измерений эффективного сечения неупругого взаимодействия протонов первичных космических лучей с ядрами атомов углерода. В области энергии от 100 до 1000 млрд эв обнаружено указание на возрастание сечения на 20%.

*

Ближайшее к нам небесное тело, естественный спутник Земли — Луна еще задолго до наступления эры космических полетов считалась самым изученным небесным телом. Когда же к Луне вслед за советской автоматической станцией «Луна-1» устремились десятки других космических аппаратов, возможности ее исследования возросли необычайно. Луна с ее кратерами и цирками, горными хребтами; «морями» и «заливами» превратилась по существу в гигантскую научную лабораторию, где, сменяя друг друга, неутомимо трудятся посланцы Земли, будь то автоматические станции или пилотируемые корабли.

Советская космонавтика дала мировой науке такие превосходные средства для исследования Луны, как автоматическая станция, способная доставлять на Землю образцы лунного грунта, и автоматический самоходный аппарат, названный «Луноходом».

В итоге успешного осуществления лунной космической программы в минувшие годы был получен ряд фундаментальных научных результатов. К ним относятся, в частности, открытие структурной асимметрии видимого и обратного полушарий Луны, полученные разнообразных данных о лунном грунте, исследование состава пород в морях и на материках, открытие масконов, открытие остаточной намагниченности пород Луны. Следует отметить, что наземные исследования Луны оптическими и другими методами в эти годы отнюдь не утратили своей ценности, позволяя интерпретировать результаты космических экспериментов, выполненных в отдельных точках лунной поверхности.

*

Полеты космических аппаратов создали новые представления о Венере и Марсе. Пять советских космических аппаратов серии «Венера» провели прямые измерения температуры, давления и других основных параметров атмосферы Венеры. В интервале от 40 до 80 км атмосфера изучалась методом радиопросвечивания во время пролета вблизи планеты американского космического аппарата «Маринер-5». Выяснилось, что основная составляющая атмосферы Венеры — углекислый газ. Согласно результатам

измерений на космических аппаратах «Венера-4, -5, -6», проведенных с помощью газоанализаторов, его объемное процентное содержание составляет $97^{+3}_{-4}\%$. Суммарный верхний предел содержания азота и инертных газов не превышает 2%, кислорода 0,1%.

Измерения давления и температуры в точке посадки «Венеры-8» дали соответственно $93 \pm 1,5$ атм и 741 ± 7 К. Эти данные хорошо согласуются с результатами измерения температуры и давления на поверхности, выполненными станцией «Венера-7».

С помощью станции «Венера-8» была измерена освещенность в нижней части облачного слоя и в подоблачной атмосфере. Полученные данные позволили, в частности, определить положение нижней границы облачного слоя — ее высота около 35 км. Освещенность сверху и снизу мало отличается даже вблизи верхней границы облаков. Кроме того, отсутствует какое-либо резкое изменение освещенности при пересечении верхней границы; по мере углубления внутрь облачного слоя освещенность плавно уменьшается с высотой. Необходимо, однако, подчеркнуть, что эти сведения носят пока предварительный характер и требуют обязательного уточнения новыми экспериментами.

Данные о горизонтальном перемещении спускаемых аппаратов советских автоматических станций позволили получить представление о профиле горизонтальной скорости ветра на высотах от 0 до 50 км. Так, по сведениям с «Венеры-8» этот профиль состоит из трех участков: нижнего (0—10 км), где скорость не превышает 3 м/сек, среднего (20—40 км), где скорость ветра около 35 м/сек, и верхнего (40—50 км), где скорость возрастает до 60 м/сек.

Как известно, помимо дальнейшего изучения параметров атмосферы, перед станцией «Венера-8» была поставлена задача исследования характера венерианских пород в районе посадки космического аппарата. Полученные данные свидетельствуют, что станция «Венера-8» произвела измерения в районе с относительно высоким содержанием в исследуемых породах естественных радиоактивных элементов, по сравнению с их распростра-

ненностью в земной коре. По уровню содержания урана, тория и калия венерианская порода наиболее близка к кислым магматическим породам Земли (гранитам).

Эти данные в совокупности с результатами определения плотности породы в районе посадки, составляющей $1,5 \text{ г/см}^3$, дают основание полагать, что на поверхности Венеры встречаются изверженные породы, подвергшиеся впоследствии длительному воздействию различных факторов окружающей среды.

Свыше 8 мес. выполняли программу научных исследований планеты Марс советские автоматические станции «Марс-2» и «Марс-3». Одновременно с нашими станциями измерения проводились и американским спутником Марса «Маринер-9».

Вывод на околомарсианские орбиты советских и американского космических аппаратов, оснащенных взаимодополняющими комплексами научных приборов, их одновременное длительное функционирование и обмен информацией между советскими и американскими учеными еще в процессе проведения эксперимента создали благоприятные условия для значительного прогресса в изучении Марса. Были получены сведения о температуре поверхности и грунте Марса, его рельефе, составе и строении атмосферы.

Температура поверхности Марса вдоль трассы полета измерялась с помощью инфракрасного радиометра. Трассы начинались в южном полушарии, где в исследуемый период подходило к концу марсианское лето, и заканчивались в северном полушарии. Начальные точки трасс приходились на области, где было еще утро, а конечные — на послеполуденные, вечерние, иногда даже ночные часы. Температура вдоль трасс менялась поэтому в широких пределах — от $+13^\circ \text{C}$ до -93°C . В области северной полярной шапки она падала до -110°C .

У Марса низкие ночные температуры. Значит, после захода Солнца он быстро остывает, и, следовательно, теплопроводность грунта малая. Количественные оценки показывают, что она соответствует сухому песку или сухой пыли в разреженной атмосфере. Марсианские моря в среднем теп-

лее континентов — различие температур достигает 10° . В отдельных случаях более темные морские районы остывают медленнее после захода Солнца, и, следовательно, у них более теплопроводный грунт.

О большой тепловодности марсианского грунта свидетельствует также практически полное отсутствие суточных колебаний температуры на глубине 30—50 см. Эти данные были получены при помощи бортового радиотелескопа, который измерял интенсивность и поляризацию радиоизлучения на длине волны 3,5 см вдоль трассы полета.

Кроме температуры определялась диэлектрическая постоянная грунта — величина, которая зависит главным образом от его плотности. Измерения показали, что изменения температуры грунта и диэлектрической постоянной находятся в прямой зависимости. Видимо, когда значения диэлектрической постоянной велики, материал грунта находится в раздробленном состоянии.

По данным измерений инфракрасным фотометром давление на Марсе на среднем уровне составляет 5,5—6 мбар, что примерно в 200 раз меньше, чем на Земле. По изменению давления вдоль трассы определялись относительные высоты и рельеф поверхности.

Фотометр, рассчитанный на полосу поглощения водяного пара, показал, что его содержание в течение всего периода исследований не превышало пяти микрон осаждаемой воды — в тысячи раз меньше, чем в земной атмосфере.

Вблизи поверхности атмосфера Марса состоит в основном из углекислого газа. Выше 300—600 км она становится в основном атомарно-водородной. Следы кислорода отмечались на всех витках орбиты вплоть до высоты 700—800 км.

Ионосфера на Марсе «прижата» к поверхности: максимум электронной концентрации расположен на высоте 140 км (при 300 км для земной ионосферы). На высотах около 110 км наблюдался второй максимум, электронная концентрация в котором примерно в 3 раза ниже. Нельзя исключить, что на высотах 65—80 км может быть третий максимум с электронной кон-

центрацией около 10 тыс. частиц в кубическом сантиметре.

По измерениям электронной компоненты солнечного ветра и околопланетной плазмы, выполненным на станциях «Марс-2» и «Марс-3», обнаружено, что в межпланетной плазме около Марса образуется ударная волна.

Магнитометрами, установленными на станциях «Марс-2» и «Марс-3», было измерено в ближайшей окрестности Марса поле, напряженность которого вблизи перигетрических орбит оказалась в 7—10 раз выше межпланетного магнитного поля на расстоянии орбиты Марса. Интенсивность поля с приближением к планете возрастала по всем трем компонентам магнитометра. Нельзя исключить, что Марс обладает собственным слабым магнитным полем дипольного характера.

*

Наряду с прямыми экспериментами в космосе — исследованиями космического пространства на основе данных, получаемых с помощью космических аппаратов и ракет, — в последние годы все более развиваются исследования по лабораторному моделированию процессов, протекающих в космосе. Правильно подбирая условия эксперимента, можно воспроизвести в лаборатории ряд явлений, изучение которых в условиях космоса затруднительно, а иногда и невозможно. Например, в лабораторных условиях подробно исследовалась физическая картина внутри фронта бесстолкновительных ударных волн, являющихся аналогом ударных волн в солнечном ветре, исследовалась динамика взаимодействия плазмы с магнитосферой «Земли». Модельные эксперименты позволяют исследовать условия не только в околоземном пространстве, но и эффекты около Луны и далеких планет.

Проблемы и перспективы космических исследований

В настоящее время космические исследования вступают в новую фазу. Спустя шестнадцать лет после выхода человечества в космос они все больше становятся нормальным видом научно-исследовательской деятельности, а космос — рабочим местом, ла-

бораторией ученых, которая обладает уникальными возможностями для изучения таких фундаментальных процессов, как бесстолкновительные ударные волны, неустойчивости, ускорение, захват и диффузия частиц и т. д. После первых, можно сказать рекогносцировочных, экспериментов началась эпоха систематических исследований, и грядущие десятилетия, несомненно, будут отмечены еще более крупными достижениями.

Главными задачами исследования околоземного пространства в ближайшие годы останется дальнейшее изучение верхней атмосферы Земли, магнитосферы, солнечно-земных связей. Значение работ по изучению околоземного космического пространства состоит в том, что, с одной стороны, это пространство составляет часть окружающей человека среды, непосредственно взаимодействующую с плотными слоями атмосферы Земли и определяющую многие ее параметры (температуру, состав, циркуляцию и т. п.), а также процессы в ионосфере, влияющие на радиосвязь, в особенности в полярных районах. С другой стороны, ионосфера и магнитосфера Земли — наиболее близкая для исследователя естественная космическая система, результаты изучения которой крайне важны для правильного выбора общего направления исследований других планет Солнечной системы и астрофизических объектов. Основное внимание сейчас уделяется повышению качества экспериментов, постановке комплексных опытов, углубленному их анализу. Работы по геофизике постепенно перерастают рамки околоземного космического пространства и выходят в межпланетную среду. Изучение протекающих там процессов крайне необходимо для более детального выяснения солнечно-земных связей и определения воздействия Солнца на Землю. Решаться эти проблемы будут на базе крупных автоматических станций, несущих целый комплекс приборов.

Помимо пассивных, чисто измерительных методов, все большую роль будут играть «активные» эксперименты в космосе — активное вторжение в процессы, происходящие в космической среде, с помощью источников плазмы, электронных и ионных пуч-

ков. Так, в настоящее время в рамках советско-французской программы «Аракс» готовится эксперимент по зондированию магнитосферы быстрыми электронами и образованию искусственных полярных сияний; уже проведены предварительные эксперименты с электронными пучками в магнитосфере.

Намечается дальнейшее развитие внеатмосферных солнечных исследований — в рентгеновском, ультрафиолетовом, инфракрасном, субмиллиметровом и радиодиапазонах спектра, в том числе планируется запуск специальных «солнечных» спутников.

Будет продолжаться изучение Луны и планет средствами космической техники по широкой программе, включающей исследования по физике планетных тел, физике планетных атмосфер и околопланетного пространства, космохимии и космогонии.

Накопленный опыт космических исследований показывает, что широкий круг научных задач, и прежде всего задач, связанных с изучением Луны и планет, может и должен решаться с помощью автоматов. Самое перспективное направление — реализация проектов исследования планет автоматами, обладающими высокой степенью автономии при перемещении по поверхности, способностью восприятия окружающей среды, ее анализа и принятия решений о дальнейших действиях в зависимости от обстановки. Создание подобных автоматических средств связано с решением проблем, объединяемых понятиями «искусственный интеллект» и «интегральные роботы».

Только систематические исследования с применением современных геофизических методов и оборудования дадут возможность определить наконец с достаточной достоверностью строение недр Луны, проследить ее эволюцию.

Исследования Венеры и Марса имеют большое значение в первую очередь для понимания происхождения и эволюции Солнечной системы вообще и Земли в частности. Изучение Марса представляет интерес и с точки зрения биологической. На примере, скажем, американской программы «Викинг» отчетливо видно смещение центра тяжести научных исследований

в сторону комплексных экспериментов, включающих как широкий круг опытов по изучению органической химии поверхности Марса, так и проведение чисто биологических экспериментов.

Значительный интерес представляет изучение окраинных областей Солнечной системы и планет-гигантов — Юпитера и Сатурна. Детализация их состава (соотношение между легкотучей, силикатной и железной составляющими) имеет принципиальное значение для понимания дифференциации протопланетного облака на разных расстояниях от Солнца и при различных условиях концентрации вещества планет. Повышенная яркость Юпитера в радиодиапазоне заставляет предполагать повышенное тепловыделение планет-гигантов, которые, может быть, таят в себе зачатки звездной энергетики, т. е. оказываются своего рода «несостоявшимися звездами». Понятен поэтому интерес, проявляемый специалистами к полетам автоматических и межпланетных станций к Юпитеру и Сатурну. Можно надеяться, что в результате таких полетов будут получены важные научные результаты.

Изучение малых тел Солнечной системы — астероидов и комет — необходимо для получения данных о составе протопланетного облака, из которого образовались планеты, в том числе и Земля. Именно при изучении астероидов и комет может быть найден ключ к пониманию особенностей раннего периода развития Солнечной системы.

Выход в космос неизмеримо расширил наблюдательный диапазон современной астрономии, сделав доступными также гамма-, рентгеновскую, ультрафиолетовую, инфракрасную, субмиллиметровую и радиочастотную (с длиной волны больше 30 м) области спектра. Это позволило, в частности, получить за последнее время такие крупные результаты, как обнаружение многочисленных рентгеновских источников, отождествляемых с активными ядрами галактик и нейтронными звездами.

Огромное расширение наблюдательных возможностей позволило выявить совершенно новые закономерности во Вселенной. Крупнейшим до-

стижением современной астрономии является установление пространственной однородности Вселенной, т. е. одинаковости ситуации в различных ее частях. Сегодня мы знаем не только как развивается Вселенная, но, самое главное, мы достаточно хорошо понимаем временной масштаб многих объектов. Не менее важное достижение — установление масштаба расстояний: от Солнечной системы и далее до звезд в пределах нашей Галактики, до других галактик и вплоть до самых удаленных квазаров.

Астрономические исследования будут развиваться по пути органического сочетания внеатмосферных, стратосферных и наземных наблюдений. Различные методы современной астрономии, дополняя друг друга, дадут возможность изучать Вселенную во всем ее многообразии: исследовать грандиозные взрывные процессы в ядрах галактик и в звездах, свойства межгалактического газа, межзвездную среду, химический состав и распределение вещества в нашей Галактике, физические параметры и процессы образования звезд, изучать сложные формы вещества в различных космических объектах. Все это будет способствовать прояснению вопроса о возрасте Вселенной и выборе космологической картины мира, о состоянии вещества в молодой Вселенной.

Что касается перспектив внеатмосферной астрономии, то, прежде всего, они связаны с выведением больших телескопов на орбиты спутника Земли. Конечно, создать астрономическую обсерваторию на орбите не просто. Серьезные трудности представляет правильная разгрузка зеркала и контроль его поверхности, обеспечение температурного режима. Не менее сложная проблема — ориентация и стабилизация платформы, несущей астрономические приборы. Платформа должна обладать способностью обеспечивать заданную ориентацию с точностью порядка сотых долей секунды дуги. Создание таких систем ориентации и стабилизации, безусловно, потребует совершенно новых технических принципов и технологических решений. Однако уже сегодня не видно неразрешимых проблем, которые не позволяли бы в ближайшее десяти-

летие поместить на околоземной орбите телескоп с диаметром зеркала в несколько метров. Главной задачей таких будущих внеатмосферных обсерваторий станут, очевидно, спектральные и фотометрические исследования в ультрафиолетовой, инфракрасной и субмиллиметровой областях спектра.

Появление больших орбитальных телескопов приведет к дальнейшим успехам астрофизики, которая в последнее десятилетие испытывает бурный расцвет, быть может сравнимый по своей значимости с эпохой стремительного развития физики элементарных частиц после появления ускорителей. Астрономические наблюдения позволяют исследовать свойства вещества, находящегося в экстремальном, недостижимом в лабораторных условиях, состоянии. Быть может, среди космических объектов будут найдены такие, которые не описываются известными нам законами физики. Может быть, существуют космические тела, где происходят совершенно иные процессы, приводящие к выделению огромных количеств энергии. Ведь именно астрофизиками до первых лабораторных работ был сделан вывод о существовании термоядерных реакций.

Сейчас еще кажутся нереальными контакты с другими мирами, но разве можно было себе представить в те времена, когда человек плавал только на плотах и пирогах, что будут столь распространены сообщения между континентами? Пилотируемые космические корабли во все большей степени будут выступать не только как средство расширения сферы исследований, но и как средство расширения сферы жизни. Естественно при этом, что дальнейшее освоение космического пространства связано с решением сложных биологических и медико-технических задач. Среди них одной из наиболее важных представляются вопросы физиологии длительного пребывания человека в космосе, вопросы создания систем жизнеобеспечения с замкнутым циклом и др.

Будущее космических полетов зависит и от прогресса ракетной техники, в частности от использования ядерных, плазменных двигателей. Впереди — создание космических кора-

блей, которые, будучи оснащены средствами сверхдальней связи, навигационными приборами, совершенными системами жизнеобеспечения, сделают возможным многолетние путешествия к другим планетам.

Характерная черта современного подхода к изучению природных ресурсов планеты Земля — комплексность исследований, на основе которых можно было бы создать модель взаимодействия человека, владеющего совершенной техникой, и природы, ресурсы которой должны тщательно контролироваться, охраняться и рационально использоваться. Дальнейшее развитие техники, производства и производственных отношений, а также характер использования обществом достижений научно-технической революции должны соответствовать этой модели, которая будет уточняться и видоизменяться по мере совершенствования системы знаний о природных процессах и явлениях. Вряд ли кто из специалистов возьмет на себя смелость оспаривать факт, что успех настоящих и будущих программ исследования природных ресурсов Земли во многом зависит от использования спутников, оснащенных специальным оборудованием.

Одним из наиболее важных материалов для изучения природных ресурсов Земли служит фотографическое изображение земной поверхности, черно-белое или цветное. Однако если одновременно получать фотографии в видимой части спектра и инфракрасных лучах, то они позволят гораздо полнее исследовать свойства наблюдаемых объектов. Можно создавать изображения и с помощью специальной аппаратуры, регистрирующей радиоизлучение земных образований в определенных участках спектра. Такой метод особенно перспективен, поскольку, во-первых, радиоизлучение свободно проходит сквозь облака, которые оказываются непреодолимым препятствием для фотографирования земной поверхности. Во-вторых, оно позволяет, хотя и в небольшой степени, проникнуть в толщу Земли, тогда как фотография дает лишь изображение поверхности.

В настоящее время ведутся экспериментальные и теоретические работы по выяснению возможностей мето-

дов и средств дистанционной индикации природных образований. Вырабатываются способы наиболее эффективного использования полученной информации различными отраслями науки и хозяйства.

Для выявления корреляции между видами и характеристиками природной среды, с одной стороны, и параметрами их дистанционных проявлений, с другой стороны, проводятся наземные, самолетные и спутниковые измерения и съемки. При этом признаки различных природных образований устанавливаются на основе спектральных, пространственных и эволюционных характеристик. Результаты этих работ могут в будущем стать элементами комплексных проектов по исследованию природных ресурсов Земли.

В проблеме исследования Земли с помощью космических средств необходимо также рассматривать возможности геодезических, гравиметрических и магнитометрических методов. Программа работ в области космиче-

ских исследований Земли должна предусматривать широкое международное сотрудничество.

Все эти проблемы не могут быть успешно разрешены без дальнейшего развития научного космического приборостроения. Как известно, применение новейших методов и создание все более совершенных приборов и аппаратуры служит одной из существенных мер повышения эффективности научных исследований. Вполне понятно, что и в космических исследованиях научное приборостроение должно по крайней мере не отставать от развития самой ракетно-космической техники. С другой стороны, как уже отмечалось выше, сложность изучаемых явлений и объектов диктует необходимость комплексных, многосторонних исследований. А для этого требуются системы научных приборов, объединенных определенной логикой работы и взаимодействием ряда элементов аппаратуры. Иными словами, речь идет о более широком использовании принципов систематизации и

унификации в приборостроении для космических исследований. Определенный задел для этого уже есть. Имеются в виду такие новые компоненты приборов, как чувствительные датчики и полупроводниковые элементы, базовые схемы усилителей и приемников излучения в разных диапазонах волн, детекторы корпускулярного излучения и др. Дальнейшее совершенствование этих элементов позволит систематически улучшать чувствительность и разрешающую способность приборов. Планомерное развитие научного приборостроения дает возможность создать базовую систему приборов для космических исследований, эффективно совершенствовать методы и схемы их комплексного применения.

Важным фактором успешного развития научных исследований в космосе будет также широкое внедрение автоматизации на основе использования бортовых быстродействующих электронных вычислительных машин.

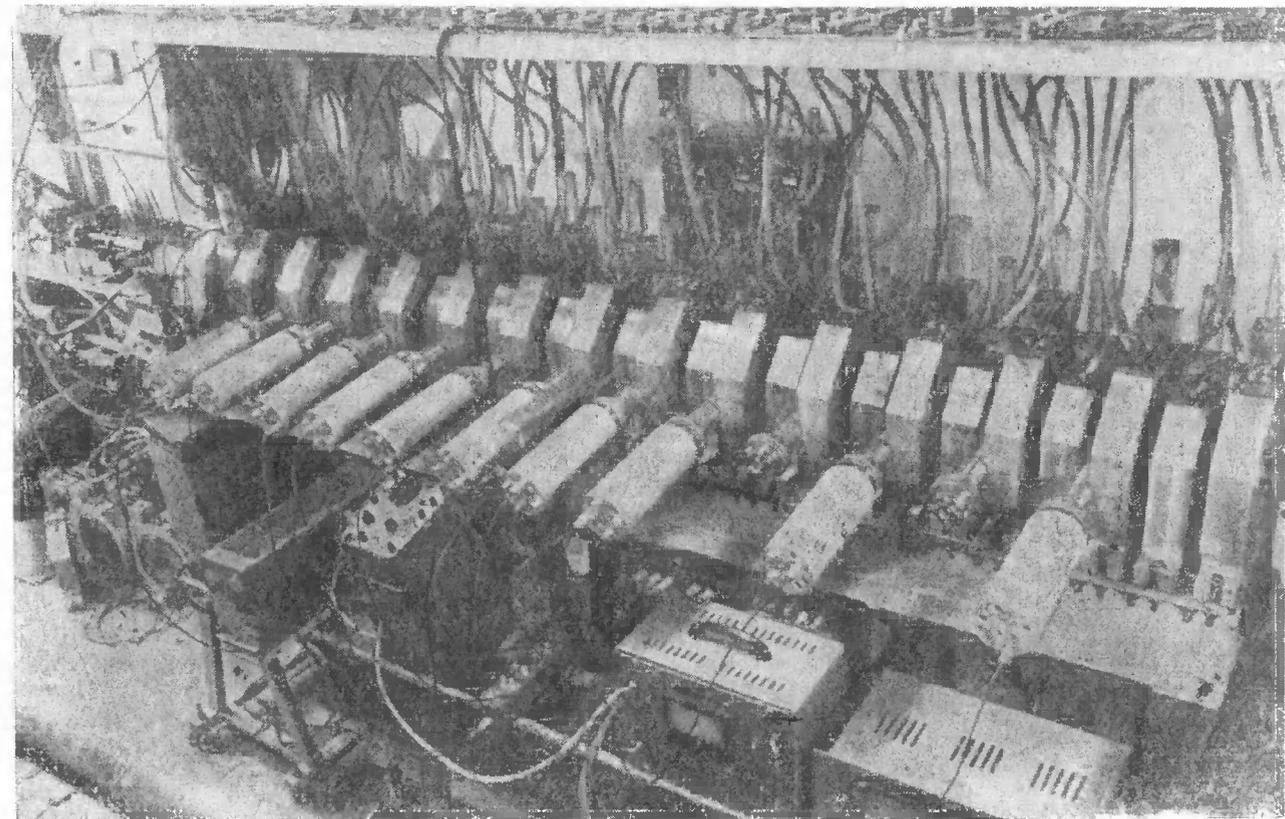
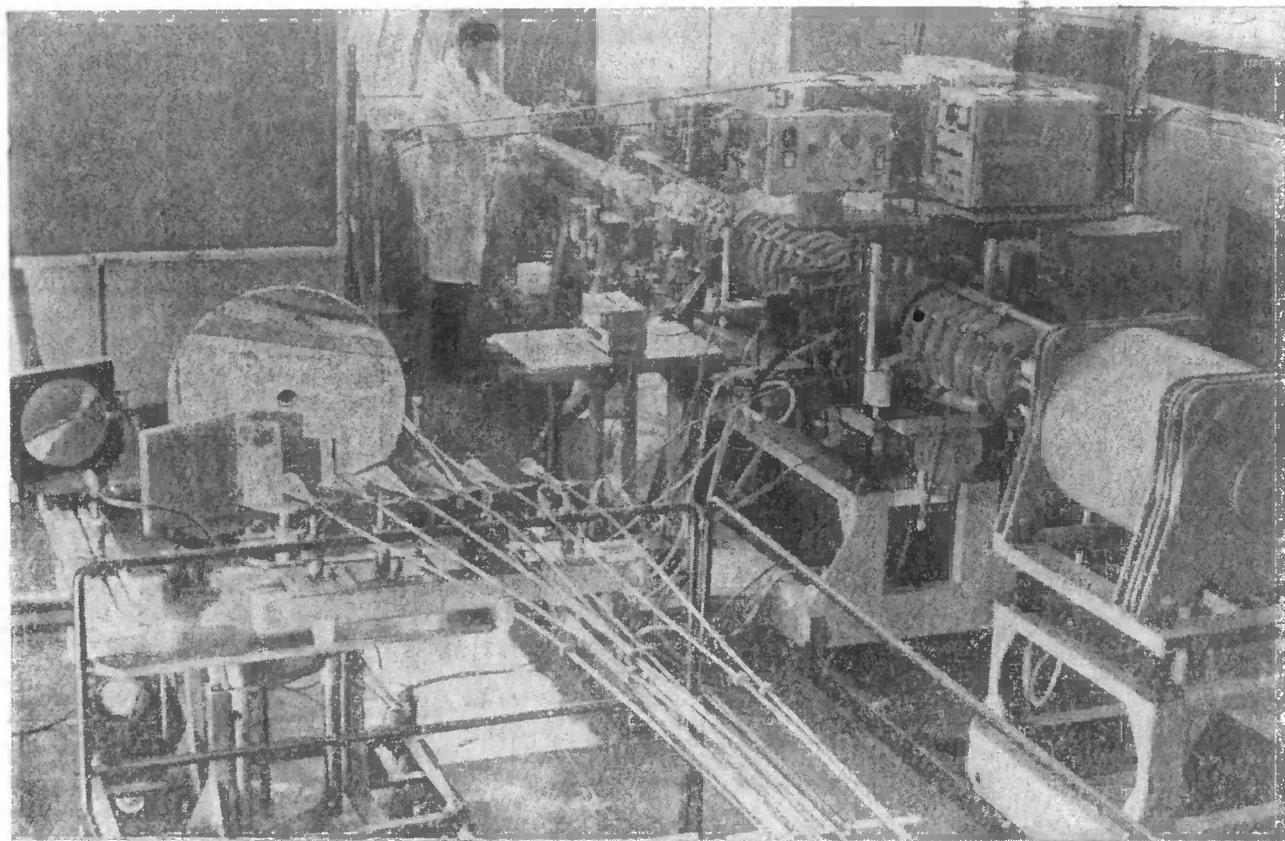
УДК 629.198.3

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.



Управляемый термоядерный синтез в установках с плотной плазмой

Академик Г. И. Будкер



Г. И. Будкер, директор Института ядерной физики СО АН СССР, автор фундаментальных работ по теории атомных реакторов, физике частиц высоких энергий, ускорителям заряженных частиц, по физике плазмы и проблемам управляемого термоядерного синтеза, по разработке метода встречных пучков в физике высоких энергий. Один из пионеров управляемого термоядерного синтеза; в частности, ему принадлежит идея «магнитных пробок», которая легла в основу всех «открытых» термоядерных систем. Лауреат Ленинской и Государственной премий.

В последние годы мы стали свидетелями все возрастающего потока новых обнадеживающих экспериментов, цель которых — заложить фундамент практического использования контролируемой термоядерной реакции для промышленного получения электроэнергии.

Не буду останавливаться на важности всех этих работ, необходимых в конечном счете для спасения человечества от энергетического голода, дающего о себе знать уже в наши дни и неминуемо наступившего бы в начале XXI в., если бы физиками еще в середине нашего столетия не были открыты принципиально новые — ядерные источники энергии.

Что же нового в этой области? Довольно много достигнуто в уже ставшей классической области исследований с плазмой, удерживаемой от-

В основу статьи положен доклад автора на Европейской конференции по физике плазмы и проблемам управляемого термоядерного синтеза (Москва, август 1973 г.).

Вверху. Общий вид установки «ИНАР» для исследования нагрева плазмы мощным релятивистским электронным пучком. Максимальный ток пучка 6 ка, энергия электронов 1 Мэв.

Внизу. Общий вид установки, в которой проводился модельный эксперимент по удержанию щелочной плазмы в многопробочном магнитном поле. Длина установки 3 м; выступающие вперед цилиндры — системы ввода и питания зондов, предназначенных для измерения плотности плазмы.

носительно сильными магнитными полями, т. е. с плазмой, для которой давление частиц вещества $p = nkT$ меньше давления магнитного поля $H^2/8\pi$, или $nkT8\pi/H^2 \equiv \beta < 1$. Наши работы относятся к новой области, где $\beta > 1$ и даже где $\beta \gg 1$ (т. е. когда кинетическое давление частиц много больше давления магнитного поля). Эти условия многими не так давно считались безнадежными для достижения управляемого термоядерного синтеза. Вместе с тем относительно большие плотности термоядерного топлива (используемые, кстати говоря, в «неконтролируемых» термоядерных реакциях, не говоря уже о природных процессах в недрах звезд) с самого начала термоядерных исследований были заманчивы тем, что при таких плотностях для получения положительного энергетического выхода требуется меньшее время удержания горячей плазмы.

Дело в том, что термоядерное топливо сгорает быстрее при повышении плотности: скорость этого сгорания в фиксированном (заданном) объеме прямо пропорциональна квадрату плотности горячего; из этого очевидно желательность перехода к наиболее высокой допустимой плотности. Английским физиком Лоусоном установлено в 1957 г., что критическое (минимально необходимое) время τ , потребное для развития термоядерных реакций с положительным энергетическим балансом (превышение энергетического выхода над энергией разогрева плазмы), составляет:

$$\tau \geq 10^{16} \text{ сек/л см}^{-3} \text{ для реакции } D + D;$$

$$\tau \geq 10^{14} \text{ сек/л см}^{-3} \text{ для реакции } D + T,$$

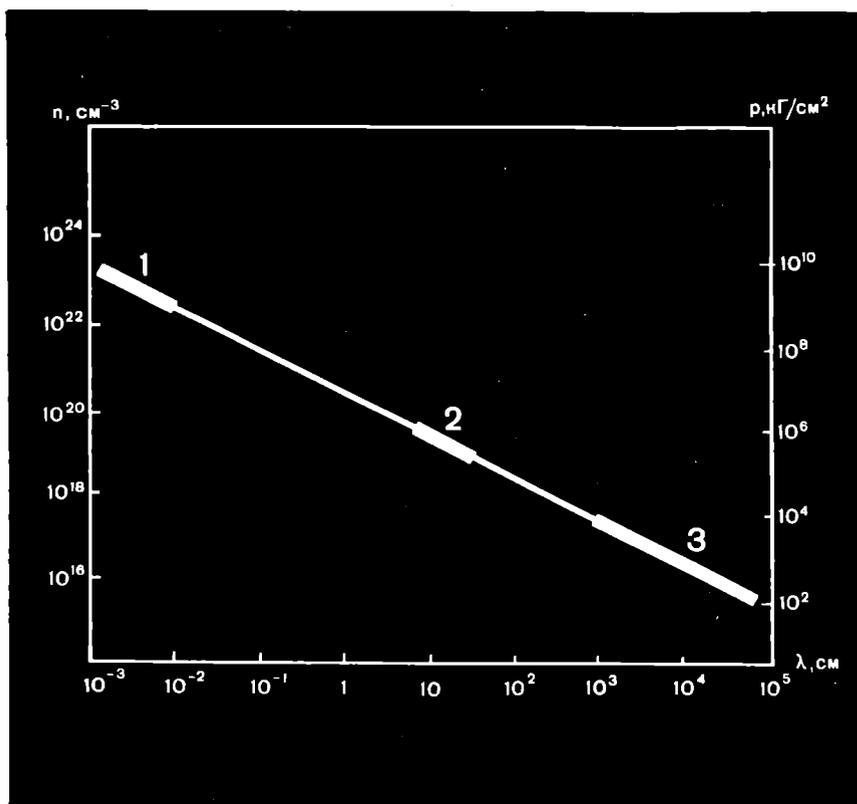


Рис. 1. График, связывающий плотность плазмы n , давление p и длину свободного пробега λ при термоядерных температурах $T \sim 100$ млн К. Жирные участки линии соответствуют нескольким направлениям исследований: 1 — сжатие микрочастиц всесторонним лазерным облучением; 2 — сжатие взрывом; 3 — неразрушаемые системы.

причем все виды термоядерного топлива, отличные от дейтериево-тритиевой смеси, для зажигания требуют температур более высоких, чем эта наиболее рациональная смесь.

Плотная плазма была вначале сброшена со счетов в силу очевидной невозможности добиться достаточной теплоизоляции такой плазмы, однако в последние годы были найдены пути обхода этой трудности. В нашем институте, а также в ряде ведущих научно-исследовательских организаций США исследуются методы получения термоядерной плазмы высокой плотности, обещающие более эффективный режим утилизации термоядерной энергии.

Во избежание недоразумений нужно условиться о терминологии. В разное время разные люди вкладывали в слова «плотная плазма» совершенно различный смысл. Мы называем плазму плотной, если длина свободного пробега заряженных частиц λ по крайней мере сравнима с длиной установки L , т. е. $\lambda \leq L$.

В области термоядерных темпера-

тур $T \sim 10^8$ эв (~ 100 млн К) это означает, что плотность плазмы должна удовлетворять условию:

$$n \text{ см}^{-3} > \frac{3 \cdot 10^{27}}{L \text{ см}},$$

а ее давление p — условию:

$$p_{\text{атм}} > \frac{10^7}{L \text{ см}}$$

(см. рис. 1).

Нас будут интересовать **магнитные ловушки** с плотной плазмой, т. е. системы, в которых существенную роль играют магнитные поля.

Максимальное давление, при котором еще можно говорить об удержании плазмы в ловушке, — это миллионы атмосфер, получаемые при взрывном обжатии лайнера¹. Плотность соответствующей плазмы $n \sim 3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, а длина свободного пробега в ней $\lambda \sim 10$ см. Конечные раз-

¹ Лайнером в термоядерной технике называют цилиндрическую проводящую оболочку, внутри которой находится плазма и магнитное поле.

меры реактора после взрыва составляют примерно 1 см в радиальном направлении и несколько метров в длину, причем называемая мною длина определяется из того условия, чтобы время τ продольного разлета плазмы соответствовало условию Лоусона для термоядерной реакции в смеси D + T:

$$\tau \text{ сек} \sim 10^{14}/n \text{ см}^{-3}.$$

Следующий шаг при движении по нисходящей кривой, показанной на рис. 1, — попытка создания плазмы с высоким давлением в неразрушающихся сосудах ($p \sim 10^4$ атм) с поперечным удержанием. Поскольку в продольном направлении в плотной плазме не предполагалось ни термоизоляции, ни удержания плазмы, длина установки становилась порядка километра. Можно согласиться, что длина термоядерного реактора ~ 1 км не должна считаться безнадежно большой. Более того, я бы сказал, что создание такой установки адекватно проблеме термоядерной электростан-

ции с коммерчески приемлемой мощностью. Однако чтобы осуществить поперечное удержание плазмы, на всей этой длине потребуется создать поле в сотни килогаусс, а эта задача при длине машины около километра становится действительно сложной и очень дорогой. Кроме того, встречаются очень большие трудности в моделировании такой машины, а чтобы сразу приступить к строительству полномасштабной установки, нужна необычайная смелость экспериментатора и финансирующей его организации.

Поэтому нами была рассмотрена несколько необычная на первый взгляд возможность: удержание плазмы в поперечном направлении не магнитным полем, а стенками. За магнитным полем остается единственная роль — уменьшение поперечной теплопроводности, что требует значительно меньших магнитных полей и по-новому решает проблему устойчивости. Так появились «системы с $\beta \gg 1$ ». Технические преимущества цилиндра, выдерживающего давление в десятки тысяч атмосфер, перед соленридом, рассчитанным на соответствующее поле, очевидны.

Несколько позже я более подробно остановлюсь на физике процессов, происходящих в термоядерной плазме при удержании стенками.

Продольное удержание плазмы

Поскольку установка длиной в 1 км даже при удержании плазмы стенками все же остается достаточно громоздкой, мы стремились найти решения с более привычными размерами установки. Несколько лет назад автором (совместно с В. В. Мирновым и Д. Д. Рютовым) был найден и изучен такой метод. Его сущность состоит в том, что на концевых участках машины устанавливается система из многих пробкотронов (рис. 2), которые при определенном отношении λ/L резко уменьшают выход плазмы по сравнению с машиной той же длины, но имеющей одну пробку или совсем не имеющей магнитных пробок.

Если выбрать длину каждого пробкотрона $L_{пр}$ такой, чтобы частица, пролетая через него, рассеивалась

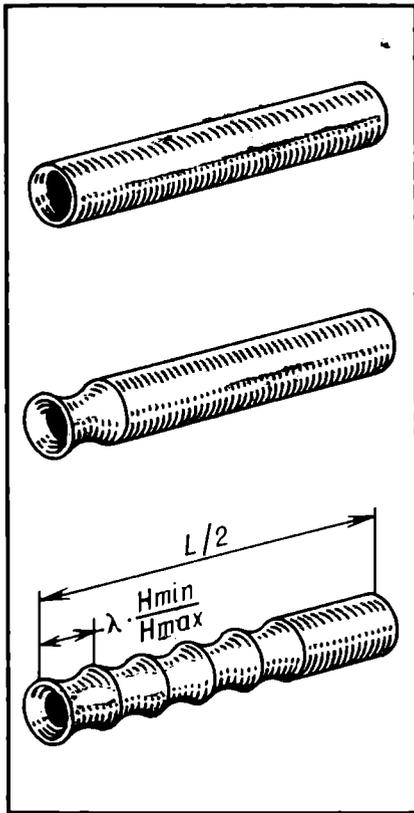


Рис. 2. Схе­ма концевых частей цилиндрических неразрушаемых систем с плотной плазмой: вверху — с прямым магнитным полем; в середине — с одной пробкой; внизу — со многими пробками; λ — длина свободного пробега в плазме; H_{min} и H_{max} — наименьшее и наибольшее значения магнитного поля в пробкотроне; L — длина системы. Оптимальный размер пробкотрона $L_{пр} = \lambda H_{min}/H_{max}$.

на угол $\Delta\theta \sim \sqrt{H_{min}/H_{max}}$ (где H_{min} и H_{max} — наименьшее и наибольшее значения поля в пробкотроне), то частица на длине пробкотрона захватится в него. Несколько следующих рассеяний выведут ее из ловушки, но с равной вероятностью как вперед, так и назад. Таким образом частица будет совершать диффузионное движение между пробкотронами, а время жизни ее, пропорциональное квадрату длины системы, увеличится во много раз по сравнению со временем жизни в трубе с однородным полем. Интересно отметить, что положительный эффект исчезает как при очень малых, так и при очень больших плотностях плазмы. При меньшей плотности частица, прошедшая через первую пробку, свободно пройдет и через все остальные, а при большей плотности (вследствие уменьшения вязкости) будет наблюдаться нормальное газодинамическое течение сквозь гофрированную трубу, которое мало отличается от течения сквозь гладкую трубу. Таким образом, существует лишь определенная область

параметров, в которой наблюдается наш эффект.

Макроскопическая картина выглядит следующим образом. В каждый момент плазма представляет собой смесь газа пролетных частиц и газа запертых частиц, причем перенос вещества вдоль оси системы осуществляется, естественно, только пролетными частицами. За счет столкновений пролетные частицы отдают свой импульс запертым, а те, в свою очередь, передают его магнитному полю пробок. Таким образом, плазма как бы испытывает трение о магнитное поле. При этом качественно меняется сам характер продольного движения плазмы: инерционный разлет превращается в медленное просачивание плазмы сквозь систему пробкотронов, как сквозь пористую среду. Скорость вытекания по сравнению с однородным полем при большом пробочном отношении уменьшается в k^2L/λ (где $k = H_{max}/H_{min}$ — это пробочное отношение). Множитель L/λ возникает из-за диффузионного характера движения. Число пролетных частиц есть $1/k$

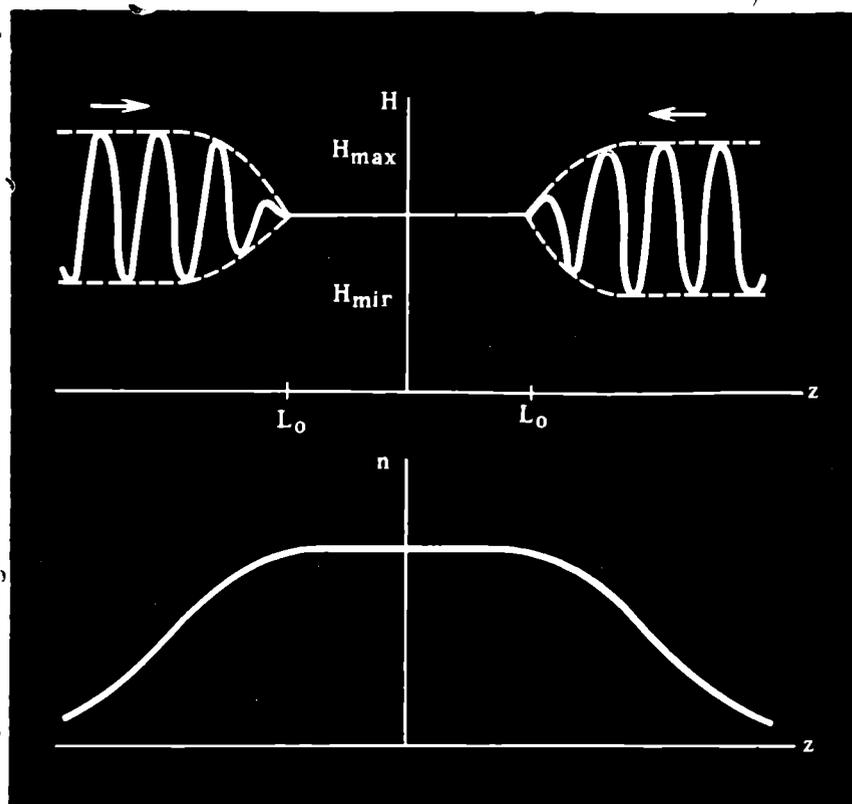


Рис. 3. Схема системы с движущимися пробками: вверху — набегающие слева и справа на область однородного магнитного поля ($L_0 - L_0$) «волны» удерживают плазму от продольного разлета; внизу — получаемое распределение плотности плазмы n в такой системе.

от полного числа частиц; вторая степень k получается за счет уменьшения длины рассеяния относительно захвата в пробкотрон. Общий выигрыш настолько велик, что нельзя не обратить на него серьезного внимания.

Несмотря на то что эти оценки носят довольно очевидный характер, они не сразу были приняты научной общественностью. Нам приходилось даже слышать утверждения, будто наши оценки противоречат закону сохранения импульса. Я думаю, что здесь сыграл роль определенный психологический барьер, связанный с многолетним опытом работы с плазмой, в которой $\lambda \gg L$. Примерно так же 20 лет назад нам потребовалось много усилий, чтобы преодолеть барьер с другой стороны — у специалистов по газодинамике, примкнувших к термоядерным исследованиям. Для преодоления этого барьера, а также для того, чтобы убедиться, что в теории нет грубых просмотров, мы провели модельный эксперимент на щелочной плазме.

Идея эксперимента основана на том, что в низкотемпературной щелочной плазме из-за большого кулоновского сечения условие $\lambda < L$ удается удовлетворить при низких значениях плотности плазмы и при относительно малых размерах установки. На установке длиной 3 м изучался процесс диффузионного протекания плазмы со средней плотностью $\sim 10^{10}$ см $^{-3}$ сквозь систему из 14 пробкотронов. Результаты полностью подтвердили предсказания теории: при переходе от однородного магнитного поля к многопробочному плотность плазмы около источника резко возрастала, причем в теоретически предсказанное число раз. Была проведена серия контрольных экспериментов, а также эксперименты по разлету плазмы.

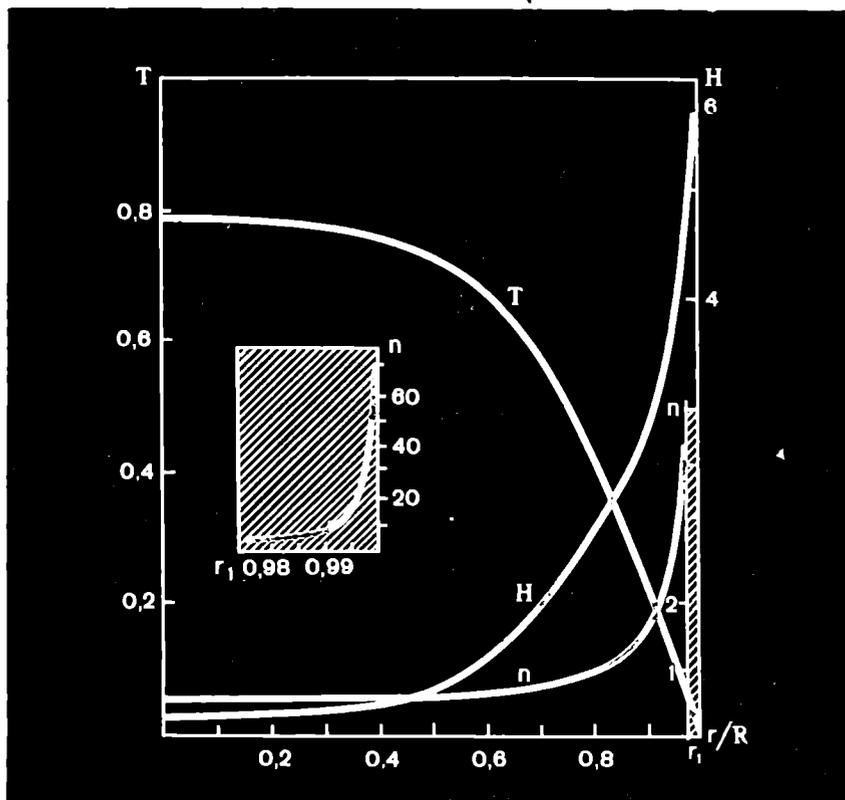
Одновременно с нами и независимо идею удержания плотной плазмы в многопробочном магнитном поле предложили Г. Логан, Либерман и Лихтенберг (Калифорнийский университет, США). Ими были проделаны численные расчеты, относящиеся к движению отдельных заряженных час-

тиц через многопробочное магнитное поле при наличии неподвижных рассеивающих центров. Этим авторы заранее предопределили диффузионный характер движения и смогли, по существу, «выловить» зависимость времени удержания только от пробочного отношения. Эта же группа провела серию экспериментов на установке с 3—5 пробкотронами и получила результаты, согласующиеся с нашими.

Сейчас в нашем институте, в лаборатории, возглавляемой Д. Д. Рютовым и Э. П. Кругляковым, заканчивается монтаж установки, на которой будет исследоваться многопробочное удержание водородной плазмы с плотностью $\sim 10^{15}$ см $^{-3}$ и температурой ~ 100 эв (1 млн К). Длина установки составляет 6 м, средняя напряженность магнитного поля — до 20 кгс. Плазма будет готовиться с помощью сильноточного релятивистского электронного пучка.

Мы выбрали температуру равной 100 эв, потому что при этом получают сравнительно умеренные требо-

Рис. 4. Распределения плотности плазмы n , температуры T и напряженности магнитного поля H по расстоянию r от оси установки в момент, когда температура в центре установки достигает 8 кэв (80 млн К); R — радиус трубы. Концентрация плазмы n и магнитное поле H даны в отношениях к их первоначальным значениям. Температура в начальный момент времени равна 10 кэв. Изменение плотности плазмы в пристеночном слое от точки r_1 показано в центре в большем масштабе.



вания на вкладываемую энергию. Далее вкладываемая энергия растет как высокая степень температуры и в термоядерной области (10 кэв \approx 100 млн К) становится порядка десятков мегаджоулей.

Поперечное удержание

Теперь я снова вернусь к задаче о поперечном удержании плазмы. Как я уже говорил, есть две существенно различные возможности: хорошо известное магнитное удержание ($H^2 \gg \gg 8\pi nkT$) и удержание плазмы стенками камеры, когда магнитное поле служит только для подавления поперечной теплопроводности ($H^2 \ll \ll 8\pi nkT$).

Первая возможность хорошо изучена, и я не буду на ней подробно останавливаться¹. Замечу только, что в случае аксиально-симметричного многопробочного поля плазма неустойчива относительно желобковых возму-

щений, и поэтому кажется необходимым использовать аксиально-несимметричные конфигурации, обеспечивающие создание магнитной ямы. Хорошо известный недостаток таких конфигураций — трудность получения большого пробочного отношения k . Вместе с тем у сильного поля есть и преимущества: поскольку плазму в нем можно оторвать от стенок, оказывается возможным создать движущиеся пробки (рис. 3), которые обеспечивают квазистационарность продольного удержания. Волны, изображенные на рисунке слева и справа, непрерывно «набегают» на область однородного магнитного поля за счет уже упомянутой силы трения плазмы о магнитное поле обеспечивают создание постоянной силы, удерживающей плазму от продольного разлета.

Скорость этих волн невелика, она равна скорости течения плазмы, т. е. много меньше ионных скоростей, и технически осуществить такое бегущее поле не составляет особого труда. Однако отмеченные ранее трудности создания сильных магнитных

полей в больших объемах заставляют нас не оставлять без внимания системы с удержанием плазмы стенками.

Для простоты рассмотрим сначала задачу о поперечном удержании плазмы стенками в цилиндрической трубе (без гофрировки). Даже и в этом случае физика удержания несколько более сложна, чем это кажется на первый взгляд. Причина этих осложнений связана с тормозным излучением¹. Действительно, мощность тормозного излучения из единицы объема горячей плазмы Q пропорциональна $n^2\sqrt{T}$. Но при условии $n \propto 1/T$ мощность излучения изменяется пропорционально $T^{-3/2}$ и в слое холодной плазмы, прилегающей к стенкам камеры, становится очень большой. Излучение настолько велико, что ослабленная магнитным полем теплопроводность не обеспечивает потока тепла, необходимого для компенсации

¹ В данном случае тормозным мы называем излучение электронов, связанное с изменением их скорости при столкновении с частицами плазмы.

¹ Подробнее см.: Л. А. Арцимович. Физика высокотемпературной плазмы. «Природа», 1969, № 8.

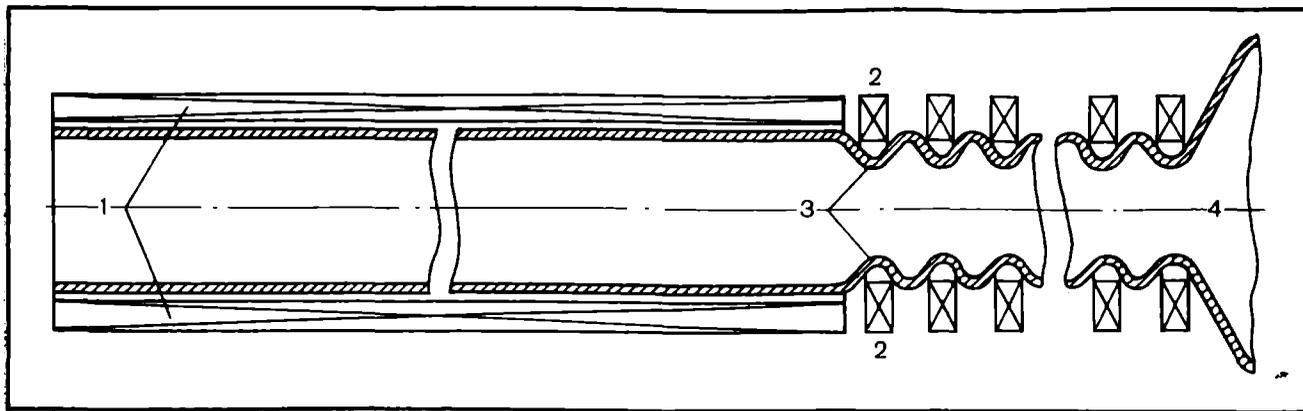


Рис. 5. Схема предполагаемого термоядерного реактора: 1 — катушка однородного магнита, 2 — катушка многопробочного магнита, 3 — хорошо проводящая оболочка, предотвращающая вытеснение магнитного поля при нагреве плазмы, 4 — расширитель. Данные реактора: длина $L = 10$ м, средний диаметр $d = 10$ см.; среднее магнитное поле $H = 10^5$ гс, отношение максимального магнитного поля к минимальному $H_{\max}/H_{\min} = 3$, концентрация плазмы $n = 3 \cdot 10^{17}$ см $^{-3}$, энергия $W = 10^8$ дж.

радиационных потерь. С этим связаны наши неудачи в поисках стационарных решений в работах 1967—1969 гг. В последнее время нашими сотрудниками Д. Д. Рютовым, П. З. Чеботаевым и др. были найдены квазистационарные решения, смысл которых состоит в следующем.

Наружные слои плазмы, охлаждаясь, прижимаются к стенке и «съедаются» ею. В результате этого появляется течение плазмы к стенке. Скорость течения определяется скоростью «съедания» плазмы, которая, в свою очередь, зависит от процессов теплопроводности и излучения в пристеночном слое. Существование течения плазмы приводит, в частности, к тому, что время жизни плазмы растет не как R^2 , как это было бы при обычной теплопроводности, а лишь как первая степень R , где R — радиус трубы.

Вместе с тем расчеты показали, что время жизни плазмы оказывается достаточным для получения положительного энергетического выхода уже при самых скромных поперечных разме-

рах реактора и при сравнительно небольших полях ($R = 1$ см и $H = 5 \cdot 10^4$ гс — при классической теплопроводности; $R = 5$ см и $H = 10^5$ гс — при бомовской теплопроводности¹). При этом я еще раз хочу подчеркнуть, что $\beta \gg 1$ и потерями энергии в обмотках даже при $H = 100$ кгс можно пренебречь.

В ходе расчетов было получено распределение n , T и H по радиусу установки в различные моменты времени. Типичный пример соответствующих результатов показан на рис. 4. График изменения плотности пристеночного слоя, где плотность на два порядка превышает центральную, изображен отдельно в центре рисунка.

Учет гофрировки связан с появлением двух новых проблем. Первая — это проблема деформации силовых линий при расширении плазмы. Чтобы интересующая нас конфигурация магнитного поля сохраняла свой вид в плазме с $\beta > 1$, необходимо сделать гофрированную стенку, удерживающую плазму. Нужно также, чтобы проводимость этой стенки была достаточно высокой (чтобы магнитное поле в процессе деформации не могло просочиться через нее и силовые линии сохраняли свою форму по крайней мере у стенки). В таких условиях различные перестройки радиального распределения плотности плазмы, воз-

¹ Бомовская теплопроводность обусловлена плазменными коллективными («турбулентными») эффектами переноса тепла — более сильными, чем молекулярные («столкновительные») эффекты переноса тепла.

можные в процессе нагрева и охлаждения, не могут привести к сильному изменению профиля магнитного поля в основной части объема ловушки, сколь бы малым ни было магнитное поле. Напряженность поля здесь может измениться на величину порядка единицы, не более. Численные расчеты подтверждают этот вывод.

Более существенными могут быть деформации силовых линий, связанные с продольным градиентом давления. Если магнитное поле будет слишком слабым, оно может быть смято и унесено потоком плазмы. Этого заведомо не произойдет, если будет выполнено, грубо говоря, следующее условие:

$$\frac{P_{\max}^2}{8\pi} > \delta p \propto p/N,$$

где δp — перепад давления плазмы на одном пробкотроне, а N — число пробкотронов. Смысл этого условия состоит в том, что большое давление плазмы p распределяется между многими пробкотронами и каждая отдельная пробка удерживает маленький перепад давления δp . Видно, что при больших N последнее условие вполне совместимо с неравенством $\beta \gg 1$. Это подобно тому, что стальной винт, ввинчиваемый даже в достаточно податливое дерево, может быть разорван совместными усилиями многих витков резьбы.

Вторая проблема — устойчивость плотной плазмы, удерживаемой гофрированной жесткой оболочкой, — также была исследована в нашем институте. Оказалось, что плазма в этом

случае, вообще говоря остается неустойчивой (как и при $\beta < 1$), но за счет действия продольной вязкости ионов, при достаточно больших значениях β , неустойчивость не успевает развиться за интересующее нас время.

Нагрев плазмы

В рассматриваемой задаче, кроме проблем удержания и теплоизоляции плазмы, решающее значение имеет также проблема нагрева. Из всех возможных (при выбранной конфигурации) методов нагрева мы остановились на нагреве плазмы с помощью мощного релятивистского электронного пучка. Мы исходили из общепризнанного суждения, что большая мощность требует высокого напряжения, так что успешный переход к напряжениям в миллион вольт хотя и кажется сложной задачей, на самом деле обеспечил бы заметные упрощения.

Работы по нагреву плазмы распадаются на две части: исследования взаимодействия пучков с плазмой и создание соответствующих источников электронных пучков.

Первые эксперименты по взаимодействию релятивистских пучков с плазмой были проведены в нашем Институте в 1970—1971 гг. Эксперименты показали, что при плотности плазмы $\sim 10^{12}$ см⁻³ пучок может передавать плазме 10—15% своей начальной энергии. При этом передача энергии от пучка к плазме никак не может быть связана с кулоновскими столкновениями, поскольку кулоновские длины свободного пробега частиц пучка и плазмы на много порядков превосходили длину установки. Единственное разумное объяснение — это возбуждение в плазме «микроскопических флуктуаций» с последующим рассеянием на них пучка. Соответствующая теория была построена нашими сотрудниками Б. Н. Брейзманом и Д. Д. Рютовым и позволила качественно понять многие экспериментальные результаты.

В новых экспериментах, которые проводились в Институте ядерной физики СО АН СССР в течение последних двух лет, удалось добиться значительного продвижения в область высоких плотностей плазмы: эффек-

тивное взаимодействие пучка с плазмой наблюдалось при $n \sim 3 \cdot 10^{14}$ см⁻³. Общий вид установки показан на стр. 14, вверху.

Экстраполяция этих данных с учетом имеющихся теоретических и экспериментальных результатов вселяет в нас уверенность, что при решении задачи создания пучков с напряжением $\sim 10^6$ в, общим током 10^6 а и длительностью $\sim 10^{-4}$ сек. нагрев плазмы необходимой плотности до термоядерных температур будет обеспечен. Работы по созданию источника пучка ведутся в Институте ядерной физики СО АН СССР с 1967 г. Сейчас у нас работают источники с полной энергией пучка до 10 кдж.

*

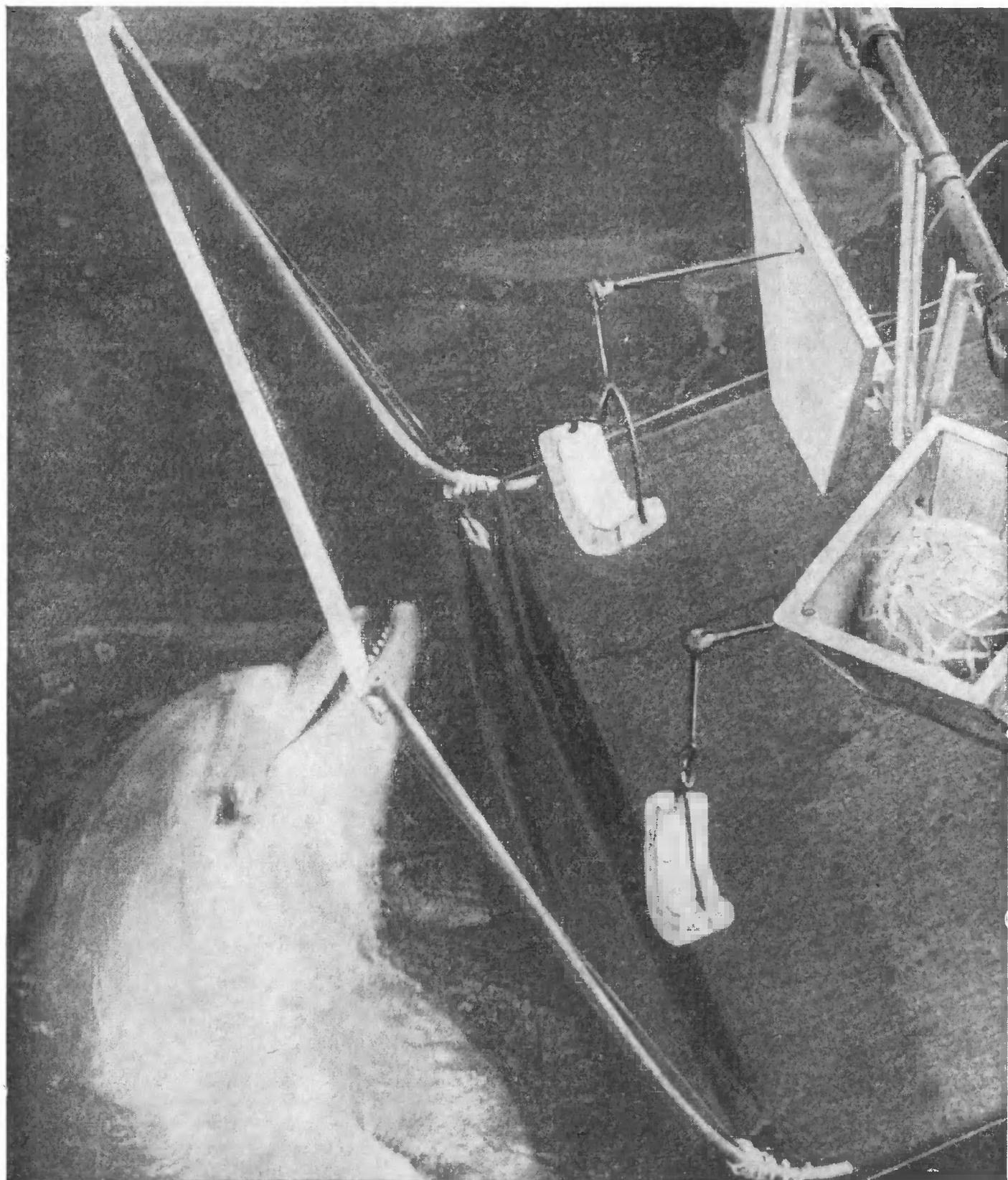
В заключение я остановлюсь на том, как мог бы выглядеть термоядерный реактор, построенный на основе изложенных принципов. Схема реактора изображена на рис. 5. Реактор представляет собой жесткую проводящую оболочку длиной около 10 м и внутренним диаметром ~ 10 см. Средняя напряженность магнитного поля равна 10^3 гс, пробочное отношение равно 3. Число пробокотронов — по 10 с каждой стороны. Плазма с плотностью $\sim 10^{18}$ см⁻³ готовится в центральной части установки релятивистским электронным пучком, инжектируемым с одного из торцов. Тепловая энергия плазмы равна 10^8 дж. Время жизни плазмы $\sim 10^{-4}$ сек. достаточно для получения положительного энергетического выхода.

Этот вариант установки соответствует боровской теплопроводности, т. е. наиболее пессимистическому предположению о поперечном удержании плазмы. Если же теплопроводность окажется классической, то можно будет значительно уменьшить магнитное поле и, что более существенно, диаметр установки. При этом уменьшится (до нескольких мегаджоулей) и полная энергия, которую нужно будет ввести в плазму.

Конечно, создание такой системы даже при условии успешного решения всех принципиальных проблем представляет собой очень сложную задачу. Однако эти сложности вполне адекватны поставленной цели и лежат в пределах современных технологических и экономических возможностей.

Я хотел бы еще раз вернуться к той точке зрения, которую уже высказывал при закрытии Новосибирской конференции 1968 г., а именно, что имеющихся сейчас знаний в физике плазмы вполне достаточно, чтобы приступить к разработке конкретных термоядерных систем, обещающих достижение уже в этом десятилетии практических результатов по использованию термоядерной энергии в промышленных масштабах.

УДК 621.037.6



Возможный механизм рассудка

Профессор Л. В. Крушинский

Проблема изучения предыстории человеческого разума встает перед наукой во весь рост. Положение, высказанное Ч. Дарвином, что животные, помимо ассоциаций (мы бы сказали теперь, условных рефлексов) и инстинктов, обладают и зачатками разума, с каждым днем находит все большее подтверждение¹.

Огромное количество наблюдений показало, что животные способны не только использовать для самозащиты или добывания корма уже готовые орудия, но создавать их. Такие формы поведения наиболее выражены у человекообразных обезьян.

В последние годы выяснилось, что удается обучить шимпанзе обмену информацией с человеком при помощи символизированной речи. Супруги Р. и Б. Гарднеры обучили шимпанзе общению с ними на языке, на котором в Северной Америке «разговаривают» с глухими детьми. Сходные опыты проводятся Д. Премаком, который для обозначения слов использовал фигуры, сделанные из пластика. Шимпанзе смог выучить около 130 таких «слов» и составлять из них осмысленные фразы. В нашей лаборатории проводятся исследования, которые

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

Эксперимент по решению дельфином логической задачи. При закрытой ширме в одну из фигур (объемную) был помещен мяч. Когда ширма открыта, дельфин видит обе фигуры и должен решить, что мяч мог быть помещен только в объемную.

Фото автора.

можно рассматривать как общение с животными на языке здравого смысла. Все эти факты заставляют исследователя искать ответа на один из самых важных вопросов науки о поведении, а именно: дать естественнонаучное объяснение механизма рассудочной деятельности. Любые рассуждения на этот счет, на наш взгляд, могут только тогда явиться убедительными, если они подкрепляются экспериментально.

Логические задачи, решаемые животными

Мы изучаем у позвоночных животных их способность к пониманию и оперированию элементарными законами, связывающими предметы и явления внешнего мира. Эти законы можно назвать эмпирическими. Мы ставим перед животным определенную элементарную логическую задачу. Это наш вопрос. И ждем ответа. Способно ли животное понять наш вопрос? Оказывается, животные одних видов понимают наши вопросы и правильно решают предлагаемые нами задачи. Другие наших вопросов не понимают и, естественно, неправильно отвечают на них.

Сами логические задачи, которые мы задаем животным, относятся к двум категориям.

Первая связана со способностью животных к экстраполяции. Под экстраполяцией мы понимаем вынесение функций, известной на отрезке, за его пределы. При решении задач, требующих наличия способности к экстраполяции, животные должны: 1) определить изменение положения (движения) раздражителя из соотношения с неподвижными точками про-



*Леонид Викторович Крушинский, доктор биологических наук, заведующий лабораторией физиологии и генетики высшей нервной деятельности биологического факультета Московского государственного университета. Работает в области генетики поведения и изучения элементарной рассудочной деятельности животных. Одним из первых в нашей стране начал изучение генетики поведения животных. В 1936—1953 гг. был консультантом по генетике высшей нервной деятельности в Институте физиологии и патологии высшей нервной деятельности АМН СССР (с. Павлово). Создал на животных модель для изучения эпилепсии и других тяжелых заболеваний. С 1953 г. исследует рассудочную деятельность животных. Автор монографии: *Формирование поведения животных в норме и патологии*. М., 1960 (перев. на англ., N. Y., 1962), а также статей в «Природе» (1968, № 1 и 8; 1971, № 7).*

странства; 2) по изменению этого соотношения определить направление движения раздражителя после его исчезновения за укрытием.

Вторая категория задач связана со способностью животных оперировать мерностью (размерностью) фигур, т. е. со способностью понимать, что объемная приманка может быть помещена только в объемную, но не в плоскую фигуру.

Наши исследования показали, что обезьяны и дельфины обладают наиболее развитой рассудочной деятельностью из класса позвоночных. Затем следуют собаки и лисицы. К ним очень близко примыкают птицы из семейства вороновых. Многие другие виды изученных нами животных (млекопитающие, птицы и рептилии) стоят на более низкой ступени развития рассудочной деятельности и на весьма низкой ступени развития рассудочной деятельности находятся рыбы¹.

Самый удивительный факт, с которым мы сталкиваемся,— это способность животных безо всякого предварительного обучения, уже при первом предъявлении им задачи, в структуре которой лежит определенная логическая связь, решать эту задачу с помощью своего элементарного разума.

Наиболее характерное свойство рассудочной деятельности животных — способность улавливать простейшие эмпирические законы, связывающие предметы и явления окружающей среды, и возможность оперировать этими законами при поведении в новых ситуациях.

Мы установили, что эта способность к решению задач путем экстраполяции контролируется в определенной степени генетическими факторами².

Выделение элементарной рассудочной деятельности как одной из основ поведения животных позволяет выска-

¹ Л. В. Крушинский. Изучение экстраполяционного рефлекса у животных. «Проблемы кибернетики», 1959, вып. 2; Л. В. Крушинский, Б. А. Дашевский, Н. Л. Крушинская, И. Л. Дмитриева. ДАН СССР, т. 202, 1972, № 3.

² Л. М. Дьякова. Изучение экстраполяционного рефлекса у генетически различных групп крыс. II съезд Всесоюзного общества генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова. Тезисы работ, т. II, М., 1972.

зать некоторые предположения о возможных механизмах рассудка.

Наши наблюдения за поведением животных, эксперименты с ними, а также последние данные физиологии и генетики позволяют сделать обобщения о возможном механизме рассудочной деятельности, которые мы хотели бы сформулировать в виде гипотезы, включающей следующие пять положений.

Гипотеза о механизме рассудка

Положение первое. В основе улавливания эмпирических законов, связывающих предметы и явления окружающего мира, лежит способность мозга избирательно реагировать на специфические свойства раздражителей. Эта способность обеспечивается качественным и количественным набором нейронов, которые в пределах своих норм реакций специфически реагируют на определенные раздражители.

Такие нейроны в 1963 г. были обнаружены в зрительной коре кошек сначала Д. Хьюбелом и Т. Визелем, а затем рядом других исследователей— во всех отделах зрительного анализатора, начиная от сетчатки глаза.

В настоящее время специфически реагирующие нейроны (детекторы) найдены в самых различных отделах мозга. При этом выяснилось, что нейроны могут реагировать на такие специфические свойства раздражителя, как его положение в пространстве, направление его перемещения, степень новизны раздражителя, периодичность его действия (появление и исчезновение). Можно сказать, что мозг обладает элементарными единицами, выделяющими простейшие характеристики пространства, времени и движения.

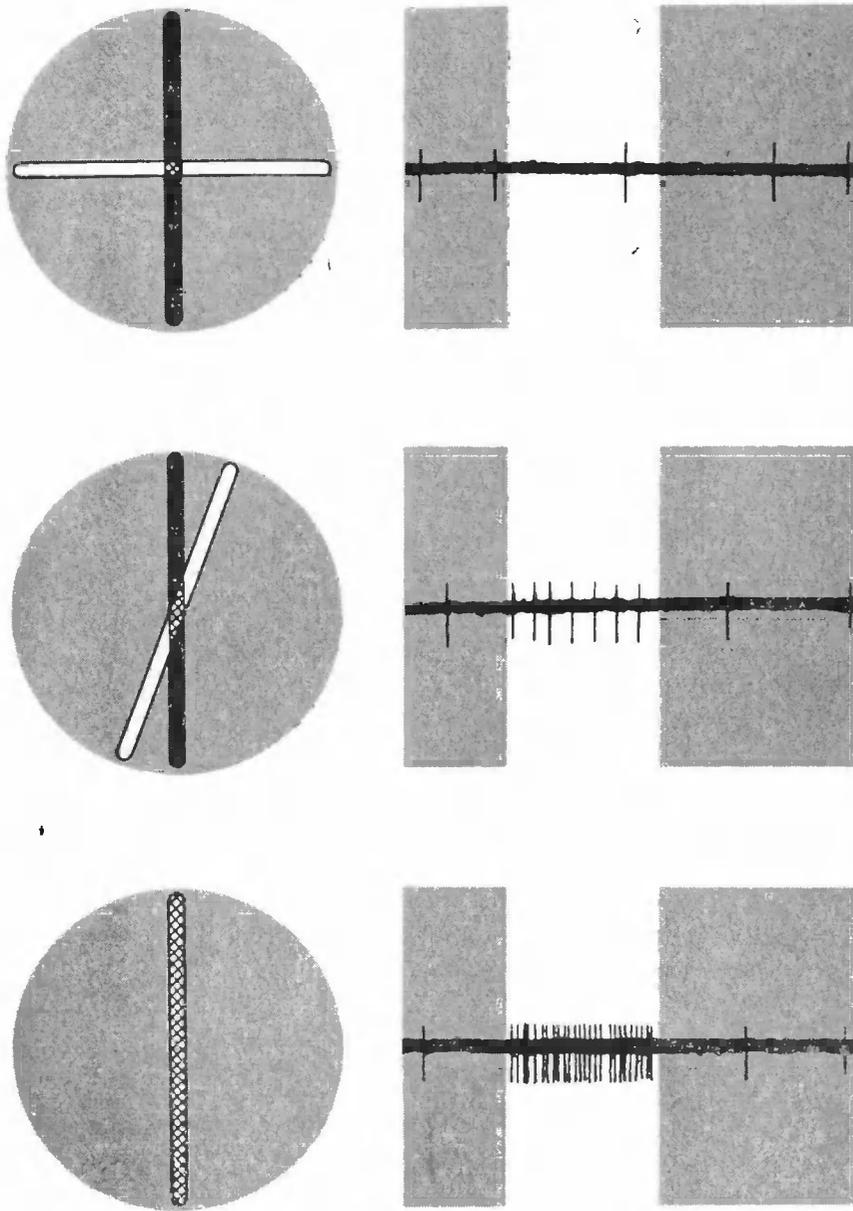
Положение второе. Специфичность реакции нейронов определяется разной активностью генетического аппарата нейронов в процессе онтогенетической клеточной дифференциации.

Механизм дифференцировки клеток рассматривается в настоящее время в свете концепции Ф. Жакоба и Ж. Моно (1961). Эти авторы показали, что помимо относительно просто организованных структурных генов существ-

вуют гены-операторы, которые могут «закрывать» (репрессировать) или «открывать» (индуцировать) действие структурных генов. Функционирование генов-операторов, регулирующих активность генома в процессе индивидуального развития, лежит в основе сложного процесса дифференциации клеток в онтогенезе. Есть все основания допустить, что и морфофизиологическая дифференциация нейронов мозга осуществляется по тому же принципу. Это дает основание считать, что специфическая реактивность нейронов мозга обуславливается определенным набором генов, реализация действия которых осуществляется в процессе онтогенеза.

Однако возможно допустить и наличие совершенно других механизмов, обуславливающих дифференциацию переизбыточного количества нейронов, обладающих потенциальной возможностью к адекватной реакции на новые ситуации, складывающиеся в окружающей среде. С. Оно указывает, что существующая у позвоночных животных иммунная система дает специфические ответы на огромное количество антигенов, включая и такие, которые не существуют в природе, а созданы искусственно человеком. Возникновение этого свойства иммунной системы объясняется следующим образом¹. В геноме в процессе онтогенеза появляются тысячи копий генов, определяющих синтез малоспецифических молекул антител к наиболее обычным из существующих антигенов. В результате последующего мутагенеза копии этих генов дивергируют и оказываются в состоянии бороться с огромным количеством антигенов. Оно предполагает, что чрезвычайно сложная система связей между отдельными нейронами в мозге зависит от поверхностей взаимодействия на дендритных и аксонных окончаниях мозга. Вероятно, избирательное соединение отростков в нейронных ансамблях обуславливается комплементарным (взаимодополняющим) притяжением, устанавливающимся между белками клеточной поверхности нейронов. Если отдельные нейроны имеют клональное (генетически

¹ С. Оно. Генетические механизмы прогрессивной эволюции. М., «Мир», 1973.



Изменение реакции нейрона в зависимости от положения раздражителя (белая полоса света) в пространстве. Слева — три положения полосы света по отношению к вертикали. Справа (на белом фоне) — соответствующие этим положениям разряды нейрона в момент действия раздражителя. На горизонтальное положение раздражителя (вверху) нейрон практически не реагирует. Поворот раздражителя ближе к вертикали (в середине) вызывает некоторое увеличение импульсации. Точно вертикальное положение раздражителя (внизу) вызывает максимальный ответ нейрона. (По Д. Хьюбелю, 1963.)

идентичное) происхождение, то механизм, обеспечивающий огромное разнообразие последовательностей аминокислот в поверхностных белках нейронов, должен действовать по тому же принципу, что и клоны клеток, синтезирующих чрезвычайно разнообразные антитела. В геномах не только позвоночных, но и беспозвоночных, у которых имеются нейроны, должно содержаться различное число предковых генов для синтеза поверхностных белков нейронов. Создание соматическими клетками в процессе деления множественных копий каждого пред-

кового гена, скорее всего, представляет собой недавнее «изобретение» природы, позволяющее организму адекватно реагировать на огромное разнообразие антигенов.

Ряд работ указывает на интимную зависимость функциональной активности нейронов от генетического аппарата.

В 1932 г. Б. Уайтинг обнаружил ненормальное поведение у гинандроморфных¹ ос (*Habrobracon juglandis*), участки тканей которых представляют собой мозаику из клеток мужского и женского типов. Такие осы ухаживают за личинками мельничной огневки (*Ephestia*) так же, как самцы ухаживают за самками своего вида. Нормальные же самки жальют личинок мельничных огневок, откладывая в них свои яйца. Некоторые гинандроморфные осы жальют своих самок так же, как самки жальют мельничных огневок. Эта работа дала основания полагать, что такое «извращенное» поведение гинандроморфных особей обусловливается мозаичным распределением в ганглиях нейронов с различной генетической детерминированностью пола. Последующие исследования, проведенные на дрозофиле, доказали это предположение.

Эти исследования давали основание к допущению, как на это справедливо указывал в 1964 г. Е. Каспари, что поведенческие реакции могут контролироваться единичными генами.

В конце 1970 г. появились работы С. Икеды и А. Каплана. Их исследования доказывают, что различия в поведенческих реакциях могут контролироваться одним геном. Авторам удалось вывести линии дрозофил, у которых при выходе из эфирного наркоза наблюдалось характерное подергивание лапок. Изучение гинандроморфных особей показало, что этот гиперкинез развивается в тех случаях, когда мотонейроны грудного ганглия, иннервирующие передние конечности, несут мутантный ген.

Регистрация биопотенциалов одиночных мотонейронов показала, вопервых, что характер их разрядов не

¹ Гинандроморфизм — половая аномалия, встречающаяся у насекомых и обуславливающая развитие мозаичных особей, у которых одна часть тела мужская, другая — женская.

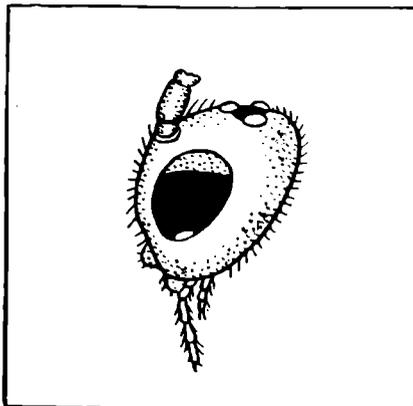
изменяется при перерезке периферических нервов, т. е. что он определяется в самом нейроне, а во-вторых, что измененная биоэлектрическая активность нейрона, несущего ген Нк^{1р} определяет особенности двигательной активности лапки.

Таким образом, в настоящее время доказан принципиально важный факт: генетический аппарат нейрона обуславливает особенности его биоэлектрической активности и поведенческих реакций организма.

Положение третье. Большой объем мозга создает возможность для упорядоченности его функций при восприятии самых различных деталей среды и улавливании связывающих их законов.

По существующим представлениям, упорядоченность физического процесса возможна при вовлечении в него очень большого количества дискретных единиц. Приложимость этого принципа к биологическим процессам, в частности к процессам мышления, была впервые сформулирована Э. Шредингером¹ в 1948 г. Он предположил, что при восприятии мозгом физической организации внешней среды процессы, происходящие при этом в мозге, также должны обладать чертами упорядоченности. Поэтому можно думать, что чем большее число нейронов включается в осуществление происходящего в мозге процесса, тем больше будет вероятность его упорядоченного течения. Таким образом, при биологически адекватном поведении животного, т. е. при наиболее полном улавливании законов, связывающих предметы и явления окружающей среды, работа мозга должна характеризоваться большой степенью упорядоченности. Поэтому чем сложнее структура решаемой животным логической задачи, тем большее число дискретных единиц, нейронов, должно быть вовлечено в процесс ее решения. Наиболее полное и точное улавливание многообразия закономерностей окружающего мира может осуществляться только мозгом, состоящим из миллиардов нейронов, т. е. мозгом высших позвоночных и человека.

¹ Э. Шредингер. Что такое жизнь с точки зрения физика. 2-е изд. М., Атомиздат, 1973.



Голова мозаичной (гинандроморфной) осы. Глаз этой особи представляет собой мозаику тканей самца (обозначено точками) и самки (показано заливкой). У таких морфологически мозаичных животных наблюдается и «мозаичность» поведения. (По П. Уайтгунгу, 1932.)

В самой общей форме можно, видимо, предполагать, что чем больше объем мозга (а следовательно, и количество составляющих его нейронов), тем большую возможность имеет такой мозг к решению сложных задач без всякого предварительного обучения. Высказывания о значении большого объема мозга для мышления и выполнения сложных форм поведения мы находим у многих исследователей поведения животных (В. А. Вагнер, 1896; А. Н. Северцов, 1929; Б. Ренш, 1960 и др.).

Положение четвертое. Для возможности восприятия всех деталей окружающей среды, которое необходимо при решении логической задачи, отдельные нейроны конечного мозга должны объединяться в функциональные конstellляции.

Морфологическим аппаратом, при помощи которого может происходить функциональное объединение нейронов, является сложная система контактов между нейронами мозга. В настоящее время известно, что один нейрон соединяется с другими нейронами при помощи 5—6 тыс. синапсов.

Д. С. Хебб был одним из первых (1949), кто указал на значение нейронных конstellляций для поведения.

Экспериментальные исследования, проведенные К. Лешли, дали основа-

ния считать, что в процесс формирования памяти при обучении вовлекаются миллионы нейронов. Его известные опыты с удалением различных отделов коры мозга у животных привели его к выводу (1956), что определенные следы памяти имеют множественное представительство в коре. Лешли предположил, что не только отдельные нейроны, но даже отдельные синаптические соединения принимают участие в формировании следов памяти. Электрофизиологические исследования Дж. Экклса подтверждают предположения Лешли о многообразии функциональных нейронных взаимодействий в коре и в подкорковых ядрах.

Система контактов между нейронами мозга усложняется в процессе эволюции видов — филогенезе, как это было установлено Г. И. Поляковым¹. Причем усложнение этой системы происходит параллельно увеличению способности животных к экстраполяции².

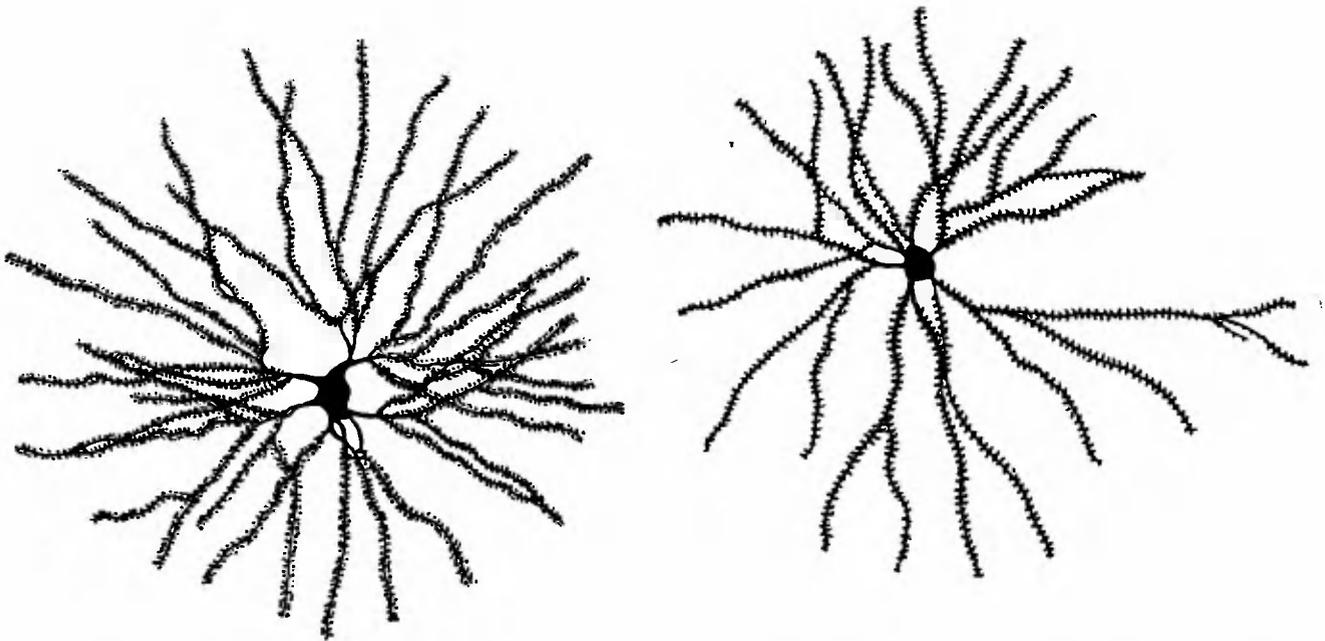
Е. Г. Школьник-Яррос³ обнаружила, что в зрительной коре млекопитающих наблюдается постепенное усложнение системы контактов между нейронами, идущее параллельно с увеличением относительного объема мозга. Изученных в нашей лаборатории млекопитающих животных по их способности к экстраполяции можно расположить в ряд, который хорошо совпадает с филогенетическим рядом, установленным Школьник-Яррос. Чем лучше экстраполируют животные определенной таксономической группы, тем более многообразна система контактов между нейронами. Сходные явления наблюдаются и у птиц. В нашей лаборатории Л. П. Доброхотова⁴

¹ Г. И. Поляков. О принципах нейронной организации мозга. М., «Наука», 1965.

² Л. В. Крушинский. Экстраполяция и ее значение для изучения элементарной рассудочной деятельности. «Успехи современной биологии», т. 64, 1967, вып. 3/6.

³ Е. Г. Школьник-Яррос. Нейроны и межнейронные связи: зрительный анализатор. Л., «Медицина», 1965.

⁴ Л. П. Доброхотова. Нейронное строение переднего мозга птиц с различной способностью к экстраполяции. Тезисы докладов на 22 совещании по проблемам высшей нервной деятельности. Рязань, 1969.



Нейроны вороны и голубя. Нейрон вороны (слева) значительно более ветвист, чем нейрон голубя. Дендриты у вороны более густо усеяны шипиками, на которых происходят контактные соединения с синапсами других нейронов. Вороны лучше решают предлагаемые им задачи, чем голуби. (По Л. П. Доброхотовой, 1969.)

исследует структуру нейронов мозга у голубей (плохо экстраполирующих птиц) и ворон (обладающих хорошо развитой способностью к экстраполяции). Это исследование дает основание считать, что возможностей для образования контактов между нейронами у голубей меньше, чем у воронов. Это различие особенно ясно выступает в филогенетически более молодых отделах мозга.

Таким образом, в самой общей форме, очевидно, можно говорить: чем больше объем мозга (т. е. чем из большего числа нейронов он состоит) и чем многообразнее система контактов между нейронами, тем большая вероятность, что животное обладает более развитой рассудочной деятельностью.

Однако каждый из двух этих параметров структурной организации мозга, видимо, может существенно различаться при сравнении отдельных клас-

сов позвоночных животных. Так, например, мозг ящериц и черепах имеет небольшой объем по сравнению с птицами и млекопитающими. Тем не менее, они обладают довольно хорошо выраженной способностью к экстраполяции двигающегося пищевого раздражителя. Исследования Полякова показали, что по своей организации нейроны ящериц, хотя и менее дифференцированы, чем нейроны мозга млекопитающих и птиц, но имеют в то же время довольно сложную систему контактов, обеспечивающую возможности образования многообразных функциональных нейронных констелляций.

Образование функциональных констелляций между отдельными пунктами коры при решении человеком задач, требующих умственного напряжения, было показано впервые М. Н. Ливановым¹. Наличие таких констелляций выражается в увеличении пространственной синхронизации биоэлектрической активности в коре головного мозга, отражающей возбуждение значительного количества нейронов в момент решения задачи.

¹ М. Н. Л и в а н о в. Применение электронно-вычислительной техники в анализе биоэлектрических процессов головного мозга. В сб.: Биологические аспекты кибернетики. М., «Наука», 1962.

Последующие исследования Ливанова, а также Н. А. Гавриловой и А. С. Асланова (1966) показали, что чем труднее решаемая задача, тем большее число нейронов вовлекается в процесс синхронизации, т. е. тем большее число нейронов образует функциональную констелляцию.

Однако как ни велико биологическое значение функциональных констелляций нейронов, они все же требуют определенного времени для своего образования. Пусть это время исчисляется долями секунды, но при определенных жизненных ситуациях, когда быстрота наиболее адекватной реакции может определить успех в борьбе за существование организма, эта быстрота может иметь определенное селективное значение. Кроме того, каждая возникшая функциональная констелляция нейронов может иметь ряд несовершенств; животное может не уловить ряда деталей окружающей среды, которые имеют значение при решении определенной жизненно важной задачи.

Поэтому решение тех задач, с которыми животные постоянно встречались в своей повседневной жизни и успех решения которых имел значение в борьбе за существование, могло в процессе эволюции оказать влияние на морфологическую структуру мозга. Можно предположить, что от-

бор закреплял нейронные констелляции конечного мозга, которые обеспечивали решение биологически значимых задач и состояли из элементов, расположенных в непосредственной близости друг от друга.

Биологическая значимость топографической фиксации определенных нейронных ансамблей совершенно очевидна. Благодаря ей нейронная организация мозга оказывалась более приспособленной к целесообразным решениям биологически важных задач. Отличие таких топографически объединенных нейронных ансамблей от центров, лежащих в основе выполнения инстинктов, очевидно. Топографические ансамбли, связанные с решением определенных задач, должны формироваться в конечном мозге, в частности, в коре больших полушарий у млекопитающих, в то время как центры, связанные с выполнением инстинктов, сформировались в подкорковых отделах мозга.

Топографическое объединение нейронов в коре описано еще в 1907 г. В. Е. Ларионовым. Позднее наличие ядерных группировок обнаружено Поляковым (1958) в центральных полях коры млекопитающих. В IV и V слоях коры существуют участки, в которых нейроны образуют более плотное ядрообразное расположение. Эти ядерные скопления нейронов разделены зонами с менее плотным скоплением нейронов. Сами ядерные скопления, согласно данным Полякова, состоят из пирамидных клеток одинаковой величины и формы, которые окружены звездчатыми клетками. Поляков высказывает предположение, что дробно расположенные ядрообразные группы нейронов выполняют какие-то пока еще не известные высшие функции мозга. Можно предположить, что эти уже «готовые» нейронные констелляции связаны с улавливанием биологически важных для адаптации особи законов, лежащих в основе структуры окружающей среды.

В сущности, центры речи человека, расположенные в доминантном (обычно в левом) полушарии, являются врожденно детерминированными скоплениями нейронов, образующих специфический ансамбль, без которого невозможно обучение и оперирование речевыми сигналами.

Все вышеуказанные положения могут иметь отношение к пониманию процесса анализа мозгом структурной организации окружающей среды. Мы рассматриваем анализ, в основном, как сенсорную функцию нервной системы, связанную со сбором информации об окружающей среде. Под синтезом мы понимаем эвристический уровень деятельности мозга. Он связан с отбором наиболее существенной информации, необходимой для решения определенной задачи.

В процессе синтеза можно, видимо, выделить по крайней мере два этапа.

Во-первых, осуществляется сравнение уловленных в данный момент законов, связывающих предметы и явления окружающей среды, с теми законами, которые были познаны в предшествующей жизни.

Во-вторых, в результате такого сравнения выбирается наиболее адекватный путь решения задачи. Можно полагать, что степень сходства законов, уловленных животными в их предшествующей жизни, с теми законами, которые необходимо уловить для решаемой задачи, является существенным условием, облегчающим ее решение¹.

В том случае, если задача новая, ее решение осуществляется на основе: а) улавливания тех законов, которые лежат в основе структуры решаемой задачи; б) определения закономерности изменения уловленной связи в будущем (экстраполяция).

В процессе синтеза принимается решение к выполнению биологически наиболее адекватного поведенческого акта в данной обстановке.

¹ Говоря об облегчении решения задачи, мы хотим подчеркнуть, что ни в какой мере не рассматриваем всякое решение задачи в новой обстановке как результат перенесения ранее полученного индивидуального опыта. Вопрос о перенесении индивидуального опыта не так прост. Проведенные в нашей лаборатории опыты Е. И. Очинской на рыбах и Л. Н. Молодкиной и А. И. Аввакумовой на голубях показали, что предварительное обучение этих животных обходить ширму или следовать за кормом не улучшает решения экстраполяционной задачи. Единственное, в чем сказывалось влияние предшествующего обучения, это в уменьшении отказов от решения задачи при первом ее предъявлении, но число ошибок при этом не уменьшается.

Важнейшим вопросом понимания механизма рассудка является рассмотрение тех систем мозга, которые осуществляют отбор биологически наиболее адекватных решений. Можно предположить, что главная роль в этом процессе принадлежит тем отделам мозга, которые связаны с сознанием и эмоциями.

Положение пятое. Отбор констелляций нейронов, необходимых для решения логической задачи, осуществляется при участии сознания. Оценка биологической значимости решаемой задачи осуществляется эмоциями.

Под сознанием мы понимаем функцию восприятия мозгом текущих событий окружающей действительности, на основе которой происходит синтез всего пережитого индивидуального опыта. (Этим достигается осознание окружающей действительности.) Говоря о сознании, мы имеем в виду, конечно, не общественное сознание, которое присуще только человеку. Под сознанием мы понимаем лишь восприятие окружающей действительности в текущий момент и возможность его сравнения с восприятиями прошлого. Это есть то сознание, которое теряет человек и животное, например во время наркоза, и которое возвращается после его прекращения. Оно отчетливо выражается на английском языке словом *conscious*, но не словом *mind*.

При выходе из глубокого обморока (или наркоза) в какие-то доли секунды воспринимаются отдельные сенсорные ощущения (например, света или звука), однако человек не понимает, кто он, где он находится; есть только мелькнувшее из темной бездны небытия ощущение света, звука или прикосновения. В этот момент сознание выступает в своем наиболее «обнаженном» виде. Затем это сенсорное восприятие объединяется с воспоминанием о прошлом и человек осознает себя как «я» (в смысле *mind*), как синтез всего прошлого с текущими моментами настоящего и возможностью предвидения будущего.

Понятие сознания (в смысле *conscious*), благодаря экспериментальным исследованиям нейрофизиологов (главным образом, монреальской школы), приобретает конкретную

Лимбическая система мозга и таламус: 1—таламус, 2—гиппокамп (незаштризован) и гиппокампальная извилина, 3—поясная извилина, 4—миндалевидный комплекс, 5—первичная обонятельная кора, 6—свод, 7—орбитальная кора, 8—лобно-височная и подмозолистая кора. На схеме видно, что лимбическая система кольцом окружает таламус, что обеспечивает их тесное взаимодействие. Анатомические образования, относящиеся к лимбической системе, заштризованы, а таламус и маммилярные тела затушеваны. (По Д. Плузу, 1964.)

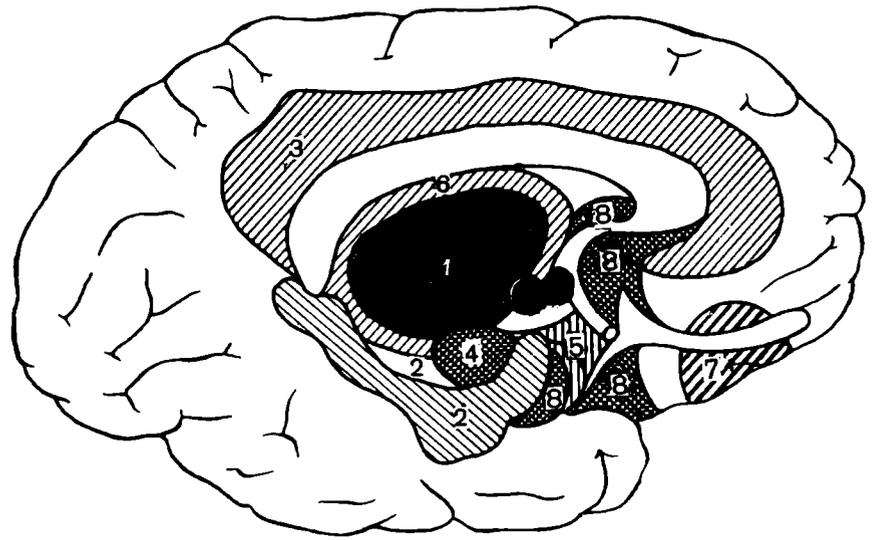
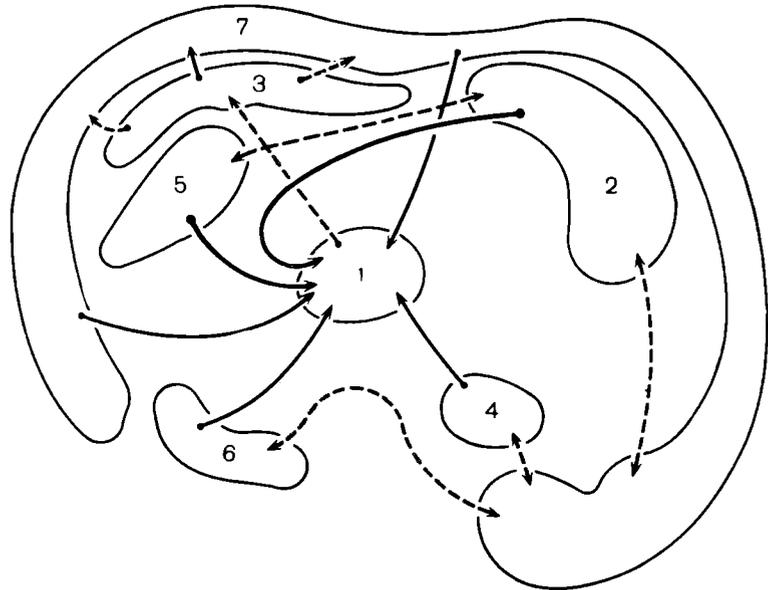


Схема связей таламуса с лимбической системой и корой головного мозга: 1—таламус, 2—гиппокамп, 3—поясная извилина, 4—миндалевидный комплекс, 5—перегородка (септум), 6—префронтальная (лобная) область коры, 7—другие отделы коры. Сплошными линиями обозначены важнейшие связи между корой мозга, таламусом и лимбической системой. Прерывистыми линиями показаны прочие взаимосвязи между различными отделами мозга. Видно, что система связей обеспечивает тесное функциональное взаимодействие отделов мозга как единого целого. Стрелками обозначены морфологические связи между структурами. (По Э. Пауэлу, 1972.)



форму, открывающую пути к изучению тех структур мозга, которые в наибольшей степени связаны с ним. При проведении многочисленных операций на мозге людей, находящихся во время хирургического вмешательства в полном сознании, выяснилось, что удаление различных отделов коры больших полушарий никогда не приводит к потере сознания пациента. Потеря сознания происходит в том случае, если производится блокирование функциональной активности промежуточного мозга. Это дало основание У. Пенфилду (1954, 1966, 1972) и Г. Джасперу (1954, 1966) высказать

предположение, что сознание связано со структурами промежуточного мозга. Однако при этом категорически отвергается представление о рассмотрении отдельных структур промежуточного мозга в качестве специфического вместилища сознания (Пенфилд, 1966; Джаспер, 1966). Пенфилдом было введено понятие центрэнцефалической системы. Этим термином обозначается система структур, связанная с сознанием и объединяющая в единое целое функцию промежуточного мозга с передним и средним мозгом. Особенно большое значение в представлении о центрэн-

цефалической системе придается взаимосвязи промежуточного мозга, особенно таламуса, с корой больших полушарий (Пенфилд, 1966). Согласно мнению Пенфилда, многие интегративные процессы, лежащие в основе произвольных движений, осуществляются при участии центрэнцефалической системы.

Введение понятия центрэнцефалической системы, в которой происходит интеграция функциональной активности передних отделов ствола мозга с деятельностью коры, внесло новые возможности в понимание механизма произвольных движений и

участия сознания в высшей нервной деятельности.

Мы полагаем, что при помощи того уровня осознания действительности, которое обозначается понятием «я», производится отбор функциональных констелляций нейронов конечного мозга и имеющих непосредственное значение для выполнения наиболее адекватного поведенческого акта в сложившейся ситуации.

Однако этот уровень сознания, чтобы иметь возможность производить выбор наиболее адекватных способов решения задачи, должен получить информацию о ее биологической значимости. Эта информация получается от тех структур мозга, которые связаны с эмоциональным ощущением.

Структуры мозга, эмоции и рассудок

Только после того как в сознании произойдет интеграция информации о событиях окружающего мира с их биологической оценкой, осуществляемой посредством эмоций, и всем прошлым индивидуальным опытом, формируется, как мы полагаем, полноценный фактор отбора адекватных решений.

Если, например, из внешней среды поступает сенсорная информация, вызывающая эмоцию испуга, можно полагать, что из множества нейронных констелляций коры мозга производится отбор тех из них, которые по эфферентному (выносящим) путям посылают импульсы к эффекторам, обеспечивающим выполнение наиболее целесообразного поведенческого акта — избегание грозящей опасности.

Роль эмоций в успехе решения экстраполяционной задачи, видимо, удается выявить в эксперименте, проводимом в нашей лаборатории А. Ф. Семиохиной и С. И. Забелиным.

Крысы лабораторных линий не в состоянии решать экстраполяционную задачу при использовании пищевого раздражителя в качестве стимула к ее решению. Однако если вместо пищи используется электрическое раздражение лимбической системы мозга, которое крыса осуществляет через вживленные электроды посредством нажатия на педаль (по методике Д. Олдса и П. Милнера, 1954),

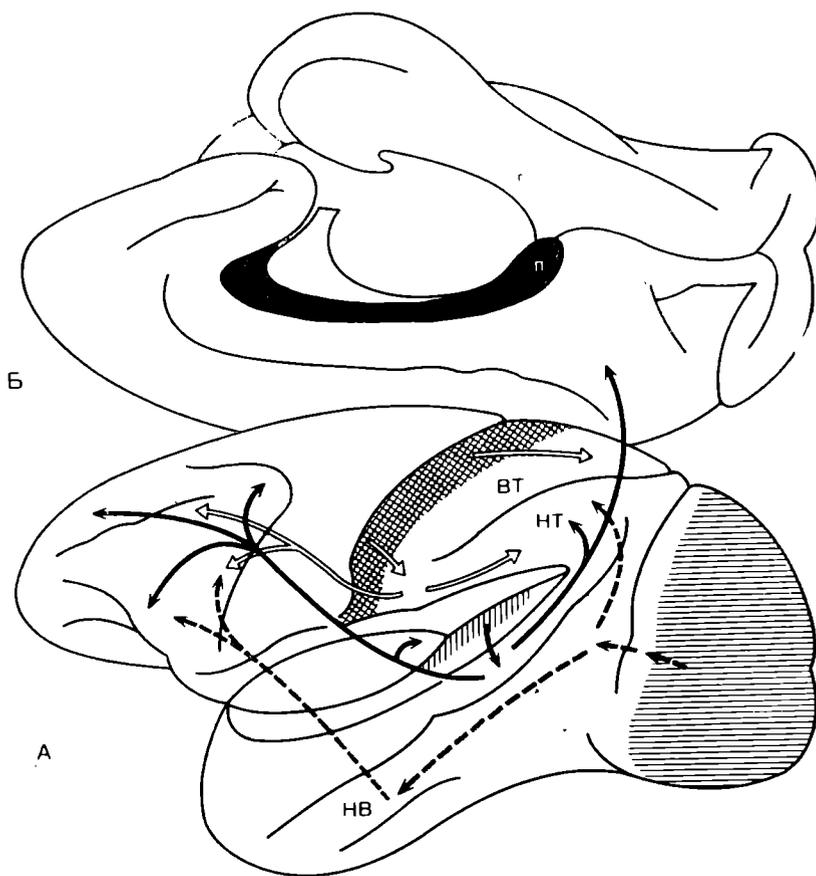


Схема основных ассоциативных путей, идущих от первичных сенсорных полей коры мозга обезьяны. А — наружная, Б — внутренняя поверхность мозга. ВТ — верхняя теменная доля, НТ — нижняя теменная доля, НВ — нижняя височная извилина, п — поясная извилина, г — гиппокамп. Слуховая область обозначена вертикальной штриховкой, зрительная — горизонтальной, сомато-сенсорная — перекрестной. Восходящие пути к лобной коре, несущие слуховую информацию, обозначены черными стрелками, зрительную — пунктирными, сомато-сенсорную — полыми. Как видно, проводящие пути всех этих трех модальностей сходятся на верхней теменной доле. (По У. Науте, 1972.)

крысы решают предложенную им задачу. Они преследуют отодвинувшуюся за непрозрачной ширмой педаль и обходят ширму со стороны движения педали.

Принципиальное значение этих опытов заключается в том, что они явля-

ются попыткой экспериментального изучения роли непосредственного раздражения структур мозга, связанных с эмоциями, при выполнении животным элементарного рассудочного акта.

Видимо, можно сказать, что эмоции не только приводят к интенсификации поведения, как на это указывал Ч. Шеррингтон (1947), но они принимают непосредственное участие в выборе наиболее адекватной формы поведения в сложившейся ситуации. Поэтому, конечно, не случайно, что крупнейший физиолог В. Кэннон, изучавший эмоции, одну из своих книг, в которой разбирается значение эмоций для биологической целесообразности функции организма, назвал «Мудрость тела» (*Wisdom of the body*, 1932).

Рассматривая вопрос о морфофизиологической основе эмоций, нужно подчеркнуть замечательный факт, что те структуры мозга, которые связаны с эмотивными ощущениями, зани-

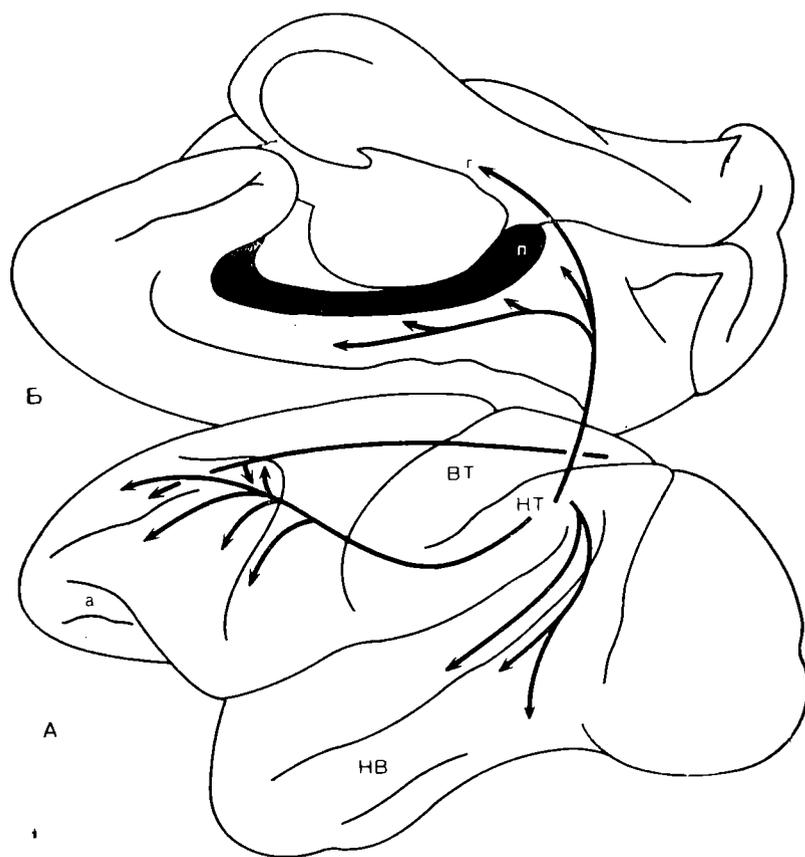


Схема связей теменных долей с лобной корой. Обозначения те же, что и на предыдущем рисунке, а — лобная доля. Зрительная, слуховая и сомато-сенсорная информация, собранная в верхней теменной доле, передается в лобную область. Показано, что верхняя доля имеет также нисходящие связи с поясной, гиппокамповой и височной извилинами. Топографическая близость префронтальной коры, лимбической системы и таламуса обеспечивает совершенствование функциональной организации структуры мозга. (По У. Науте, 1972.)

мают особое положение в анатомической структуре мозга.

В 1937 г. Д. Папец высказал предположение, что гипоталамус, переднее ядро таламуса, поясная извилина коры мозга и гиппокамп образуют единый механизм, работа которого является основой возникновения эмоций.

Дальнейшие исследования этой области мозга показали, что эмоциональ-

ный круг возбуждения должен быть несколько изменен и расширен. Выяснилось, что ряд структур переднего, промежуточного и даже среднего мозга функционально связаны с эмоциями и поэтому могут рассматриваться в качестве структур, входящих в лимбическую систему¹.

Лимбическая система топографически близка к таламусу, а благодаря системе контактных соединений находится в тесном взаимодействии с таламусом. Она кольцом окружает таламус и соединена с ним системой проводящих путей. Все это обеспечивает их тесное взаимодействие.

Поэтому все афферентные (принесшие) импульсы, идущие по специфическим и неспецифическим путям через таламус к коре мозга, имеют возможность получить «эмоциональную окраску».

¹ Здесь можно назвать целый ряд работ исследователей лимбической системы (У. Наута, 1960, 1972, 1973; Д. Брэйди, 1960; Г. Мэгун, 1963; М. Дельгадо, 1969).

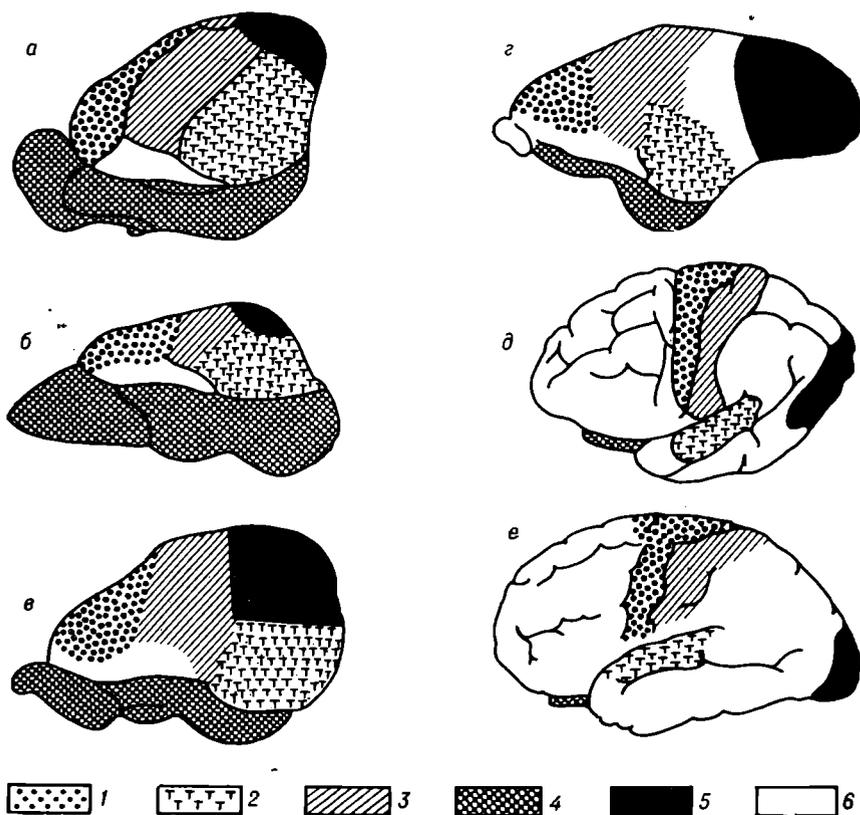
Функциональное объединение структур мозга, лежащих в основе эмоций, тесно связано многообразной системой проводящих путей со стволом мозга и новой корой, особенно ее лобной областью.

В сущности цитоархитектоническая организация переднего отдела мозга сформировалась таким образом, что анатомические связи между префронтальной корой мозга (отделом лобной области, имеющим отношение к выбору решения), таламусом (структурой, с которой особенно связывается интеграция сознания) и лимбической системой обеспечивают тесное функциональное взаимодействие этих отделов мозга как единого целого.

У. Наута, вероятно, один из лучших знатоков морфофизиологических связей рассматриваемого отдела мозга, в одной из своих последних работ¹ указывает на уникальное положение лобной области мозга. Именно она, точнее тот ее отдел, который называется префронтальным, находится в многообразных взаимоотношениях с двумя крупными функциональными областями: во-первых, с височными и теменными областями коры головного мозга, принимающими участие в процессах зрения, слуха и сомато-сенсорного восприятия, во-вторых, с лимбической системой конечного мозга и рядом структур мозга, связанных с гипоталамусом. Такие связи префронтальной области дают основание к рассмотрению ее в качестве структуры, выполняющей одновременно как «сенсорные», так и «эффекторные» функции. Согласно взгляду Науты, лобный отдел коры должен рассматриваться не только в качестве высокоорганизованного мозгового механизма, связанного с восприятием зрительной, слуховой и сенсорной информации. Благодаря своим взаимным связям с лимбико-гипоталамическим отделом, лобная область получает также постоянную информацию о нейрогуморальном состоянии внутренней среды организма.

Все вышесказанное указывает, что таламус — тот отдел мозга, который имеет, видимо, самое непосредственное отношение к сознанию (в смысле

¹ W. Nauta. «Acta neurobiol.», v. 32, 1972, pp. 125—140.



Увеличение площади ассоциативной коры по сравнению с сенсорной и двигательной корой в ряду млекопитающих: а — крыса, б — землеройка, в — древесная землеройка, г — долгопят, д — шимпанзе, е — человек. 1—5 — двигательная, слуховая, соматосенсорная, обонятельная и зрительная области, 6 — ассоциативная кора. Видно, что более высокоорганизованные животные имеют большую площадь ассоциативных зон мозга. (По У. Пенфилду, 1966.)

Эволюция структур, связанных с рассудком

Все вышеизложенное дает основания для рассмотрения эволюции тех структур мозга, которые связаны с рассудочной деятельностью.

В тезисной форме этот вопрос может быть изложен следующим образом:

1. Понимая под сознанием интегративную **сенсорную функцию**, связанную с взаимодействием стволового отдела мозга с передним мозгом, можно думать, что это свойство мозга эволюционировало очень медленно. Видимо, оно чрезвычайно древнее, а быть может, даже одно из первичных функций головного мозга.

2. Наибольшую эволюцию претерпевал **конечный мозг**. Несмотря на то что изменение структурной организации конечного мозга шло у позвоночных животных по разным путям, можно, видимо, выделить по крайней мере следующие пути, по которым шла прогрессивная эволюция конечного

мозга¹. Во-первых, увеличение объема конечного мозга, во-вторых, усложнение системы контактов между нейронами и, в-третьих, увеличение площади так называемых ассоциативных зон, или зон перекрытия между корковыми концами анализаторов. Последнее ясно видно на мозге млекопитающих. Относительное увеличение ассоциативных зон, к которым относятся и лобная область, по отношению к специализированным отделам коры мозга, отчетливо видно в сравнительном ряду мозга млекопитающих и птиц шла по пути усложнения разных морфологических структур мозга (новой коры больших полушарий у первых и стиаума у вторых). Увеличение размера этих структур у этих классов животных шло за счет увеличения числа нейронов и усложнения системы контактов между ними.

3. Существенную эволюцию претерпела **лимбическая система**. Ее филогенез тесно связан с прогрессивным развитием новой коры. Старая кора (или архикортекс), функционально связанная первоначально с дистантной (обонятельной) рецепцией, оказалась оттесненной у млекопитающих на медиальную сторону, претерпев в своей эволюции дифференцировку на ряд структур, которые входят в лимбическую систему.

У высших млекопитающих лимбическая область коры достигает высокой дифференциации. У человека и шимпанзе задняя лимбическая подобласть неотличима от других высокодифференцированных областей новой коры (И. А. Замбрицкий, 1972). Некоторые исследователи рассматривают такую прогрессивно развившуюся структуру новой коры, как префронтальная область, в качестве одной из функциональных структур, входящую в лимбическую систему (Дж. Конорский, 1967, 1968).

Многообразие условий существования высших млекопитающих и особенно человека требует огромного числа решений с прогнозом на будущее. Это привело, в конечном счете, к развитию в эволюционном ряду эмоций со стремлением к предуготовлению

¹ См. также Д. А. Сахаров. Почему нейроны разные? «Природа», 1972, № 9.

conscious), лимбическая система, связанная с эмоциями, и префронтальная кора, в которой осуществляется конвергенция информации о внешней среде и состоянии нейро-гуморальной среды организма — находятся в топографической близости друг с другом. Всякая топографическая близость, при которой укорачиваются коммуникации и уменьшается необходимость в переклещательных инстанциях-посредниках, приводит к усовершенствованию функциональной организации структуры.

будущего. В тесной связи с этими эмоциями эволюционировали ориентировочно-исследовательский рефлекс и рефлекс цели, так ярко описанный И. П. Павловым у человека (1916).

Согласно мнению Павлова, рефлекс цели имеет огромное жизненное значение. «Вся жизнь, все ее улучшения, вся ее культура делается рефлексом цели, делается только людьми, стремящимися к той или другой поставленной ими цели»¹.

Таким образом, в эволюции мозга можно, видимо, выделить две системы, которые связаны с прогрессивным развитием рассудочной деятельности.

Во-первых, усложнение конечного мозга (коры млекопитающих, стриатума у птиц).

Это усложнение ведет к увеличению возможности улавливания многообразия структурной организации внешней среды.

Во-вторых, усложнение системы отбора нейронных констелляций конечного мозга при построении программ адаптивного поведенческого акта. Видимо, основной путь эволюции системы — отбор, связанный с сознанием, шел¹ посредством увеличения числа тех структур мозга, которые лежат в основе эмоций и тесно связанным с ними префронтальным отделом коры мозга. Степень развития этих отделов — существенное условие эвристической функции мозга.

Высказанная гипотеза о физиолого-генетических механизмах рассудочной деятельности построена на двух основных допущениях. Во-первых, что в основе рассудочной деятельности лежит макробиологическая система, во-вторых, что вероятностные процессы играют большую роль в рассудочной деятельности.

В сущности, основной принцип целесообразности реакции животного на внезапные изменения внешней среды при решении новой задачи и адаптивное приспособление вида к изменившимся условиям среды имеют определенные черты сходства. Решение новой задачи отдельной особью и приспособление вида возможны только при наличии большого разнообразия норм реакций тех единиц, из ко-

¹ И. П. Павлов, Полное собр. соч., т. III, кн. 1, стр. 310.

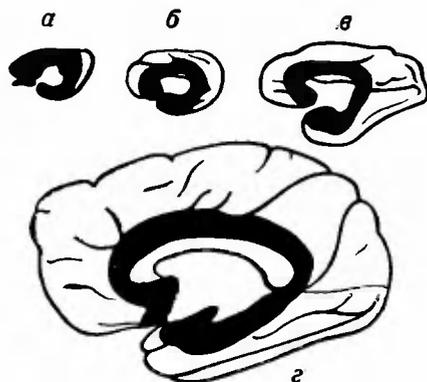


Схема эволюции лимбической области (обозначена заливкой) у млекопитающих: а — мозг кролика, б — кошки, в — обезьяны, г — человека. У высших млекопитающих мозг (в, г) значительно усложнился и дифференцировался, старая кора, относящаяся к лимбической системе, оказалась оттесненной на медиальную сторону. (Из книги: А. М. Вейн, Б. И. Каменицкий. Память человека. М., «Наука», 1973.)

рых состоят как популяции нейронов, так и популяции вида. И в том, и в другом случае разнообразие элементов системы обуславливается генотипическим разнообразием норм реакций отдельных элементов каждой из указанных систем. Различие заключается лишь в том, что разнообразие норм реакций отдельных нейронов формируется в процессе индивидуального развития, разнообразие же норм реакций популяций обуславливается генотипическим разнообразием особой популяции.

Наличие генотипического разнообразия элементов систем, посредством которых происходит приспособление особи и вида, еще далеко не исчерпывает возможностей их приспособления к многообразным условиям внешней среды.

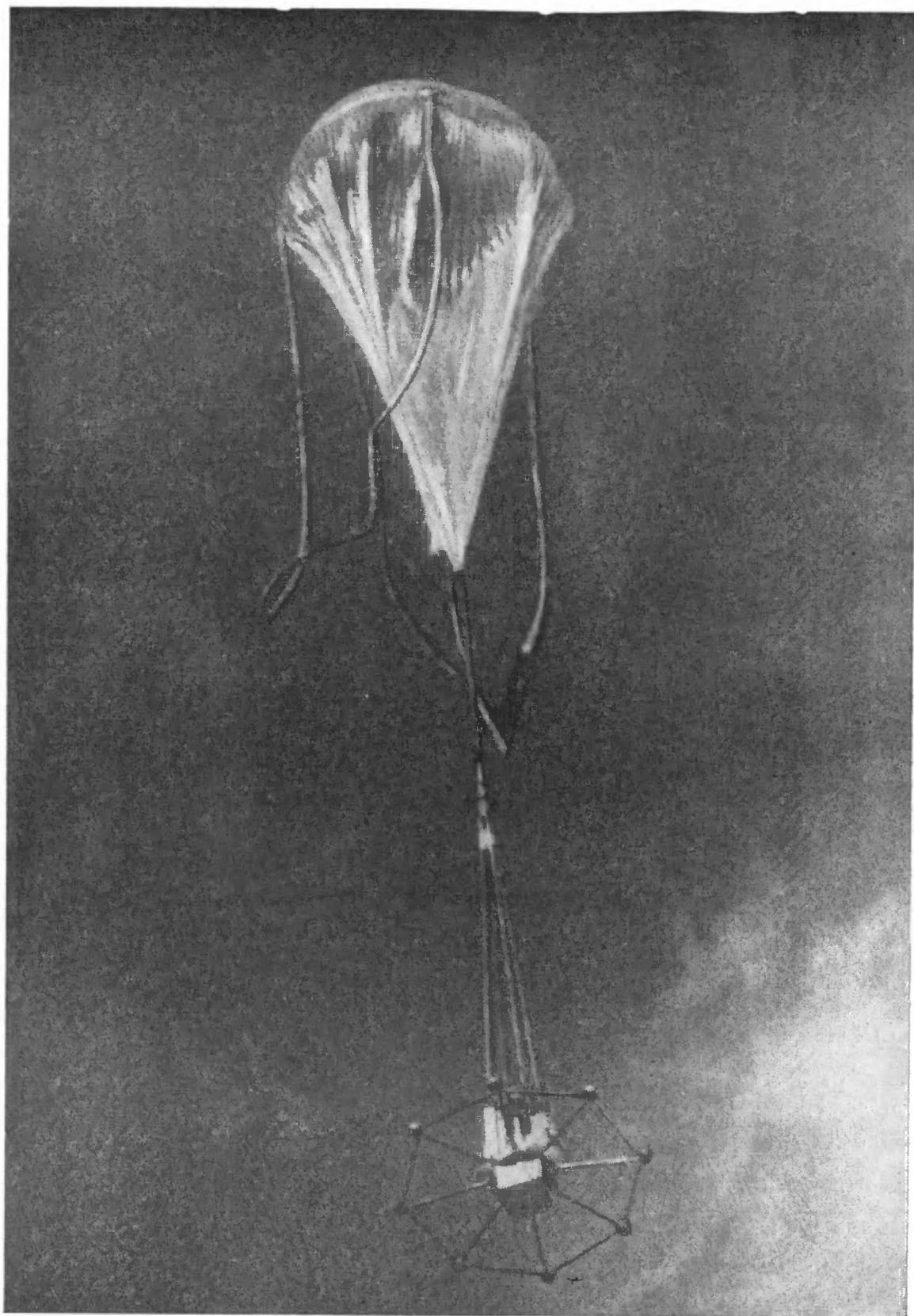
И в том, и в другом случае важнейший фактор адаптивной реакции — это фактор отбора. В случае естественного отбора сам фактор отбора не несет в себе элемента какой-либо осознанной направленности. Основным критерий в этом случае — число животных с определенным генотипом, выживших до половой зрелости. В случае искусственного отбора в самом факторе селекции заложен эле-

мент осознанно-направленного отбора живых организмов с определенным фенотипом, который обуславливается специфическим генотипом.

Точно так же в случае мышления фактором отбора определенных констелляций нейронов конечного мозга является тот уровень мышления, который фокусируется сознанием, эмоциями, всем предшествующим индивидуальным опытом, тем уровнем, который обозначается столь абстрактным и в то же время столь конкретным словом «Я».

Согласно развиваемой нами концепции, мышление развивается в результате взаимодействия нескольких систем мозга. Необходимым условием наиболее совершенной формы мышления является, несомненно, наличие большого числа нейронов, обладающих многообразным аппаратом контактных соединений. Несмотря на большое число элементов, из которых построен мозг, он, конечно, не непознаваем. Возможно даже, что сам принцип работы мыслительного аппарата мозга относительно прост. Но эта простота требует, тем не менее, огромного числа элементов. Мышление в своей развитой форме, несомненно, функция биологической макросистемы, хотя отдельные удивительные элементы целесообразного поведения, видимо, удается обнаружить и в некоторых простейших биологических микросистемах на примере «поведения» клетки¹. Но там это только специфические, хотя иногда и весьма пластичные формы поведения, к которым вряд ли можно приложить понятие разума. Разум в той степени, в которой он развит у человека и высших позвоночных животных, несомненно, — это продукт сложной макробиологической системы.

¹ В. Я. Александров. Поведение на клеточном уровне (цитозтология). «Успехи соврем. биол.», 1970, вып. 2.



Внеатмосферные наблюдения Солнца

Член-корреспондент АН СССР В. А. Крат

Еще недавно, всего 50 лет назад, все астрономы связывали технический прогресс своей науки прежде всего со строительством все больших и больших телескопов, устанавливаемых в пунктах с хорошим астрономическим климатом¹.

В наземных условиях можно найти места, где почти не бывает пасмурной погоды, где воздух прозрачен и сух, а большая высота надежно предохраняет приборы от попадания морских солей; в некоторых из этих мест и воздух бывает сравнительно спокойным (сравнительно с другими наземными пунктами, где условия хуже). К сожалению, вплоть до настоящего времени крупные астрономические обсерватории строились в районах с

¹ Астрономический климат характеризуется: количеством ясных дней и ночей в течение года; спокойствием воздуха в нижних слоях тропосферы и в приземном слое, от чего зависит степень размытости изображений объектов; прозрачностью и стабильностью тропосферы и приземного слоя; влажностью и содержанием в воздухе вредных солей, способствующих коррозии металлов в приборах. Подробнее об астроклимате см.: С. Б. Новиков, П. В. Щеглов. В поисках места для обсерватории. «Природа», 1973, № 11.

Солнечная стратосферная обсерватория позволяет ученым Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулковке получать изображения Солнца, не искаженные атмосферными помехами.

Фото ТАСС.

плохим астроклиматом. Но даже самые лучшие места, такие как Памир, не могут обеспечить использования полной оптической разрешающей силы больших телескопов: из-за дрожания и размывания изображений удается наблюдать на поверхности Солнца, планет и в туманностях детали с угловым диаметром около $0'',5$ (на Солнце это составляет 400 км). Но ведь $0'',5$ — это полное оптическое разрешение телескопа с диаметром объектива всего в 20 см! Таким образом, важен не только диаметр зеркала, но и качество строящегося изображения. Особенно трудно получать фотографии при выдержках хотя бы в несколько десятков секунд и спектрограммы небесных объектов. На спектрограммах оказывается возможным различать спектры объектов с угловым диаметром не менее $1''$.

Несмотря на то что достижение высокого разрешения остается важнейшей задачей астрономической оптики, весьма существенно также распространить наблюдения на всю область излучения небесных тел, т. е. на весь спектр электромагнитных колебаний. Ведь с наземных обсерваторий можно вести наблюдения только в узком оптическом диапазоне, в небольшой части инфракрасной области и в части радиодиапазона. Полностью поглощаются земной атмосферой губительные для жизни жесткое ультрафиолетовое и рентгеновское излучения; инфракрасное излучение поглощается главным образом молекулами водяного пара и углекислого газа, а ультрафиолетовое излучение — стратосферным озоном и молекулами основных газов атмосферы.



Владимир Алексеевич Крат, директор Главной астрономической обсерватории АН СССР (Пулково), автор многих исследований в области теоретической астрофизики и физики Солнца.

Чтобы охватить наблюдениями возможно более широкий спектр излучения, приходится поднимать телескоп как можно выше над поверхностью Земли. Уже на высоте $12 \div 14$ км на спектрограммах практически полностью исчезают линии и полосы водяного пара и открывается для наблюдений вся инфракрасная область спектра, вплоть до коротких радиоволн. Еще выше, на высоте $30 \div 32$ км, из-за ослабления полос озона открывается «окно» видимости в область длин волн $1800\text{—}2200$ Å. Непрерывный спектр Солнца (точнее, солнечной фотосферы) простирается до длин волн 1800 Å, и, таким образом, уже в стратосфере мы можем наблюдать почти весь солнечный спектр. Лишь рентгеновское и часть ультрафиолетового излучения, посылаемого к нам короной и высокотемпературными образованиями солнечной хромосферы, остаются еще «закрытыми» верхними слоями земной атмосферы.

Чтобы полностью «открыть» и это излучение, необходимо либо поднять телескоп на высоту $250\text{—}300$ км на специальной ракете, либо послать его на искусственном спутнике Земли или космической станции вообще за пределы атмосферы Земли. Можно установить такой телескоп и на Луне.

Поскольку для подъема телескопов на высоты до 40 км используются стратосферные аэростаты, обычно область исследований с такими телескопами называют стратосферной астрономией¹. Другая область исследований, которые ведутся уже за пределами стратосферы и ионосферы Земли (но часто еще не выходят за пределы самого внешнего слоя атмосферы — экзосферы), а также в межпланетном пространстве, называется космической астрономией². В обоих случаях астрономическая станция «летает» — перемещается по отношению к земной поверхности. Самый плотный и «грязный» слой атмосферы — тропосфера — уже не влияет на наблюдения. Поэтому и стратосферную и

космическую астрономию следует объединить в одну отрасль, превращающуюся в автономную астрономическую науку.

Мы не будем касаться обстоятельств возникновения этой новорожденной науки. Ее суть и значение лучше всего могут быть поняты, если мы обратимся к фактам, к результатам исследований, позволяющим по-новому взглянуть на физические явления в космосе. В данном случае речь будет идти о физике Солнца.

*

Впервые перспективность новых методов исследования была доказана американскими астрономами (группа под руководством М. Шварцшильда), получившими в $1957\text{—}1959$ гг. на поднятом в стратосферу сравнительно небольшом телескопе с главным зеркалом в 30 см непревзойденные к тому времени по качеству и высокому оптическому разрешению снимки солнечной фотосферы. Дальнейший прогресс в этой области был достигнут в Советском Союзе посылкой в стратосферу целого комплекса астрономических приборов — **солнечной стратосферной обсерватории**.

Первый научный полет солнечной стратосферной обсерватории был произведен 1 ноября 1966 г. Ее телескоп рассчитан на главное зеркало диаметром в 1 м, однако при первых трех полетах (1966 , 1968 и 1970 гг.) оно было заменено зеркалом диаметром в 50 см. Но даже и в этом случае по размерам своей оптики телескоп был самым большим стратосферным солнечным телескопом. Во время последнего полета, 20 июня 1973 г., в телескопе было установлено метровое зеркало.

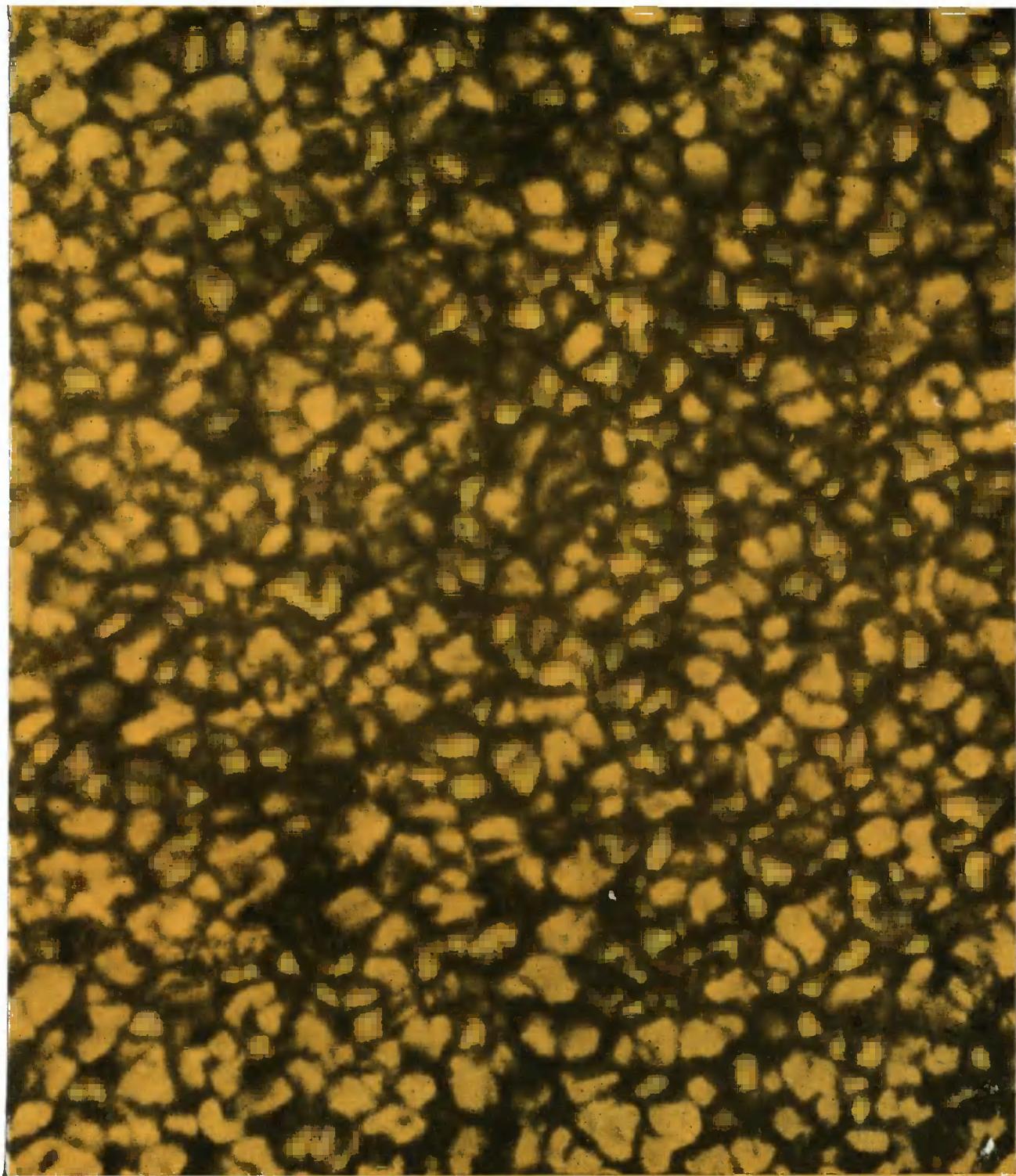
Изображение Солнца в телескопе солнечной обсерватории строится на щели дифракционного спектрографа высокой разрешающей силы и в камере прямых фотографических снимков. От отдельного маленького телескопа — фотогелиографа — на телевизионную трубку также падает изображение. Оно передается на наземные станции слежения. Видя на экране изображение Солнца, можно, подавая радиокоманды на стратосферную обсерваторию, наводить телескоп на разные участки поверхности Солнца. При этом наблюдатель работает так

На первой странице вклейки. Снимок фотосферы Солнца. Хорошо видна ее структура: тесные группы из нескольких маленьких гранул. Наблюдаемое с течением времени расширение гранул свидетельствует о происходящем в фотосфере волновом процессе, который может быть вызван сложным взаимодействием звуковых волн и волн тяжести. (Масштаб: $5,4$ мм = 1000 км.)

На второй странице вклейки. Грануляция на снимках фотосферы Солнца прослеживается до самого края солнечного диска, т. е. до самых высоких слоев фотосферы. (Масштаб: $5,4$ мм = 1000 км.)

¹ См. Л. М. Котляр, В. А. Крат. Астрономическая обсерватория в стратосфере. «Природа», 1968 , № 9 .

² См. в этом номере: Р. З. Сагдеев, Ю. И. Зайцев. Научные исследования в космосе — некоторые итоги, проблемы, перспективы.



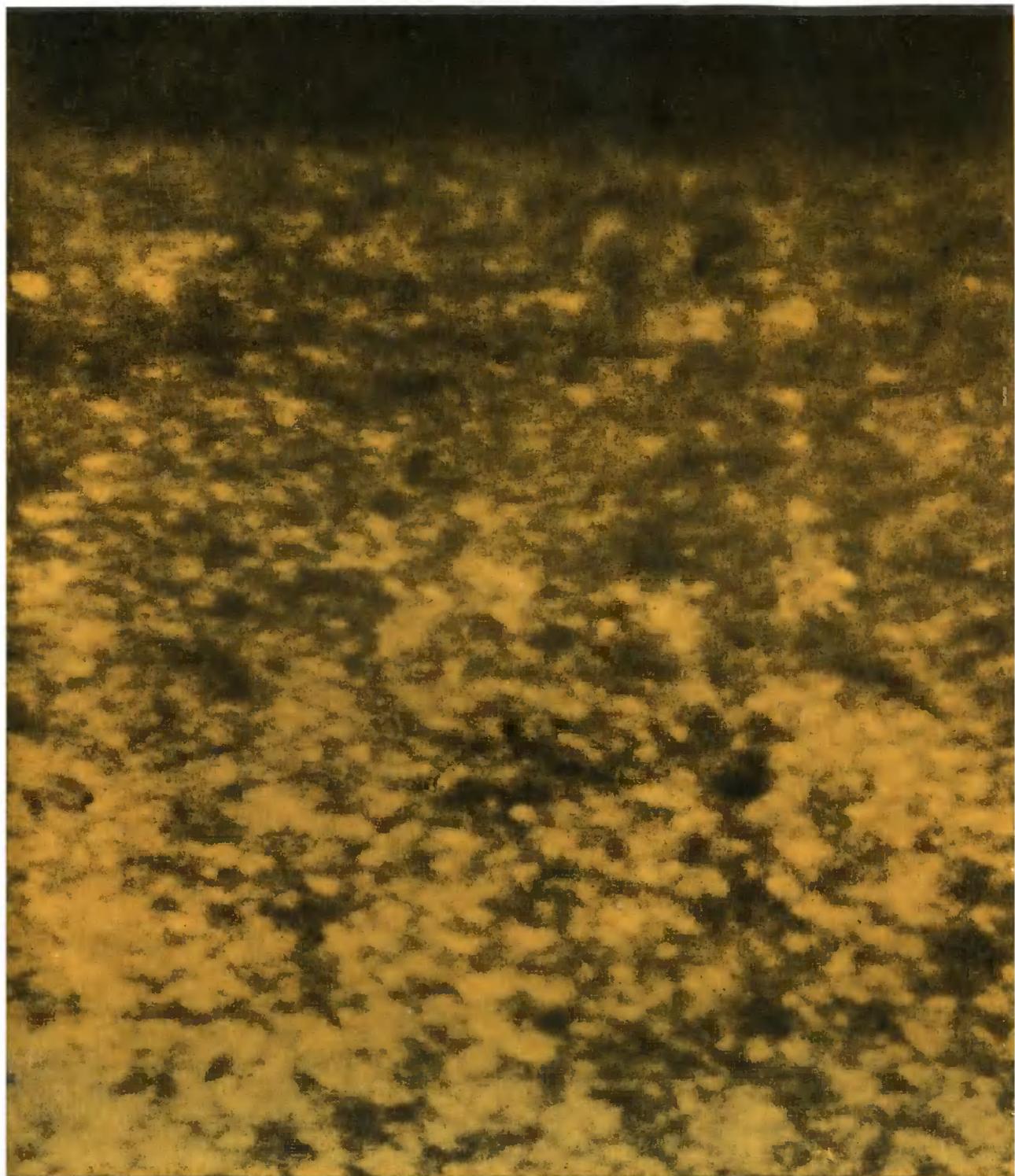


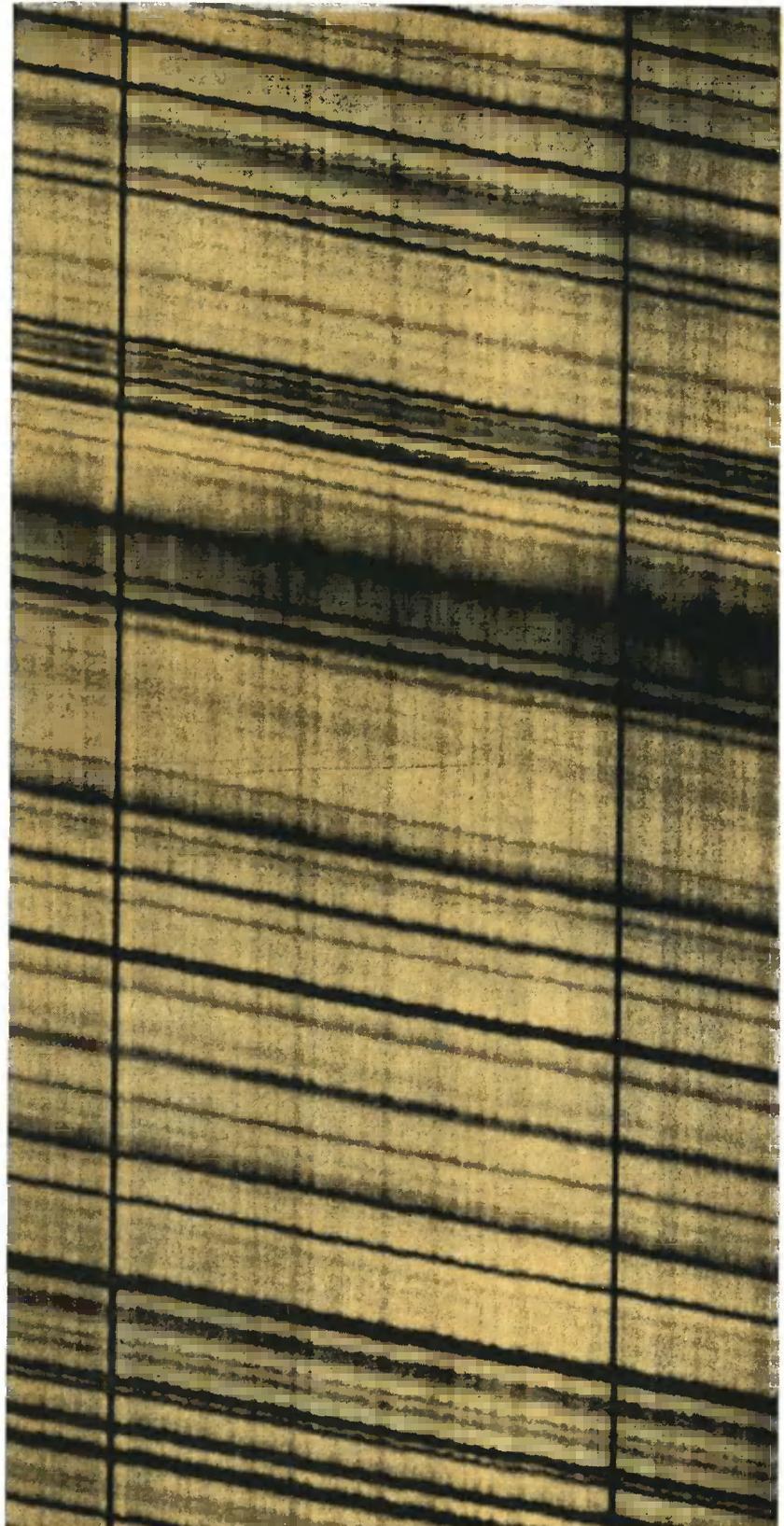
Рис. 1. Спектрограмма области солнечного диска, расположенной около его центра. По изломанности спектральных линий можно судить о характере движения фотосферных образований.

же, как и с наземным телескопом: он видит то, что фотографирует. Одновременно получают и снимки фотосферы и ее спектрограммы.

После работы в стратосфере, длящейся 6—8 час., обсерватория, пролетев иногда расстояние до 500 км, совершает мягкую посадку. После проверки юстировки оптики и отладки электронной аппаратуры солнечная обсерватория может быть снова поднята в стратосферу. Этим она выгодно отличается от искусственных спутников Земли и космических станций, оборудование с которых не возвращается.

Уже первые полеты стратосферных обсерваторий позволили сделать важное заключение о процентном содержании в атмосфере Солнца тяжелого водорода — дейтерия. При наблюдениях с наземных обсерваторий его определению мешают линии водяного пара тропосферы, попадающие как раз на то место спектра около линии водорода H_{α} , где должна находиться соответствующая линия дейтерия D_{α} . Это самая сильная линия дейтерия в оптическом диапазоне. В спектре Солнца, снятом из стратосферы, линии водяного пара пропадают, но на том месте, где должна была бы быть линия D_{α} , не оказывается ничего, что могло бы говорить о ее присутствии. Поэтому мы вынуждены признать, что дейтерия в солнечной атмосфере практически нет. Однако, как считает А. Б. Северный, на короткое время дейтерий, возможно, образуется в местах солнечных вспышек. Этот вопрос требует дополнительного исследования.

Одним из самых важных для теории фотосферы результатов был, ка-



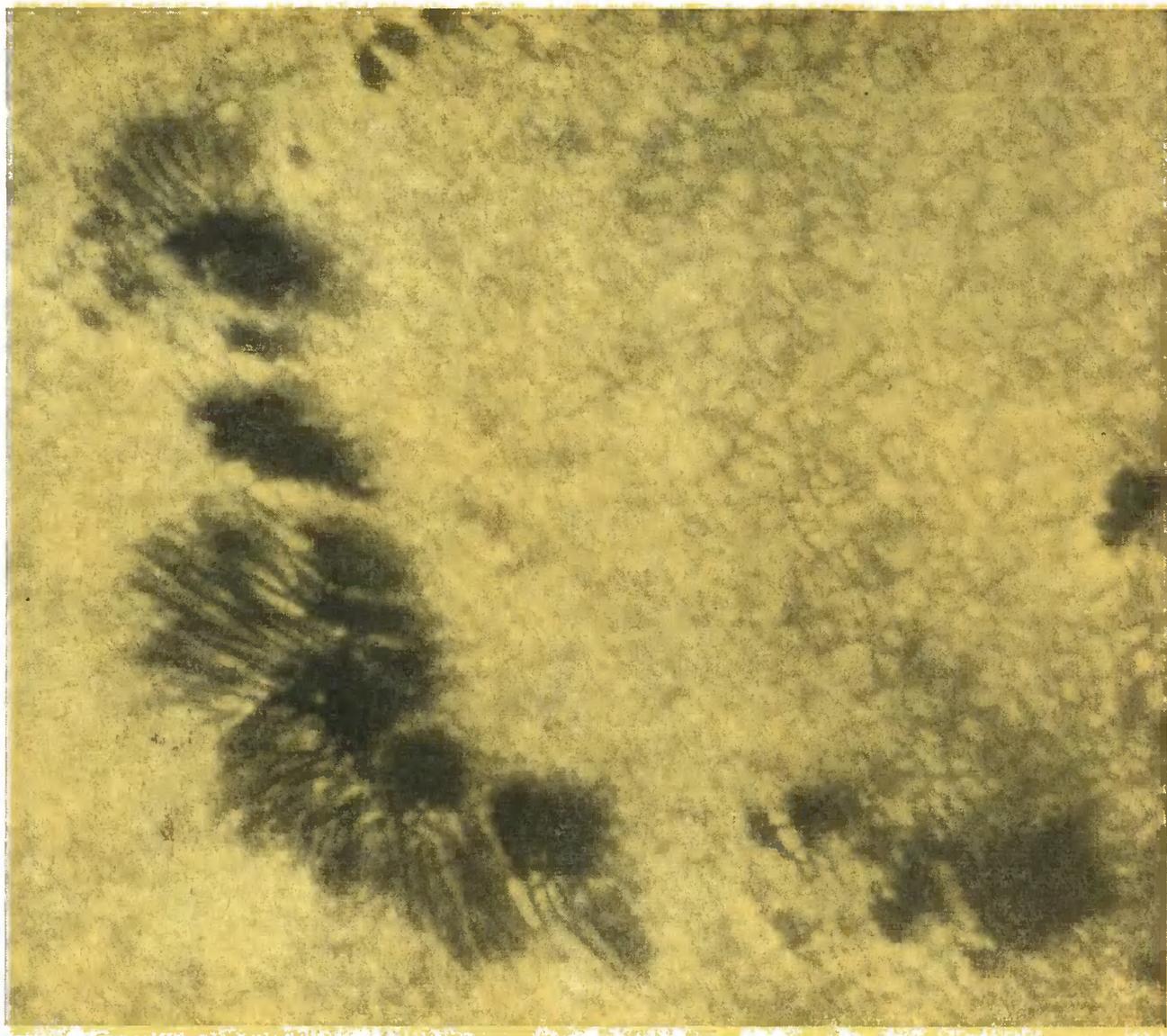


Рис. 2. Группа солнечных пятен, которые по физической природе представляют собой плазменные электромагниты. Сложная структура полутеней, существование почти круглых совершенно однородных зон, расположенных в ядрах пятен, свидетельствует о периферийной неустойчивости этих плазменных электромагнитов. (Масштаб: 4,7 мм = 1000 км.)

залось бы естественный, факт появления на снимках фотосферы Солнца значительно более мелких элементов фотосферной структуры (гранул) по сравнению с наблюдавшимися ранее. После работ американских астрономов считалось, что самые мелкие гранулы имеют видимый диаметр (ограниченный разрешающей силой телескопа) 250—300 км. В нашем случае разрешающая сила была примерно в два раза большей и видимые размеры самых мелких гранул (см. вклейку, стр. 1) составили 150—180 км. Но не это самое главное. Суть же дела в том, что гранулы многими исследователями считались элементами кон-

вективных движений в солнечной атмосфере, а на наших снимках их средние размеры как бы «уменьшились» в полтора раза, что уже не соответствует данным, принятым в теории конвекции. В этой теории игнорировалось существование магнитного поля фотосферы и сама картина конвекции представлялась состоящей из отдельных ячеек газа, в которых более горячий газ поднимался вверх (в центре ячейки) и, охладившись, опускался вниз (по периферии ячейки).

Исследования, проведенные советскими солнечными стратосферными обсерваториями, с неопровержимостью доказывают, что такая картина

весьма далека от действительности. Наземные наблюдения и даже американские данные говорили о том, что гранулы часто имеют форму многоугольников, и это похоже на конвективные ячейки. При большем разрешении, достигнутом нами, видно, что эти многоугольники на самом деле представляют собой тесные группы из нескольких маленьких гранул. Существуют также гранулы в форме кольца. Само развитие гранул с течением времени — их расширение — свидетельствует о некотором волновом процессе. Кроме того, грануляция на наших снимках видна до самого края солнечного диска, что соответствует самым высоким слоям фотосферы, куда конвекция не может проникать (см. вклейку, стр. 2).

Возникающие где-то внизу под видимой поверхностью фотосферы толчки (следствие своеобразных колебаний солнечной плазмы, возможно имеющих конвективный характер) неизбежно должны породить в фотосфере сложную картину звуковых волн и волн тяжести, постоянно интерферирующих друг с другом и быстро затухающих. Именно эта картина хорошо соответствует наблюдавшейся нами грануляции. По спектрограммам фотосферы можно хорошо изучать сам характер движений, так как при движении фотосферных образований по лучу зрения земного наблюдателя (что соответствует в центре солнечного диска направлению вверх—вниз) спектральные линии, возникающие в этих областях, из-за эффекта Доплера будут смещаться по направлению дисперсии в зависимости от направления движения. Это приводит к изломанности спектральных линий на снимках (рис. 1). Хотя в основном подъем газа наблюдается над светлыми образованиями (гранулами), это не является общим правилом. Сами гранулы в ярком свете центральных частей спектральных линий нередко выглядят как темные образования. Все эти особенности также хорошо объясняются теорией волн в плазме с магнитным полем. Само магнитное поле в фотосфере представляется в виде системы магнитных колец, верхняя часть которых, поскольку она не выходит из фотосферы, почти горизонтальна.

Не менее интересные факты уста-

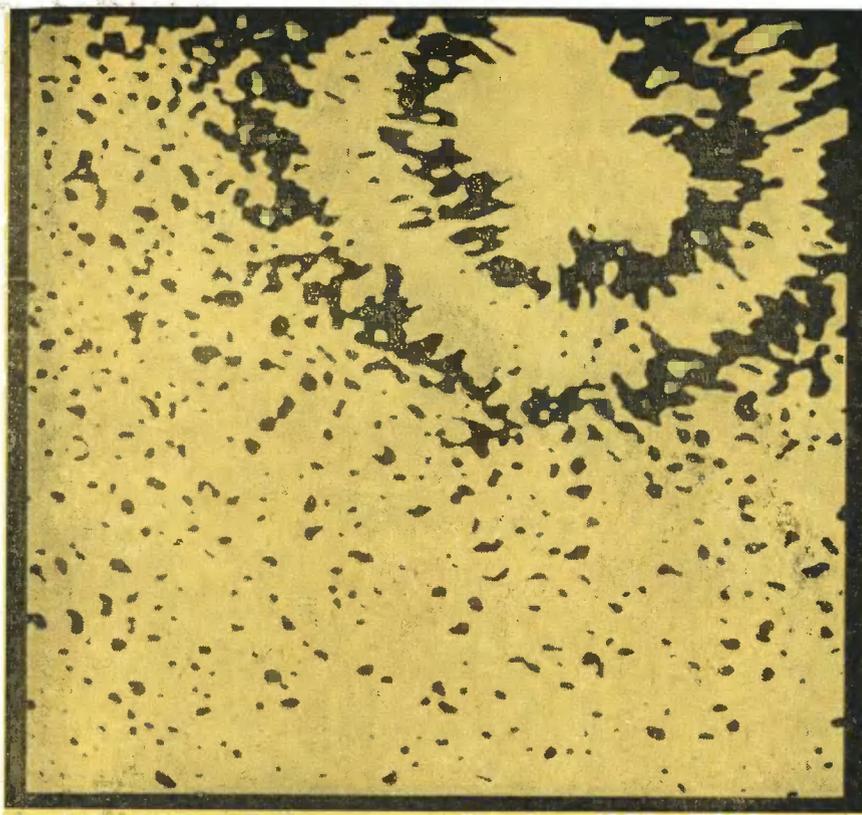


Рис. 3. Контрастированный отпечаток солнечного пятна. Внутренние и внешние кольца Секки имеют вид цепочек из гранул более ярких, чем гранулы окружающего фона. (Масштаб: 2,7 мм = 1000 км.)

новлены в результате изучения снимков солнечных пятен. На сериях последовательно сделанных снимков больших пятен с хорошо развитой тонкой структурой полутени (см. вторую страницу обложки и рис. 2) заметны изменения даже за промежуток времени всего в несколько минут. Сами волокна полутени существуют в течение примерно одного часа, но их конфигурация меняется более быстро. Сложная структура полутени наряду с существованием в ядрах пятен почти круглых и совершенно однородных зон говорит о периферийной неустойчивости таких крупных плазменных электромагнитов, как пятна.

Разрушение пятна начинается после того, как оно войдет в верхние сло-

солнечной атмосферы, причем возникновение неоднородностей начинается еще в ядре пятна, где на наших снимках видны мелкие яркие точки, напоминающие собой звезды внутри темной туманности. Вместе с тем существование в ядре областей, совершенно однородных по яркости, впервые указывает, что в основе своей пятно — это не набор мелких магнитных жгутов (не «канат»), а большая магнитная петля, лишь в силу неустойчивости распадающаяся на отдельные мелкие жгуты — темные волокна полутени.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что и на снимках 1970 г., и на снимках 1973 г. самые мелкие пятна — поры — оказываются по угловым размерам не меньше $1'',5$ (или 1500 км). И это при разрешении в $0'',21$. Рядом с пятнами наблюдается много мелких серых пятнышек размером около $1'',5$. Как было еще ранее доказано пулковскими астрономами, эти пятнышки представляют собой более слабые магнитные петли, чем пятна. Их принято называть магнитны-

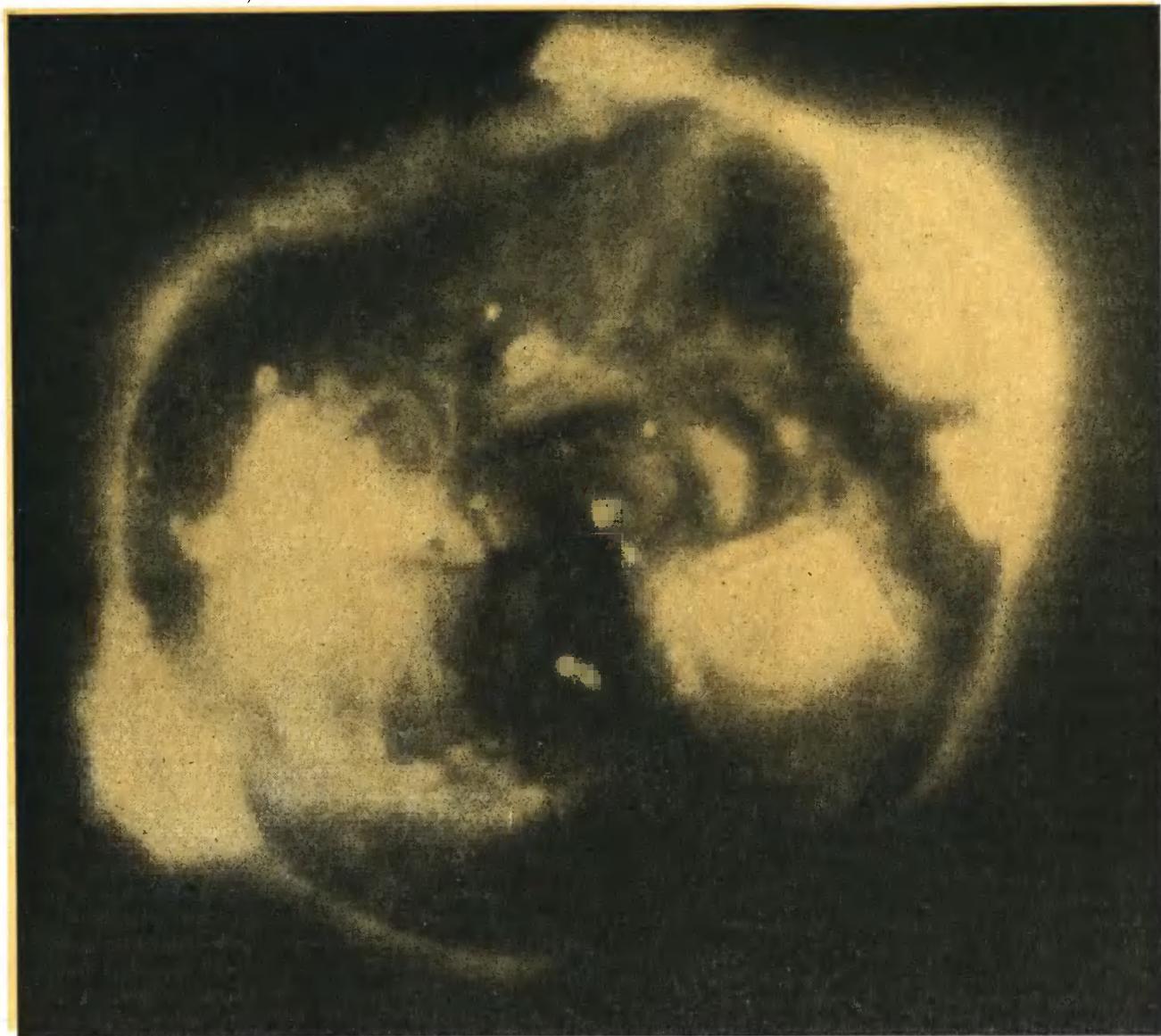


Рис. 4. Снимок Солнца в рентгеновских лучах, полученный в 1973 г. с американской космической лаборатории «Скайлаб».

ми узлами. Еще более слабыми магнитными полями обладают яркие устойчивые гранулы — солнечные факелы. Но и для них наименьшими, по нашим наблюдениям, являются размеры $0''{,}8-1''{,}0$, т. е. и они значительно больше, чем мелкие гранулы.

Существование нижнего предела

для размеров объектов с сильным магнитным полем (от 200 до нескольких тысяч эрстед) имеет фундаментальное значение для теории солнечной плазмы и вынуждает теоретиков заново пересмотреть теорию солнечных магнитных полей.

Более ста лет назад итальянский астроном А. Секки открыл слабое свечение вокруг полутени солнечных пятен и внутри пятна вокруг самого ядра. Это свечение было названо светлыми кольцами Секки. Наиболее правдоподобным объяснением их считалось то, что сравнительно низкотемпературные образования — пятна —

задерживают выход энергии из расположенных под ними слоев солнечной плазмы и часть этой энергии стремится, как бы обтекая магнитное поле пятна, выйти в виде излучения на его периферии. Так обстояло бы дело, если бы кольца Секки были сплошными образованиями. В Пулковке со стратосферных снимков были изготовлены очень контрастные отпечатки (рис. 3). На них кольца Секки видны в виде цепочек гранул, несколько более ярких, чем гранулы окружающего пятно фона. Впрочем, такие гранулы встречаются не только в кольцах Секки; они разбросаны по всей фотосфере,

правда довольно редко. Ясно, что повышенная яркость этих гранул не может объясняться избыточной радиацией, которая, рассеиваясь во все стороны, неспособна в условиях фотосферы дать четкие светящиеся дискретные очаги свечения. Такое свечение может быть вызвано лишь источниками, которые связаны с магнитным полем и отражают его тонкую структуру. Наиболее правдоподобным кажется объяснение, что они создаются магнитогидродинамическими волнами, идущими из недр Солнца вдоль магнитных жгутов.

Уже беглый просмотр спектрограмм Солнца, а затем и их тщательное фотометрирование позволили установить еще один важный факт. В ядре линии водорода H_{α} все объекты представляют собой уже не фотосферные, а хромосферные образования. Они расположены на несколько тысяч километров над границей фотосферы. Эти образования оказались значительно большими, чем фотосферные гранулы (по среднему диаметру — почти в 3—4 раза). На наземных снимках этого не удавалось обнаружить из-за недостаточного разрешения мелких деталей. Единственным объяснением этого факта пока может служить гипотеза, что магнитные дуги (верхняя часть петель) стремятся подняться вверх из фотосферы и, достигая зоны пониженного давления в хромосфере, расширяются. Однако это объяснение нас удовлетворить не может, так как падение плотности и давления от фотосферы к хромосфере настолько сильное, что магнитные дуги должны были бы полностью размываться, чего не происходит. Загадка магнитных структур в хромосфере и еще выше — в солнечной короне — ждет своего объяснения.

Совсем недавно почти все сведения о строении солнечной короны основывались на ее наблюдениях недалеко за краем солнечного диска во время полных затмений (такие снимки считались уникальными!) и наблюдениях с внезатменными коронографами. Ни то, ни другое не давало полной картины строения короны. Только радионаблюдения впервые позволили в наземных условиях устанавливать в общих грубых чертах строение короны

на фоне диска Солнца. Новая возможность исследования солнечной короны открылась, когда начали фотографировать Солнце в рентгеновских лучах¹. Особенно четкие и интересные рентгеновские фотографии Солнца получены в 1973 г. с космической лаборатории «Скайлэб».

Солнечная фотосфера не дает рентгеновского излучения, и на снимках Солнца видна только корона, причем хорошо различаются ее структурные формы. Видно, какую сложную форму приобретает корона над активными областями Солнца. Но самый удивительный и новый факт — обнаружение на снимках ярких светящихся точек (рис. 4). Американские астрономы связывают их появление с существованием на Солнце сравнительно слабых небольших магнитных структур типа факелов или магнитных узлов. Это, по-видимому, правильно, но не может служить достаточным объяснением. Дело в том, что факелов и магнитных узлов очень много и в активных областях, и даже на известном удалении от них. Светлые же рентгеновские точки короны — явление редкое, хотя их на снимках и насчитывается иногда около десятка. Непонятно, почему в одном случае малые магнитные образования оказываются источником рентгеновского излучения, а в другом случае этого нет. И вообще пока вопрос о происхождении рентгеновского излучения в активных образованиях Солнца еще не ясен. Высказывается лишь гипотеза, что в данном случае происходит аномально сильное нагревание короны внутри поднимающейся в нее магнитной петли. Это нагревание может осуществляться магнитогидродинамическими волнами.

Говоря о рентгеновских снимках Солнца, мы, естественно, перешли уже в область космической астрономии. Здесь следует отметить многочисленные исследования спектра Солнца в очень далеком ультрафиолете, недоступном из стратосферы, и в области так называемых мягких рентгеновских лучей (с длиной волны поряд-

ка десятков ангстрем). Здесь хотя и не сделано каких-либо особенных открытий, но получен исключительно ценный материал для современной теории физических процессов в хромосфере и короне Солнца. С искусственных спутников Земли и ракет были сделаны снимки Солнца в свете отдельных линий, например в линии водорода L_{α} . Прежние теоретические расчеты и гипотезы получили надежное наблюдательное обоснование. Многое было исправлено, а кое-что и устранено.

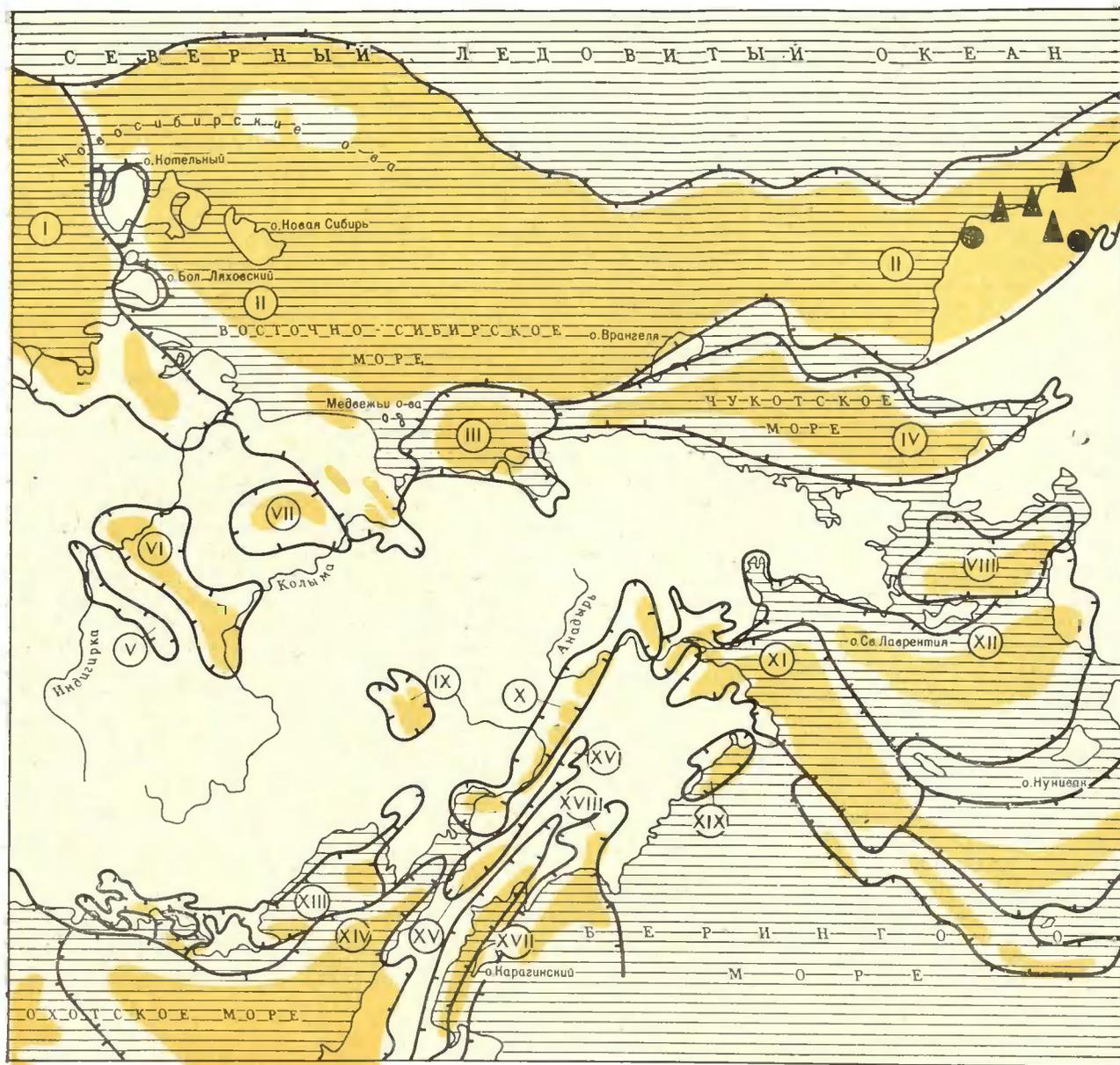
*

Внеатмосферная астрономия делает лишь первые шаги. Отчасти поэтому мы совсем не упоминаем о наблюдениях солнечных вспышек, хотя, по мнению А. Б. Северного, именно для этих объектов особенно важно высокое разрешение, получаемое на снимках из стратосферы. К сожалению, вспышки не возникают по специальному заказу и «приурочить» их к запускам солнечной стратосферной обсерватории невозможно. Весьма неполны и недостаточно точны сведения о вспышках, полученные с ракет и искусственных спутников Земли. Увы, и здесь еще сказывается отсутствие разносторонних комплексных исследований.

Для эффективного развития современной астрономии необходимо сочетать в единых программах наблюдений наземные и внеатмосферные исследования, при неуклонном совершенствовании средств стратосферной и космической астрономии. В этом и состоит залог прогресса.

УДК 523.7

¹ См., например: М. А. Лифшиц. Солнечная активность. «Природа», 1965, № 6; Кулиев. Солнечный спектр. «Природа», 1963, № 8.



Нефтегеологическое районирование Северо-Востока СССР и прилегающего шельфа. Бассейны: I — Лаптевско-Янский, II — Новосибирско-Колывилльский, III — Чаунский, IV — Лонгско-Чукотский, V — Молский, VI — Индигиро-Зырянский, VII — Северо-Колымский, VIII — Нортон, IX — Улаганский, X — Пенжинский, XI — Анадырский, XII — Крест-Юкон, XIII — Ямско-Тауйский, XIV — Охот-

ско-Западно-Камчатский, XV — Пусторецкий, XVI — Паропольский, XVII — Центрально-Камчатский, XVIII — Олюторский, XIX — Хатырский.

1 — границы возможных нефтегазопосных бассейнов, 2 — наиболее перспективные площади внутри бассейнов, 3 — газовые и 4 — нефтяные месторождения на Арктическом склоне Аляски.

Нефть Северо-Востока СССР

В. В. Иванов

Кандидат геолого-минералогических наук

Северо-Восток СССР, как известно, славится богатейшими месторождениями олова. Но геологические данные говорят о большем разнообразии скрытых здесь полезных ископаемых. Поэтому размах изысканий сейчас чрезвычайно широк. Мы же будем говорить только о нефти и газе.

В последние 15—20 лет к востоку от Урала открыты уникальная по запасам Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция, крупные газовые месторождения на Вилюе в Якутии, новые месторождения нефти и газа в Иркутской области и на Сахалине. Естественно, встал вопрос: а нет ли нефти и газа на Северо-Востоке СССР? Ведь экономический эффект от открытия здесь этих видов минерального сырья был бы очень велик.

В журнале «Природа» уже сообщалось, что несколько лет назад в Анадырской впадине на Чукотке развернулся фронт нефтепоисковых геофизических и буровых работ и что в 1969 г. был получен приток газа¹. В самое последнее время в более древних толщах обнаружена и нефть. Следовательно, принципиально вопрос о наличии нефти и газа на Северо-Востоке можно считать решенным. Но в каких конкретно районах их можно встретить и в каком количестве?

Чтобы ответить на этот вопрос, геологи собрали большое количество необходимых сведений. Вся территория и частично прилегающие шельфовые зоны северо-восточных морей покрыты региональными геофизиче-

скими съемками. В большинстве перспективных районов проведены специальные геолого-геохимические исследования оценочного характера, выявлены многочисленные поверхностные признаки нефти и газа. Детальные поиски с применением буровых установок начались в Хатырском прогибе. Все эти материалы позволяют сейчас достаточно детально проводить нефтегеологическое районирование, выделять наиболее перспективные объекты, намечать пространственные связи с нефтегазоносными областями Аляски, где, как известно, после многолетних поисков были открыты крупные нефтяные и газовые месторождения.

*

Нефть и газ образуются, накапливаются и сохраняются в недрах внутри тектонических впадин, заполненных толщами осадочных пород (глинами, песчаниками, известняками и др.) мощностью не менее 1,5—2 км. Кроме того, чтобы эти процессы осуществлялись, необходимы умеренная степень уплотнения, консолидированности, или, как говорят, катагенного изменения пород¹, наличие в пределах впадин благоприятных подземных ловушек, проницаемых коллекторских горизонтов и непроницаемых пород — «покрышек». Впадины, удовлетворяющие таким требованиям, именуются возможными нефтегазоносными бас-



Валерий Владимирович Иванов, заведует лабораторией геологии нефти и газа Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института ДВНЦ АН СССР. Занимается теоретическими и практическими аспектами проблемы нефтегазоносности Северо-Восточной Азии, исследованием закономерностей размещения нефтяных и газовых месторождений в Тихоокеанском поясе. Участник многих геологических экспедиций в районах Анадыря, Пенжины, Колымы, Индигирки.

¹ Ю. К. Бурлин, Д. И. Агапитов, И. Е. Драбкин. Будет ли нефть на Чукотке? «Природа», 1970, № 8.

¹ Обычно нефтегазоносны те породы, которые находятся на этапе катагенеза, отвечающего маркам углей Б₃—Г. Подробнее см.: Н. Б. Вассоевич. Источник нефти — биогенное углеродистое вещество. «Природа», 1971, № 3.

сейнами. Как правило, рано или поздно при достижении определенного объема поисковых работ в них обнаруживаются месторождения нефти и (или) газа, и тогда они переходят в разряд нефтегазоносных бассейнов.

В пределах Северо-Востока СССР и на сопредельных участках морского шельфа в настоящее время выделяется 19 возможных нефтегазоносных бассейнов, которые связаны с различными по происхождению и геологическому строению тектоническими впадинами. Поэтому неравнозначно оцениваются и перспективы их нефтегазоносности.

Еще в самом начале 60-х годов по комплексу геологических показателей наиболее перспективной и первоочередной для поисков была признана Анадырская впадина. Естественно поэтому, что сейчас это наиболее изученный объект на Северо-Востоке. Впадина охватывает низовья Анадыря и мелководный Анадырский залив Берингова моря, причем в этой акватории скрыта наибольшая часть самой структуры. Верхняя часть геологического разреза Анадырской впадины представлена молодыми средне- и верхнемиоценовыми, плиоценовыми и четвертичными осадочными породами прибрежно-морского и континентального происхождения. Они залегают очень полого, изменяются в мощности от 0 до 2—3 км, несогласно (т. е. с перерывом в осадконакоплении) перекрывая разнообразные более древние образования. Этот молодой, как принято говорить, осадочный чехол, судя по геофизическим данным, также широко распространен в северной части шельфа Берингова моря. Почти во всех скважинах, вскрывших верхнюю часть разреза, наблюдались яркие газопроявления, а в августе 1969 г. на Восточно-Озерном локальном поднятии из отложений среднего миоцена был получен газовый приток с дебитом 200—250 тыс. м³/сутки. Таким образом, геологические и геохимические данные показывают, что в неогеновых отложениях образуется и накапливается, в основном, только газ.

Более древние песчано-глинистые морские и континентальные породы верхнего мела и палеогена пользуются наибольшим распространением в западных и южных частях впадины.

Здесь в 1970 г. в колонковой скважине, пробуренной на Усть-Чирынайском поднятии, была встречена 400-метровая пачка черных битуминозных аргиллитов, в основании которой были подняты туфы с капельно-жидкой нефтью. В январе 1973 г. на Изменной площади из трещиноватых алевритов палеогена на глубинах от 2035 до 2085 м получена первая «живая» нефть, легкая по составу, с большим содержанием бензиновых фракций. Так что палеогеновые и верхнемеловые отложения, видимо, являются нефтегазоносными. Совершенно очевидно, что потенциальные запасы Анадырской впадины значительно увеличиваются за счет ее площадей, скрытых под водами моря.

*

В Анадырской впадине уже создана достаточно крупная база нефтеразведчиков, служащая отправной точкой для освоения и соседних перспективных бассейнов. Один из них — Хатырский прогиб, который протягивается вдоль Берингова моря по восточным склонам Корякского нагорья. Здесь встречаются многочисленные поверхностные нефтегазопроявления в виде газовых источников, пропитанных нефтью пластов песчаников, высачивающейся по трещинам загустевшей нефти. Перспективен практически весь разрез осадочных пород этого прогиба, от верхнего мела до неогена включительно.

Особый интерес представляет незаморающийся Хатырский шельф, где основные структурные элементы суши имеют свое непосредственное продолжение. По возрасту, мощности и составу заполняющих Хатырский прогиб отложений, а также внутреннему строению он весьма схож с нефтеносным прогибом Якатага (Сант-Элиас), который расположен на южном побережье Аляски.

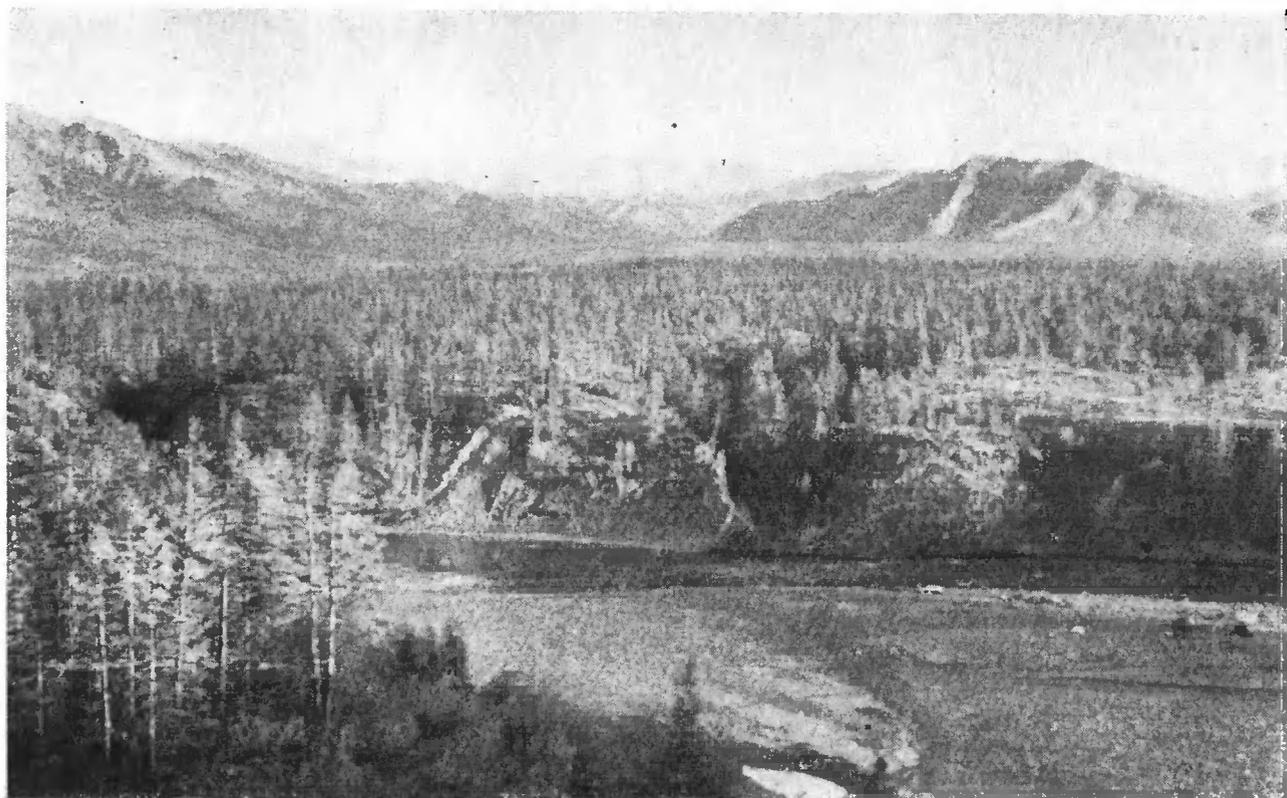
К западу от Анадырской впадины более чем на 700 км протягивается Пенжинский прогиб. Он обладает дифференцированным внутренним строением и состоит из ряда мульд и поперечных поднятий. Первые считаются наиболее перспективным участком бассейна, в котором основными благоприятными комплексами служат отложения верхов нижнего мела (апальб), верхнего мела и палеогена.

Левый приток Колымы — река Зырянка в районе выхода ее из хребта Ильинь-Тасс на Ожогинскую низменность (вверху). В обрывах обнаружены верхнеюрские и нижнемеловые отложения — основной объект поисков нефтяных и газовых месторождений в Индигиро-Зырянском бассейне. Район удален от побережья морей, лето здесь теплое, у подошвы гор и в долинах рек растет густая лиственный тайга.

Фото А. А. Коршунова, 1969 г.

Хатырский прогиб, в котором развиваются нефтепоисковые работы, расположен на побережье Берингова моря (внизу). Низменные заболоченные участки со множеством озер и проток чередуются с пологими возвышенностями, где снег сохраняется до середины июля.

Фото В. В. Иванова, 1972 г.





Нефтегазопроявления на поверхности служат вескими доказательствами нефтегазоносности недр. Хатырский прогиб давно привлекает внимание исследователей многочисленными естественными выходами нефти и газа. На фотографии видны черные, пропитанные окисленной нефтью известковистые песчаники, обнаруженные в левом обрывистом берегу р. Ионайвеем.

Фото В. В. Иванова, 1972 г.

Возможные нефтегазоносные бассейны южной части Корякского нагорья тесно связаны с перспективными геологическими структурами Камчатки. В них также имеются поверхностные нефтегазопроявления, установлены благоприятные коллекторские горизонты и ловушки. Здесь наибольшие перспективы связываются с отложениями палеогена и неогена. Высоко оцениваются потенциальные ресурсы прилегающих акваторий Олюторского, Корфовского заливов, пролива Литке и Пенжинской губы.

В центральных районах Северо-Востока СССР наибольшее внимание привлекает обширный Индигиро-Зырянский прогиб, вытянутый вдоль северо-восточных склонов хребта Илинь-Тасс, в междуречье Индигирки и Колымы. Прогиб заполнен многокилометровыми (10—12 км) толщами морских и континентальных угленосных отложений верхней юры и нижнего мела. В поперечном сечении он асимметричен: юго-западный борт крутой, осложнен узкими, часто наклонными складками и разрывами, се-

веро-восточный — более пологий и спокойный. В прогибе установлены продольные зоны антиклинальных складок и поперечные поднятия, которые могут служить в качестве ловушек для нефти и газа. Судя по составу, степени уплотнения пород, характеру рассеянного в них органического вещества, континентальные отложения нижнего мела, вероятно, являются в основном газопроизводящими. Это подтверждается естественными выходами газа прямо на поверхность, в составе которого резко преобладает метан. Перспективы нефтеносности связываются здесь с отложениями верхней юры и с более древними толщами мезозоя и палеозоя, особенно в краевых участках бассейна, где они могут быть вскрыты скважинами на доступных глубинах. В горных районах, окружающих бассейн, в палеозойских толщах известны битуминозные известняки, породы с пустотами и трещинами, заполненными нефтью, твердые битумы.

Значительные размеры Индигиро-Зырянского прогиба, большие мощ-

ности заполняющих его отложений и другие благоприятные геологические показатели выдвигают его в разряд одного из крупнейших объектов по потенциальным запасам нефти и газа на территории Северо-Востока СССР. С ним соседствует несколько меньших, но также заслуживающих пристального изучения возможных нефтегазоносных бассейнов — Момский, Северо-Колымский и Уляганский.

Вдоль побережий морей Лаптевых и Восточно-Сибирского расположены обширные низменности Приморская и Колымская. Они до недавнего времени оставались по существу «белыми пятнами». Проведенные геофизические исследования показывают, что наилучшими перспективами обладает западная часть Приморской низменности в низовьях рек Омолоя, Яны и Хромы. Интенсивно дислоцированные и сильно уплотненные толщи верхнего палеозоя — нижнего мезозоя (так называемый верховянский комплекс) здесь несогласно перекрыты кайнозойскими отложениями, мощность которых, по оценкам геофизиков, дости-

При поисках нефти и газа в новых районах осуществляется определенная последовательность работ. Перед заложением глубоких поисковых скважин, для которых требуется громоздкое оборудование и значительные средства, бурят сравнительно мелкие (1000—1500 м), так называемые структурные, или колонковые, скважины с применением легких буровых установок. Колонковая скважина К-6 — одна из первых в Анадырской впадине.

Фото Е. Н. Костылева, 1966 г.



гает 2—2,5 км. Однако на рассматриваемой суше расположена лишь крайняя часть крупного Лаптевско-Янского бассейна. В пределах его морской зоны, по мнению многих геологов, интенсивность складчатости палеозойских и мезозойских отложений уменьшается и, таким образом, этап возможности нефтегазоносности здесь резко возрастает.

Большой интерес вызывают в настоящее время восточные острова Новосибирского архипелага — Фаддеевский, Бунге и Новая Сибирь. Они входят в состав громадного по площади Новосибирско-Колвиллского нефтегазозносного бассейна, в восточной части которого — на Арктическом склоне Аляски — открыто несколько нефтяных и газовых месторождений, в том числе уникальное по запасам нефти месторождение Прадхо-Бэй. Тектоническое строение, геологический разрез и геофизические характеристики упомянутых островов Новосибирского архипелага весьма близки тем, которые встречены в районе месторождения Прадхо-Бэй. Там нефтяные зале-

жи приурочены к трем горизонтам: известнякам каменноугольного возраста (группы Лисборн), песчаникам пермо-триаса (формации Садлрочит) и песчаникам нижнего мела. Перспективы нефтегазоносности Новосибирских о-вов также определяются породами широкого возрастного диапазона — от кайнозойских до палеозойских включительно. В последних уже обнаружены пахучие битуминозные известняки, твердые битумы и трещиноватые породы, насыщенные загустевшей нефтью.

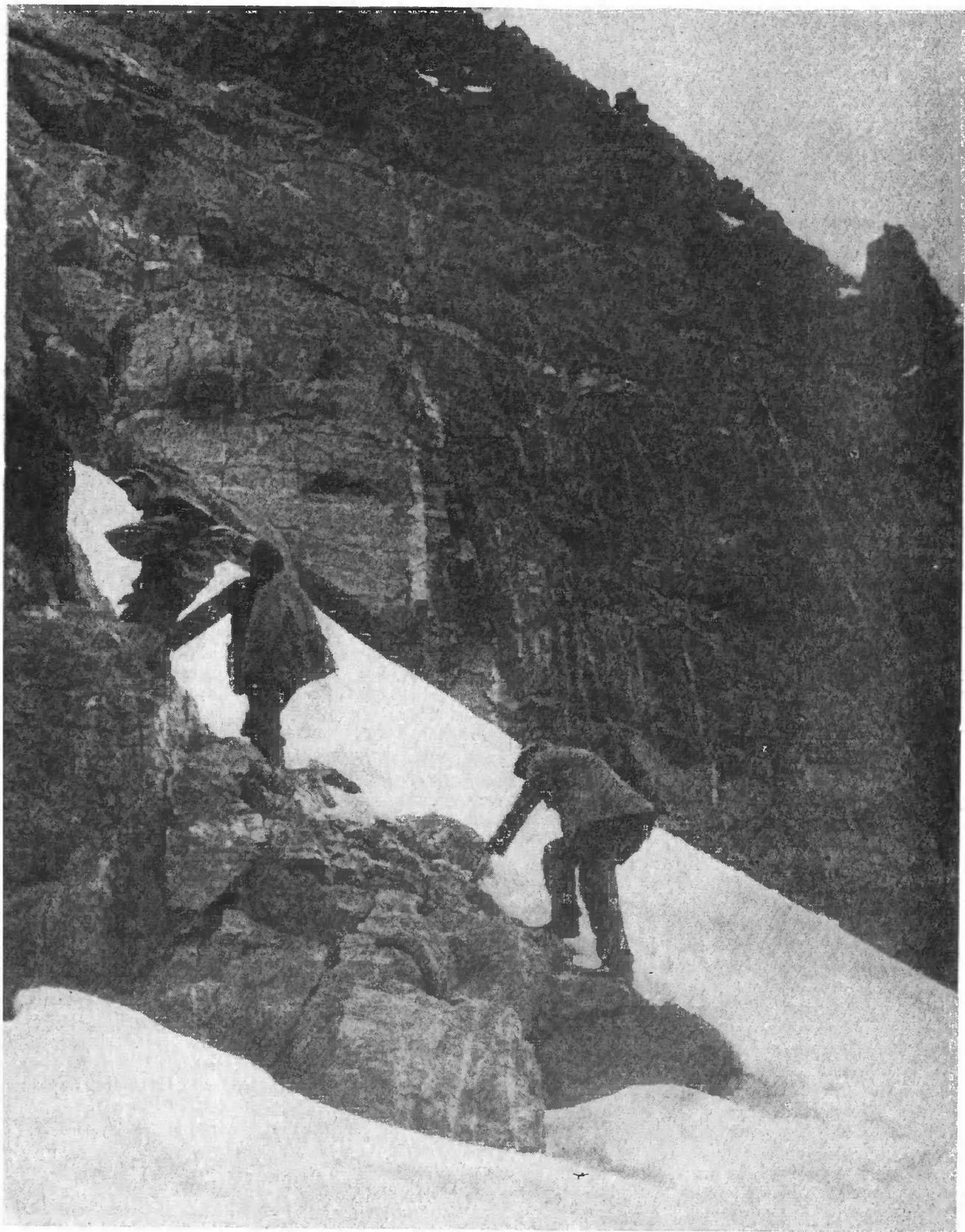
На шельфе морей Восточно-Сибирского, Берингова, Чукотского и Охотского огибаются еще несколько возможных нефтегазозносных бассейнов — Чаунский, Лонгско-Чукотский, Нортон, Крест-Юкон, Охотско-Западно-Камчатский, основные перспективные комплексы которых по возрасту относятся к верхнему мелу, палеогену и неогену.

*

При взгляде на карту хорошо видно, что наибольшие перспективные площади располагаются в акватории

морей Ледовитого и Тихого океанов. Поэтому проблема нефтегазоносности Северо-Востока СССР по существу является проблемой нефтегазоносности окружающего его шельфа. Несомненно, ее решение надо начинать с суши, и это уже осуществляется.

Таким образом, накопленные геологические знания позволяют утверждать, что Северо-Восток СССР в будущем сможет стать районом сосредоточения целого ряда новых баз добычи нефти и газа. Открытие на крайнем востоке Советского Союза месторождений нефти и газа явится не только мощным толчком к дальнейшему освоению края, развитию старых и созданию здесь новых отраслей промышленности, но будет способствовать общему улучшению топливно-энергетического баланса и схемы размещения производительных сил страны.



Геологи Академии в годы Великой Отечественной войны

Профессор Ф. И. Вольфсон

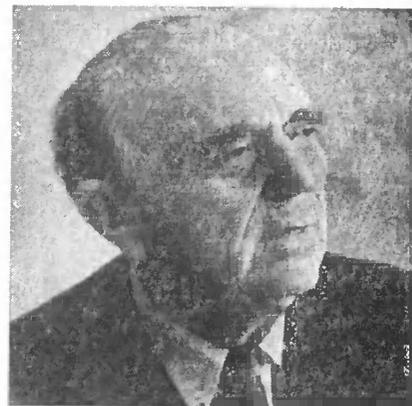
Минеральное сырье на нужды фронта

Великая Отечественная война явилась проверкой способности геологической службы страны решать грандиозные, порой острейшие проблемы по обеспечению нашей промышленности всеми видами сырья. Противник временно оккупировал Криворожский, Керченский, частью Липецкий железорудные бассейны, Никопольский марганцевый бассейн, прекратили работы заводы черной металлургии Юга и частично Центра страны. Были захвачены Днепровский и Волховский алюминиевые заводы с Тихвинскими бокситовыми рудниками, на Северном Кавказе вышел из строя Тырнаузский вольфрамowo-молибденовый комбинат и завод «Электроцинк» с Садонскими и другими рудниками. Бездействовал «Северникель». Все эти потери требовалось в короткие сроки восполнить за счет других районов нашей страны. Перед геологами встали две важнейшие задачи — расширить запасы руд действующих предприятий и выявить новые промышленные месторождения в районах, доступных для быстрого освоения. В этой сложной работе научные работники различных геологических институтов Академии наук СССР сыграли громадную роль.

На южном склоне Главного Кавказского хребта, рассеянного рудными жилами, во время войны велись геологические изыскания. На фото группа геологов в маршруте. Справа — Д. И. Щербаков.

По инициативе президента АН СССР В. Л. Комарова и под его непосредственным руководством была создана Комиссия по мобилизации ресурсов Урала, Западной Сибири и Казахстана на нужды обороны. При Отделении геолого-географических наук АН СССР работала специальная комиссия под председательством А. Е. Ферсмана по оперативному геолого-географическому обслуживанию армии. На Кавказе в этом направлении большая работа была выполнена Д. И. Щербаковым, который наряду с этим руководил геологоразведочными работами, направленными на расширение минерально-сырьевой базы республик Закавказья. Исследования этого выдающегося ученого существенно изменили представления о металлогении Кавказа. Особое значение для проведения поисковых работ на руды металлов, вплоть до настоящего времени, имели его выводы о рудоуправляющей роли разломов антикавказского (северо-восточного) направления, а также влияние пород древнего фундамента на формирование и размещение месторождений.

Говоря о работах на Кавказе, нельзя не вспомнить, что когда началась Великая Отечественная война, известному почвоведу академику ВАСХНИЛ и академику АН Молдавской ССР Н. А. Димо было почти 70 лет. Он добровольно вступил в состав военно-геологического отряда, обслуживающего войска Северо-Кавказского и Закавказского направлений. В короткое время ученый завершил труд о географических исследованиях и составлении карт Приазовья, Северного Кавказа и Предкавказья. Глубокое понимание водно-



Файтель Иосифович Вольфсон, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР, начальник экспедиции № 1. Ведет исследования в области изучения структур и генезиса рудных месторождений. Автор монографий: Проблемы изучения гидротермальных месторождений. М., «Недра», 1962; Развитие учения о рудных месторождениях СССР. М., «Наука», 1969 и др. Лауреат Ленинской премии.



А. Е. Ферсман (в центре) и В. Г. Хлопин (справа) в геологическом маршруте на Тянь-Шане. Редкая фотография.

Фото З. С. Закина.

физических свойств почв оказало неоценимую помощь войскам Южного фронта во время решительного наступления весной 1943 г., совпавшего с необычной распутицей. В приказе по фронту отмечалось, что работа Димо «была эффективно использована командованием для принятия оперативных решений»¹.

На рудных месторождениях Центрального Казахстана и Алтая всеми геологоразведочными работами руководили И. Ф. Григорьев и К. И. Сатпаев. Многие ученые выехали на Урал, в Сибирь, Казахстан, республики Средней Азии и другие горнорудные районы страны. Напряженный труд привел к исключительно важным открытиям. За период Великой Отечественной войны Геологической службой страны, в которой активную роль играли ученые Академии наук СССР, были выявлены оловянные месторождения на Дальнем Востоке, молибденовые и марганцевые — в Казахстане, воль-

фрамовые и частью свинцовые — в Средней Азии, бокситовые — на Северном и медноколчеданные на Южном Урале. На большинстве действующих рудников черных, цветных, благородных и редких металлов Урала, Сибири, Казахстана и Средней Азии были обнаружены крупные дополнительные промышленные запасы руд. Взамен месторождений на временно оккупированных территориях были разведаны и введены в промышленное освоение новые рудные объекты на Урале, в Казахстане и Средней Азии. Особенно остро стоял вопрос о создании сырьевых баз марганца и ртути. Благодаря работам А. Г. Бетехтина, А. Л. Яншина, В. И. Смирнова и группы руководимых ими геологов страна блестяще справилась с этой задачей. Было доказано промышленное значение марганцевых месторождений Западной Сибири, Урала, Центрального Казахстана, существенно расширены перспективы поисков этого сырья. На ранее выявленных с участием и под руководством Д. И. Щербакова ртутно-сурьмя-

ных месторождениях Южной Ферганы в сжатые сроки были разведаны промышленные запасы руд и открыты новые ртутные месторождения и перспективные участки. Это дало возможность быстро ввести в строй новый Хайдарканский комбинат, который обеспечил нужды фронта в ртути.

В результате в тяжелые годы войны, несмотря на временную потерю ряда наших предприятий на западе, производство металлов, и прежде всего цветных и редких, чрезвычайно нужных для обороны страны, не убывало, а продолжало возрастать.

Наряду с успешным решением непосредственно практических задач на один день не прекращались и научно-тематические исследования, в которых ведущая роль также принадлежала геологам Академии наук СССР. Однако и работы этого профиля получили новое, более близкое к практике направление. Ряду крупнейших специалистов-теоретиков пришлось сконцентрировать свои усилия на выявлении главнейших закономерностей формирования и размещения

¹ См. Димовские чтения (10-е, 1973). Кишинев, «Штиинца», 1973.

Лагерь геологической партии, занимавшейся изучением лав потухших вулканов. Эти исследования проводились до войны и были продолжены сразу же после ее окончания. На переднем плане А. Н. Заварицкий (слева), С. С. Смирнов (справа). Редкая фотография.

Фото З. С. Закина.



рудных месторождений. Конечно, это не могло не сказаться на практике геологоразведочной службы. Эти работы помогли не только правильно расставить силы при поисках полезных ископаемых во время войны, но и определили направление научных и практических работ на многие годы.

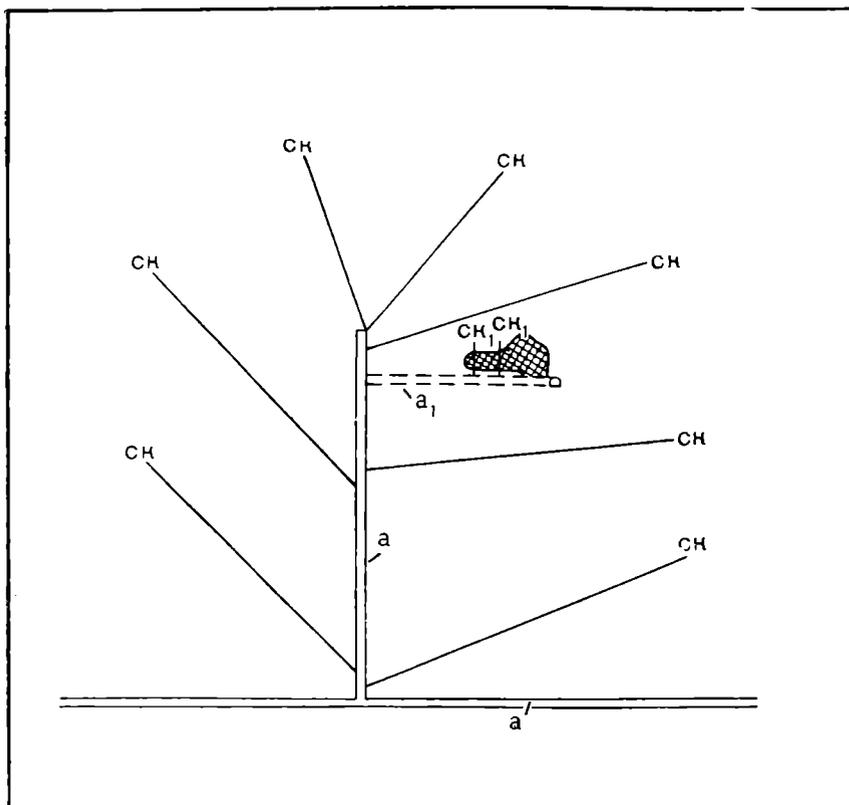
Изучением геохимии рудных месторождений активно занимался А. Е. Ферсман, осуществлявший общее руководство геологическими исследованиями по всей стране. Научными работами на Урале руководил А. Н. Заварицкий. Он и В. А. Николаев разработали новые физико-химические модели отделения летучих от магматических расплавов, что имело важное значение для выяснения особенностей рудного процесса. Д. С. Коржинский изучал здесь медные скарновые месторождения Турьинской группы и успешно разрабатывал новые методы парагенетического анализа минералов. Этими своими исследованиями он открыл новую страницу в изучении контактовых скарновых пород, несущих руды различных метал-

лов. Ф. В. Чухров изучил минеральный состав первичных и окисленных руд молибдена Центрального Казахстана и установил зональное строение сопровождающих измененных вмещающих пород — грейзенов. В дальнейшем полученные данные сыграли важную роль в уточнении поисковых критериев для молибденовых и вольфрамовых руд. С. С. Смирнов разработал первый вариант классификации оловорудных месторождений и создал крупный обобщающий труд по геологии олова. Он также установил приуроченность месторождений различных металлов к конкретным рудным поясам, заложив тем самым основы региональной металлогении. Ю. А. Билибин установил тесную связь особенностей металлогении с историей геологического развития рудоносных площадей. В. И. Смирнов занимался детальным изучением геологии сурьмяно-ртутных месторождений Южной Ферганы и внес существенный вклад в понимание закономерностей локализации рудных тел этого типа месторождений. Н. М. Страхов пока-

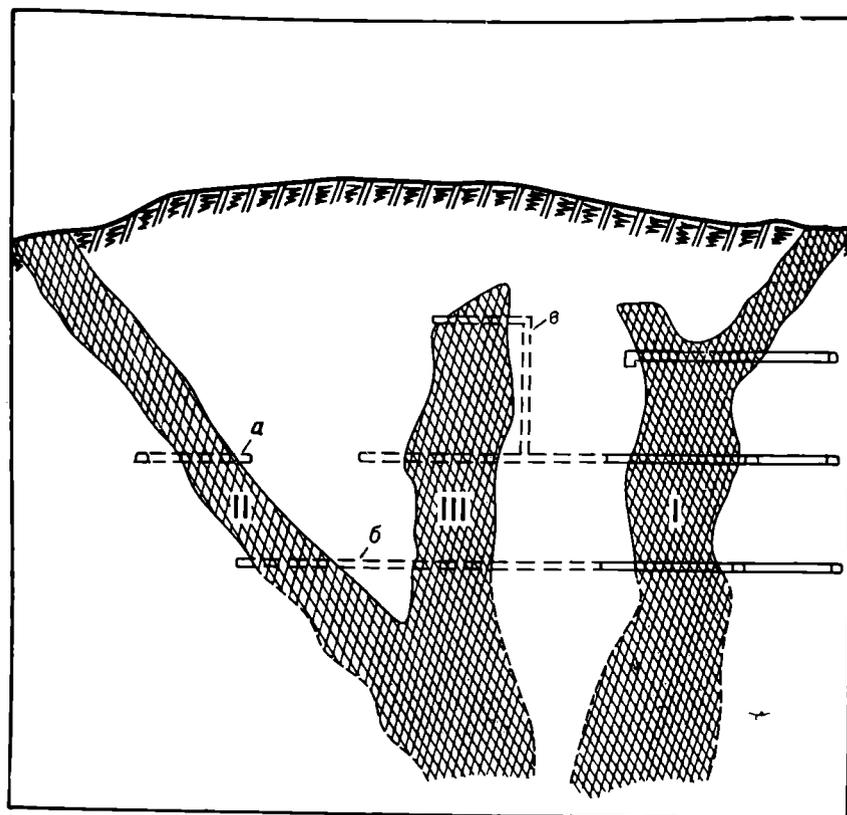
зал роль климатически благоприятных зон для формирования элювиальных озерно-болотных и морских осадочных железных руд, а также важное значение в их формировании и обогащении легирующими (никель, кобальт) компонентами, которые накапливаются при выветривании основных и ультраосновных пород. Проблемой керамического сырья на Урале занимался Д. С. Белянкин. А. В. Пейве на базе детального изучения геологии бокситовых месторождений Урала выдвинул новую гипотезу об образовании бокситовых месторождений в связи с накоплением глинозема в морской воде в период вулканической деятельности и вызванным ею гидротермальным процессом.

Конечно, можно было бы продолжить перечень важнейших открытий, но, мне кажется, и упомянутых работ достаточно, чтобы представить себе тот размах исследований, какой получили во время войны геологические изыскания.

Открыли... установили... доказали... выявили... Могут ли эти слова пере-



Схематический подземный план разведки рудного тела Западный Кансай на горизонте эксплуатационной штольни, расположенной на глубине 150 м. До нашего приезда на руднике для поисков руды были пройдены горная выработка (а) и из нее пробурены 7 горизонтальных скважин (ск). Однако они результатов не дали. После того как нами были изучены закономерности локализации рудных тел, было предложено пройти короткую горизонтальную выработку (а₁) и из нее уже пробурить короткие скважины (ск₁). Эта разведка оказалась удачной, и рудное тело Западный Кансай (заштриховано) было подсечено.



Схематический вертикальный разрез рудных тел, обнаруженных на Кансае. Ранее было выявлено на верхних трех горизонтах рудное тело 04₂ (I). После того как стали ясны условия локализации оруденения, были пройдены разведочные выработки, чтобы подсечь рудное тело Западный Кансай (II): а — горизонтальная (верхняя), б — горизонтальная (нижняя) для установления, где оно сочленяется со стволковым телом 04₂. Одновременно было вскрыто горизонтальными и вертикальными (в) выработками новое рудное тело — слепое (III). Пунктиром показаны наши выработки, сплошной линией — ранее пройденные.

дать ту напряженную и вместе с тем творческую атмосферу, тот небывалый энтузиазм, каким мы были охвачены в те годы, желая внести свою посильную лепту в общее дело разгрома врага. Более того, мне кажется, теперь мало кто может себе представить (я, естественно, не имею здесь в виду геологов), в чем же заключалась конкретно наша работа, какие задачи ставились, как они решались. Поэтому мне хотелось бы рассказать о моей работе в Средней Азии на рудниках Карамазара — важного горнорудного района, расположенного в Северном Таджикистане и частично в Узбекистане. Это, можно сказать, лишь один небольшой эпизод из жизни геологической службы страны, но он позволит окунуться в ту атмосферу, которой мы все тогда дышали.

Три года на Карамазаре

Автору, которого Великая Отечественная война застала на Рудном Алтае, дирекция Института геологических наук АН СССР предложила выехать в Карамазар для оказания помощи Чимкентскому заводу. Дело в том, что Чимкентский свинцовоплавильный завод снабжался свинцовым концентратом из месторождений Карандау и с одного из рудников Карамазара — Кансаея. Развернувшиеся ранее геологоразведочные работы на ряде рудных объектов в связи с начавшимися военными действиями были законсервированы. А руды не хватало. Надо было принимать экстренные меры. В данном случае выбор пал на меня, потому что еще в первой пятилетке мне пришлось заниматься геологическими изысканиями и разведочными работами на одном из рудников Карамазара. Я хорошо знал геологию рудных месторождений этого района, и естественно, мог быть полезен.

Конечно, с тех пор прошло много лет, и многое уже забылось, так что попытаюсь лишь коротко остановиться на самом главном.

Представьте себе территорию рудника, где с поверхности и до глубины 150 м уже выработаны основные рудные тела. Лишь одно из них, именуемое Западным Кансаем, могло

увеличить ресурсы руд, если можно было бы его вскрыть на горизонте эксплуатационной штольни. Для поисков этого тела на руднике было пройдено много разведочных выработок, скважин, которые, однако, результатов не дали. Надо было разобратся, в чем тут дело. Прежде всего мы занялись изучением под землей условий залегания рудных тел. Это была увлекательная работа. Надо заметить, что на Кансайском руднике разрабатывались сложные по своей форме рудные тела, включающие очень богатые свинцово-цинковые руды, залегающие в известняках. В сечении они обычно имели игольчатую форму и, сложно изгибаясь, прослеживались нередко на значительную глубину. Однако каждое из рудных тел, в целом представляющее сложную трубообразную залежь, до наших исследований рассматривалось изолированно, без связи с другими телами. При этом было установлено, что одни из этих залежей достаточно выдержаны на большую глубину и поэтому относительно легко выявляются (подсекаются) горными выработками. Другие же рудные тела почему-то в глубь не прослеживались, и их поиски на более глубоких горизонтах оказывались тщетными.

Прошел месяц напряженного труда, и мы обнаружили резкую разницу в залегании рудных тел. Оказалось, что одни концентрировались на участке пересечения или сочленения сколовых нарушений, рассекающих известняки. Они обладали крутыми углами наклона и уходили далеко в глубину. Мы назвали их тогда «стволовыми» рудными телами. Другие же являлись их ветвями и, таким образом, они непременно должны были сочленяться со «стволовыми» где-то на глубине. Была подмечена и не менее важная их приуроченность к сложным изгибающимся трещинам, в плоскости которых они и были наклонены в сторону главных рудных тел.

Рудное тело Западного Кансаея как раз и оказалось такой ветвью. Следовательно, рассуждали мы, оно должно быть наклонено к стволу рудному телу, а поэтому стало ясно, как его можно обнаружить.

Так были выявлены закономерности, которые позволили прогнозировать

глубинные поиски и разведку рудного тела Западного Кансаея. Легко представить себе нашу радость, когда прогноз оправдался (мы не только вскрыли искомое рудное тело, но и выявили новое), и в дальнейшем разведанные запасы руд на эксплуатируемом горизонте увеличились почти вдвое. Соответственно рудник смог увеличить свою производственную мощность, а Чимкентский завод за два военных года получил с Кансайской обогатительной фабрики значительно больше концентрата, чем планировалось. Это уже была реальная помощь фронту.

Не менее важное значение имели и некоторые общие теоретические выводы. В частности, было сделано заключение, что рудные тела Кансайского и Южно-Дарбазинского месторождений представляют собой не разрозненные скопления свинцово-цинковых руд, а единую сложную «постройку» с основным рудным стволом и серией отходящих от него ветвей, которые образуют в совокупности сложное рудное дерево, возникшее среди известняков верхнего девона и нижнего карбона. Учитывая, что слияние основных рудных тел обусловливается сочленением и пересечением разрывных нарушений, мы тогда же пришли к выводу, что главные из этих рудных тел будут прослеживаться на значительную глубину и они будут причленяться на разных глубинных уровнях к основному разрывному нарушению — Южно-Дарбазинскому надвигу. Другими словами, тогда же намечались основные пути разведки глубоких горизонтов месторождения на многие годы вперед. Теперь можно сказать, что выводы были правильными, добыча руды продолжается и в настоящее время, причем глубина, на которой находят все новые рудные тела, увеличивается.

Помимо расширения поисков в районе рудного тела Западного Кансаея, предстояло выявить и новые месторождения. Мы провели детальную геологическую съемку, которая обычно сопровождается проходкой многочисленных специальных канав и расчисток. Так, вскоре вступили в эксплуатацию новые рудные участки — Окурдавай и Акташ. Справедливости ради признаю, что мы тогда глубо-



Геологи Грузии во главе с Д. И. Щербаковым (с л е в а) изучают шеелитовое месторождение.

Из семейного архива Д. И. Щербакова.

ко ошибались, считая их последними месторождениями, которые выходят здесь на поверхность и могут быть открыты. Уже после войны было найдено на этой территории Королевское месторождение, а восточнее нашей съемки — Шевчукское.

Исследовательские и поисковые работы позволили также выявить перспективные участки и на более широких площадях Кармазара, находящихся в благоприятных экономических условиях. Это были месторождения Курусай и Джангалык, которые уже в

1942 г. были освоены. На Курусайе работы ведутся и по сей день.

Вольфрам Чорух-Дайрона

Наконец, вспоминая о работе на Кармазаре в военные годы, мне хотелось бы рассказать и еще об одной задаче, которую, приступив к работе, мы сразу же перед собой поставили. Нас занимал вопрос: нельзя ли попытаться взглянуть на Кармазар с точки зрения находок здесь не только свинцово-цинковых, но и редкоче-

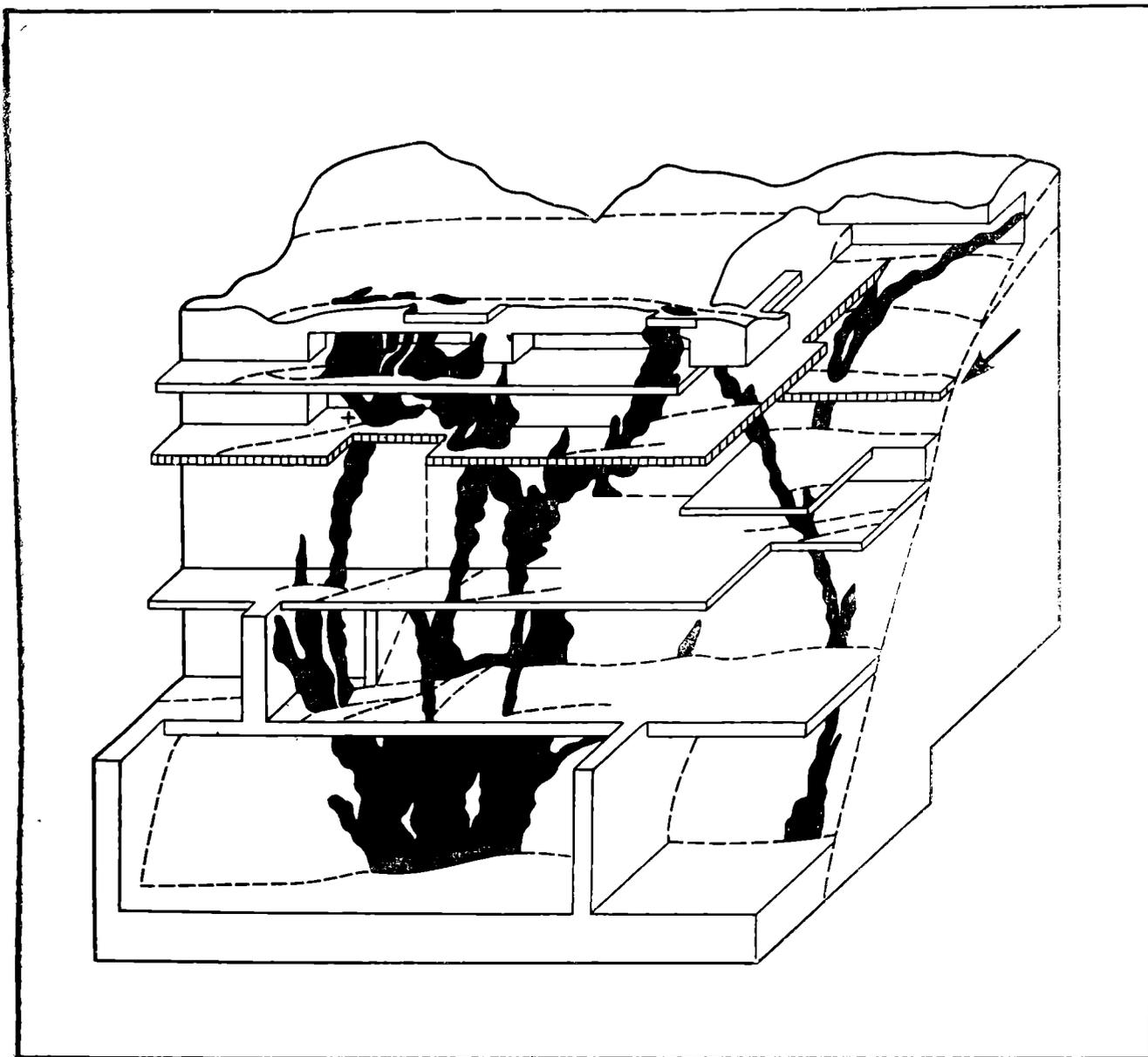


Намечается очередной маршрут. Д. И. Щербаков в кругу геологов разведочной партии на Кавказе. Из семейного архива Д. И. Щербакова.

тальных руд, которые могут представлять собой стратегическое сырье, так необходимое фронту. Забегая вперед, скажу, что, действительно, в годы Отечественной войны на Кармазаре было начато получение вольфрамового концентрата. Но это событие имеет свою, по-моему небезынтересную, предысторию.

Мы знали, что еще в 1930 г. Н. А. Смольянинов (его определителем минералов пользовалось не одно поколение геологов), изучая в коллекции Московского университета образцы,

собранные до революции горнопромышленником Назаровым при поисках медных руд в Кармазаре, определил шеелит (CaWO_4) в ассоциации с медными минералами. Вскоре Смольянинов приехал в горы Моголтау, где в коренном залегании среди гранитоидов нашел вольфрамовую руду. Но чтобы оценить перспективы этого рудопроявления, требовалось пройти небольшой объем горных работ. Мы встретились с Николаем Алексеевичем Смольяниновым в Ленинабаде, и он обратился, ко мне, тогда геологу-



Схематическая блокдиаграмма рудных тел Кансайского «рудного дерева» по состоянию на 1972 г. Стрелкой показан уровень четвертого горизонта, на котором велись работы во время Отечественной войны. (Из кн.: Геология и минеральные комплексы Западного Кармазара, 1972.) Крестиком отмечено место слияния рудного тела Западный Кансай со слепым (с.м. рис. на стр. 52) рудным телом.

разведчику Кармазарских месторождений, с просьбой дать ему для проходки шурфа динамит. Мне сразу стало ясно, что подобная просьба исходит от человека, мало представляющего себе условия проведения горных взрывных работ. Поэтому я сказал Николаю Алексеевичу: «Завтра к Вам придут в отряд два горнорабочих во главе с запальщиком, они привезут с собой взрывчатку и необходимое оборудование. Вы жё их задержите до окончания проходки на-

меченного Вами шурфа и хорошо их покормите». Я свое обещание выполнил. Прибывшие рабочие, взрывая породу, прошли шурф. Его опробование позволило Смольянинову высоко оценить перспективы выявленного им вблизи дороги Ленинабад — Ташкент рудопроявления, которое он назвал Чорух-Дайрон. Смольянинов выдвинул это месторождение в разведку, а оказанную ему помощь рабочими Такелайской геологоразведочной партии, которой я в то время руководил, он

помнил всю жизнь и даже упомянул о ней в своем научном труде по шеелитовым месторождениям Моголтау.

По инициативе Смольянинова в 1931 г. на Чорух-Дайроне была организована геологоразведочная партия, которая начала проходку канав и шурфов. Однако эти работы вскоре были прекращены в связи с тем, что известный немецкий специалист Альфельд дал отрицательную оценку перспективности этого месторождения (он посетил его весной 1931 г.). Авторитет немецкого ученого был настолько велик, что разведчики, проводившие работы на Чорух-Дайроне, после прочтения его консультационной записки прекратили работы. На десять лет месторождение было заброшено. Напомнил мне о нем в августе 1941 г. запальщик Аржанов (имени его я уже не помню), которого я еще в 1930 г. направлял с двумя рабочими в распоряжение Смольянинова. По счастливой случайности, когда я ехал на Кансай, мы оказались в одной машине с Аржановым. Проезжая по дороге вблизи того места на Чорух-Дайроне, где он проходил первый разведочный шурф, Аржанов вспомнил его историю и, обратившись ко мне, заметил, что шеелитовая руда в этом шурфе все-таки была очень богатой.

По прибытии на Кансай я передал геологам геологоразведочной партии (ГРП) содержание своего разговора с запальщиком Аржановым и высказал мысль о целесообразности переоценки Чорух-Дайронского месторождения. При этом я имел в виду, что если, действительно, коренное месторождение вольфрамовых руд на Чорух-Дайроне и невелико, как это считали разведчики в 1931 г., то на ровной площадке, расстилавшейся вблизи старого шурфа, могут находиться россыпи шеелита. В то время не следовало пренебрегать и такой возможностью. Мое предложение поддержали, и для поисково-оценочных работ на Чорух-Дайрон был направлен геолог Кансайской геологоразведочной партии В. М. Бирюков. Осмотрев окрестности, он заложил вблизи упомянутой дороги параллельно ей длинную канаву, проходящую примерно в 300 м западнее шурфа Смольянинова. Канавы вскрыла в гранитоидах мощную жильную зону, сплошь насы-

щенную шеелитом. С осени 1941 г. по май 1942 г. велась разведка этого месторождения. Проходка неглубоких шурфов и канав позволила проследить протяженность основного рудного тела, а опробование убедило в промышленном его значении. Вскоре была организована и специальная Чорух-Дайронская партия (главным геологом был назначен А. К. Поляков, старшим геологом Д. Д. Мотин). В 1943 г. в изучение этого месторождения включились также А. В. Королев, В. А. Николаев, а несколько позднее Д. С. Коржинский. Однако, чтобы быстро детально разведать месторождение и подсчитать его запасы, в партии не хватало необходимого оборудования. Поскольку ждать было некогда, решили добиваться строительства рудника без результатов детальных разведочных работ. И надо сказать, нам это удалось. Из командировки (июль 1942 г.) в Душанбе, где мне пришлось докладывать наш проект о целесообразности немедленного строительства рудника Чорух-Дайрон, инженер-геолог А. С. Чальян и я вернулись по-настоящему счастливыми. Нас хорошо встретили и полностью поддержали в Центральном Комитете КП (б) Таджикской ССР и Совете Министров Таджикской ССР, а чуть позже — получили «добро» и в Министерстве цветной металлургии СССР. Мы не сомневались, что Чорух-Дайрон в самое ближайшее время станет неузнаваем. И действительно, уже во второй половине 1942 г. поступило оборудование, автомашины и началось строительство первой очереди обогащательной фабрики и рудника. К концу же года, помимо свинцового концентрата, который непрерывно поставлялся на Чимкентский завод, Карамазар уже начал давать оборонным заводам страны вольфрамовый концентрат.

*

Вспоминяя о геологических работах в годы Великой Отечественной войны, хочется особенно отметить заслуги в расширении минерально-сырьевой базы страны и моих товарищей по рудному отделу нынешнего ИГЕМа АН СССР — А. В. Пэка, Г. А. Соколова, Е. Е. Захарова, М. Ф. Стрелкика, С. А. Кашина, И. И. Гинзбурга, И. Я.

Рукавишниковой, Б. П. Кротова, М. И. Калганова, А. Я. Яницкого, В. П. Логинова, А. Т. Сулова, П. И. Андрющенко, Т. Н. Шадлуна, А. А. Филимоновой и др. Они работали главным образом на Урале. В те годы их усилиями существенно расширилась эксплуатация медных рудников, хромитовых, марганцевых и тифановых руд, выплавка никеля и железа, добыча редких металлов в Калба-Нарымском районе, были ими открыты и новые виды редкометального сырья.

Все рассказанное мною служит ярким примером, как высокий уровень научных теоретических исследований способствовал быстрой мобилизации геологических сил для решения крупных злободневных задач военного времени.

УДК 553.3/.4; 623.7



*Профессор Василий Васильевич Докучаев. 17 февраля (1 марта) 1846—
26 октября (8 ноября) 1903.*

Докучаевское почвоведение в Академии наук в 20—30-е годы

Профессор А. А. Роде¹

Сегодня это может показаться странным, но только в 1927 г. в Академии наук СССР была создана кафедра почвоведения и выделена вакансия для избрания академика по специальности «почвоведение». Между тем всю первую четверть XX в. развитие многих естественных наук — географии, геохимии, лесоведения — проходило под непосредственным и плодотворным влиянием «докучаевского почвоведения». Создатель этой науки В. В. Докучаев руководствовался идеей о необходимости изучать природу как единое целое, а почвы и другие природные явления — с точки зрения их генезиса и взаимосвязей. «Всматриваясь внимательно в... величайшие приобретения человеческого знания, приобретения, можно сказать, перевернувшие наше мировоззрение на природу вверх дном, особенно после Лавуазье, Ляйеля, Дарвина, Гельмгольца и др., нельзя не заметить одного весьма существенного недочета... Изучались, главным образом, отдельные тела — минералы, горные породы, растения и животные, и явления, отдельные стихии — огонь (вулканизм), вода, земля, воздух,... но не их соотношения, не та генетическая, вековечная связь, какая существует между силами, телами и явлениями, между мертвой и живой природой... А между тем именно эти соотношения, эти закономерные взаимодействия и составляют сущность познания естества, ядро истинной натурфилософии — лучшую и высшую прелесть естествознания»¹.

Докучаев заложил основы комплексного изучения природы как единого целого (включая стационарные многолетние комплексные исследования на больших пространствах, как это сделано в Каменной степи). Именно докучаевской школе, в особенности учению о природных зонах, мировая наука обязана рождением современной системы взглядов на биосферу как целостное диалектическое единство¹.

Эта система взглядов далеко не сразу утвердилась в сознании большинства естествоиспытателей, а официальные административные и академические круги дореволюционной России не понимали и не принимали докучаевских идей. Поэтому наиболее крупные исследования Докучаева и его школы, имевшие как прикладное, так и огромное теоретическое значение, были проведены на добровольных началах и на общественные средства, выделенные Петербургским обществом естествоиспытателей, а также Вольным Экономическим и Русским географическим обществами. Как верно отметил один из представителей докучаевского почвоведения в Академии наук в 30-е годы Б. Б. Польшов, «комплексные исследования, их идея — идея, получившая развитие у нас только в советское время. Только в советское время у нас стали понимать, что если учебники и специалисты поставили перегородки между так называемыми царствами природы и категориями ее явлений, то в са-



Алексей Андреевич Роде, заведующий лабораторией осушительной мелиорации и гидрологии почв Почвенного института им. В. В. Докучаева ВАСХНИЛ. Ученик К. К. Гедройца. Автор работ в области генетического и прикладного почвоведения, а также ряда учебников для вузов. Лауреат Государственной премии СССР 1972 г.

¹ В. В. Докучаев. К учению о зонах природы. Избр. соч., М., 1949.

¹ О. Г. Газенко, Н. В. Тимофеев-Ресовский. От докучаевских зон природы до космических экосистем. «Природа», 1971, № 6.



Константин Дмитриевич Глинка (23 июня (5 июля) 1867 — 3 ноября 1927). Снимок сделан в 1927 г. в Вашингтоне, в день, когда К. Д. Глинка был избран президентом Международного общества почвоведов.

мой природе этих перегородок не существует»¹.

Создание в системе АН СССР самостоятельного Почвенного института в 1927 г. было, таким образом, неизбежным и закономерным признанием заслуг докучаевского почвоведения перед отечественной и мировой наукой.

Немного истории

Идея о необходимости организовать самостоятельное исследовательское учреждение по почвоведению, с почвенным музеем при нем, впервые бы-

¹ Б. Б. Полюнов. Развитие докучаевских идей в западноевропейской литературе. Избр. соч. М., 1956.

ла выдвинута основателем этой науки Докучаевым еще в конце 70-х годов прошлого века. Докучаев положил много сил для того, чтобы добиться осуществления этой идеи. Однако лишь в 1902 г. Вольное Экономическое общество, по почину и на средства которого Докучаев провел свои знаменитые исследования русского чернозема, приняло решение об организации Почвенного музея с лабораторией. Это постановление было осуществлено в 1904 г., через год после кончины Докучаева. Площадь, которую получил музей (130 м²), и отпускаемые на его содержание средства были ничтожны.

В 1912 г. возник, на прсагах добровольного научного общества, Докуча-

евский почвенный комитет, бессменным председателем которого стал К. Д. Глинка — один из ближайших непосредственных учеников Докучаева. Комитет сделался первым научным центром почвоведения в России и объединил вокруг себя всех наиболее выдающихся русских почвоведов того времени.

В 1915 г. по инициативе В. И. Вернадского — тоже ученика Докучаева — в АН СССР была организована Комиссия по изучению естественных производительных сил России (КЕПС), а в 1918 г. в ее составе под председательством Ф. Ю. Левинсона-Лессинга (в прошлом — тоже ученика и сотрудника Докучаева) был создан Почвенный отдел, который принял в свое

ведение Докучаевский почвенный комитет. С этого момента почвоведение вошло в состав научных дисциплин, объединяемых Академией наук.

В 1925 г. почвенный отдел КЕПСА был реорганизован в Почвенный институт им. В. В. Докучаева в составе КЕПСА. Его первым директором был академик Левинсон-Лессинг. В 1927 г. Почвенный институт получил самостоятельность, а его директором был назначен избранный весной того же года действительным членом Академии наук К. Д. Глинка — первый академик-почвовед. К сожалению, его деятельность на этом посту оказалась весьма кратковременной, — в конце 1927 г. он скончался.

В январе 1928 г. действительным членом Академии наук был избран К. К. Гедройц, назначенный директором Почвенного института. Однако и он руководителем Почвенного института оставался недолго. В 1930 г. он переехал в Москву, а осенью 1932 г., в возрасте всего лишь 60 лет, скончался.

Научные пути двух упомянутых крупнейших ученых — двух первых академиков-почвоведов и первых директоров Почвенного института АН СССР, которым последняя обязана становлением и развитием в ее системе почвоведения, были весьма различными. Равным образом весьма различными оказались и созданные ими два направления в развитии докучаевского почвоведения.

Почвенно-географическое направление

К. Д. Глинка был прямым учеником Докучаева, под руководством которого он, будучи еще студентом, в 1888 г. принял участие в исследовании почв Полтавской губернии. Вскоре после окончания в 1892 г. Петербургского университета, Глинка был приглашен в Ново-Александровский сельскохозяйственный институт, в котором Докучаев организовал первую в мире кафедру почвоведения.

Заведовал этой кафедрой в то время ученик Докучаева профессор Н. М. Сибирцев. После кончины последнего, в 1901 г. кафедру занял Глинка, руководивший ею до 1910 г.

В эти годы он выполнил ряд оригинальных и очень глубоких исследований в области изучения процессов выветривания, тесно связанных с почвообразованием.

В своей дальнейшей деятельности Глинка все больше и больше внимания стал отдавать исследованиям почвенно-географическим, которые сначала охватили Псковскую, Новгородскую и Смоленскую губернии, а затем и другие.

Но особенно большой размах приобрели начавшиеся в 1908 г. почвенно-ботанические исследования Азиатской части России, предпринятые Главным переселенческим управлением в связи с возникшей в те годы проблемой освоения Средней Азии, Сибири и Дальнего Востока. Эти огромные территории в природном отношении были изучены весьма слабо. Поэтому для их изучения была организована крупная экспедиция, руководителем которой был приглашен Глинка. Он принял и личное участие в изучении почв Туркестана, Забайкалья и Дальнего Востока.

В 1912 г. Глинка был избран председателем Докучаевского почвенного комитета и сделался, таким образом, признанным главой русских почвоведов.

Результаты работ упомянутой экспедиции, опубликованные в нескольких десятках выпусков ее трудов, впервые дали основные представления не только о почвах и растительности, но и вообще о природных условиях Азиатской части России. Позднейшие многочисленные исследования, выполнявшиеся на этой обширной территории, значительно детализировали, расширили и уточнили эти представления, но основ их не поколебали.

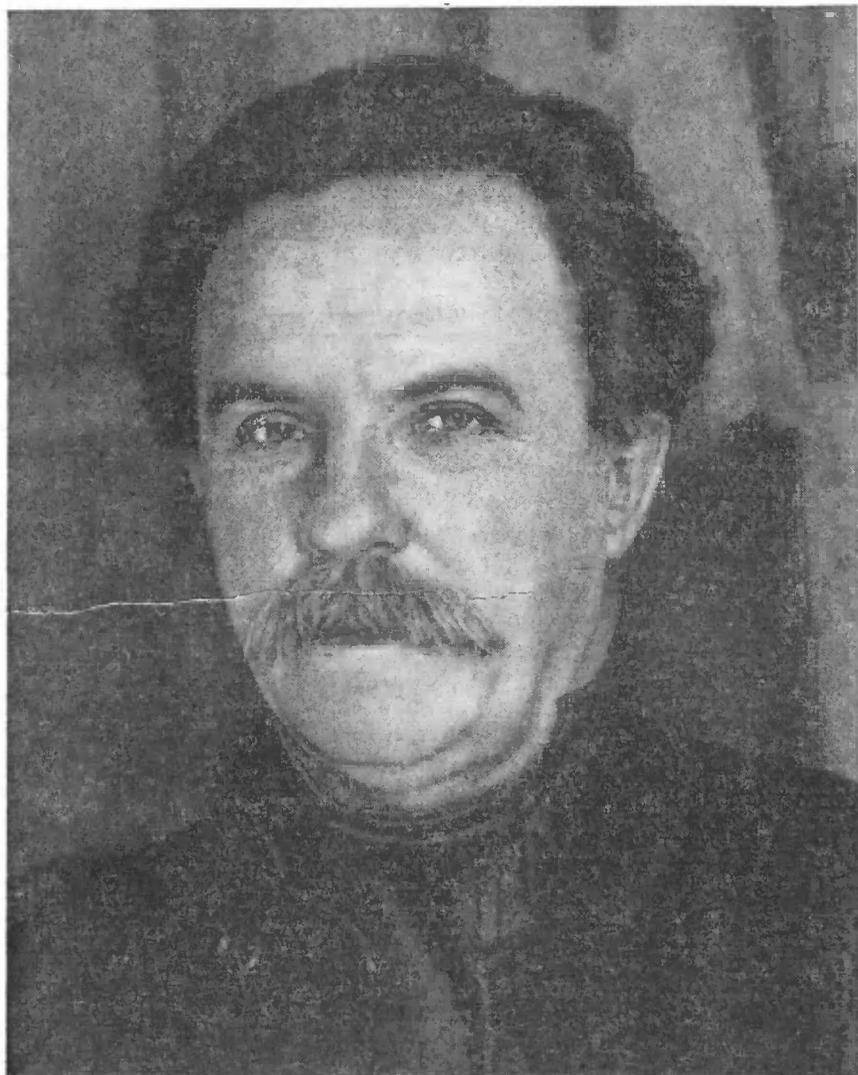
Огромный материал, собранный как многочисленными участниками экспедиции, так и лично Глинкой, в совокупности с использованием различных, не очень обильных литературных материалов, дали ему возможность выпустить в 1915 г. крупную монографию «Почвоведение», где впервые были обобщены имевшиеся к тому времени разнообразнейшие сведения о почвах. Выход в свет этой монографии явился крупным событием в истории русского почвоведения.

Диапазон научных интересов Глинки

был очень велик. Его первые работы в области изучения процессов выветривания были высоко оценены его современниками. Однако основное место в его деятельности заняли исследования почвенно-географические и почвенно-генетические. Его ближайшими соратниками в этой области явились А. И. Бессонов, Н. А. Димо, С. А. Захаров, С. С. Неуструев, П. В. Отоцкий, Б. Б. Польшов (впоследствии — академик), Л. И. Прасолов (впоследствии — академик), Н. И. Прохоров, М. М. Филатов и многие другие. Из этих исследователей во главе с Глинкой и сложилась русская и советская почвенно-географическая школа, которой принадлежит величайшая заслуга в изучении почвенного покрова России, в развитии докучаевского почвоведения и в пропаганде его принципов как внутри страны, так и за рубежом. В последнем отношении огромную роль сыграли Первый и Второй международные конгрессы почвоведов. Первый из них состоялся в США в 1927 г. Советскую делегацию на нем — самую крупную (21 человек) из всех иностранных делегаций — возглавлял Глинка. Из многочисленных докладов советских почвоведов на заседаниях конгресса, а в еще большей степени на полевых экскурсиях, охвативших 24 штата, зарубежные ученые смогли впервые непосредственно познакомиться с принципами и методами докучаевского почвоведения. Еще большее значение в этом отношении имел Второй конгресс, проходивший в 1930 г. в СССР¹ и закончившийся многодневной экскурсией, пересекавшей все основные природные зоны нашей страны. После этих двух конгрессов идеи, принципы и методы докучаевского почвоведения получили всеобщее признание за рубежом. Их творческое освоение легло в основу разработки национальных школ почвоведения в подавляющем большинстве развитых стран, а ныне широко внедряется в науку о почве и в развивающихся странах.

Почвенно-географические исследо-

¹ Очередной, Десятый международный конгресс почвоведов состоится снова в СССР в 1974 г. Президентом Международного общества почвоведов в настоящее время является также советский ученый чл.-корр. АН СССР В. А. Ковда.



Казан Казанович Гедройц (25 марта (6 апреля) 1872 — 5 октября 1932).

Фото А. А. Роде, 1927 г.

вания в СССР, начатые в дореволюционный период в России, получили значительное развитие в послеоктябрьский период. В конце 20-х и в начале 30-х годов Академией наук были осуществлены крупные почвенные исследования в Башкирии, Казахстане, Средней Азии, Сибири, на Дальнем Востоке. В те же годы начали возникать исследовательские центры по почвоведению в союзных республиках, которые в числе своих первоочередных задач обычно ставили составление областных и республиканских почвенных карт с соответствующими монографиями с характеристикой почв. Методическое руководство этими работами, как прави-

ло, осуществлялось Почвенным институтом АН СССР, который одновременно вел работу по составлению средне- и мелкомасштабных обобщающих почвенных карт и по разработке общей классификации почв Советского Союза, а равным образом и мировых почвенных карт.

Основным методом почвенно-географических исследований был метод сравнительногеографический. Он заключался прежде всего в тщательном и подробном полевом описании морфологического строения профилей почв. Одновременно описывались такие факторы и условия почвообразования, как геологическое строение местности, ее рельеф, почвообразую-

щая порода, положение в рельефе точки разреза и состав растительного покрова вокруг него. Во время камеральной обработки эти сведения дополнялись характеристикой климата — по большей части по многолетним средним величинам температуры воздуха, его влажности, количества осадков и т. д.

Позднее для характеристики климата начали применять коэффициент увлажнения (отношение суммы осадков к испаряемости), предложенный В. В. Докучаевым и Г. Н. Высоцким еще в 1904 г. Кроме того, выполнялись химические анализы почв, как правило, довольно элементарное (механический состав и содержание гу-

муса). Наиболее сложным был анализ валового состава, который производился сравнительно редко ввиду многокомпонентности почв и сложности выделения отдельных компонентов.

Проанализированные данные о составе и свойствах почв, позволявших в какой-то мере судить о перераспределении в ее профиле различных веществ в процессе почвообразования и сопоставления их с морфологическим описанием почвы, а также с факторами почвообразования, и легли в основу суждения о генезисе почвы, т. е. о ее происхождении, характере почвообразовательного процесса и в какой-то небольшой мере и о ее агрономических свойствах. Нетрудно понять, что эти суждения носили косвенный, коррелятивный характер и позволяли построить лишь те или иные более или менее вероятные гипотезы о сущности почвообразовательного процесса. Весьма мало давал этот метод и для познания современной «жизни» почвы, особенностями которой («жизни») в значительной мере определяются агрономические свойства почвы. Основным результатом всех этих исследований была, как правило, почвенная карта, сопровождаемая описательной характеристикой почв, основанной на указанных материалах¹.

При всей скромности фактического материала о составе и свойствах самих почв (скромности, по сегодняшним представлениям, когда мы владеем огромным, все возрастающим арсеналом методов всестороннего исследования почв) работа, выполненная школой почвоведов-географов, возглавлявшейся Глинкой, как при его жизни, так и после его кончины, — истине огромна по своему объему и изумительна по своим научным результатам. Точнейшая наблюдательность этих талантливых исследователей, их глубокий, вдумчивый анализ факторов почвообразования в сопряжении с даже малым объемом фак-

тического материала о составе и свойствах самих почв развивали у этих исследователей глубокую и очень тонкую интуицию, которая и помогала им прийти к очень глубоким и верным выводам. Последние и в дальнейшем, с развитием других основных методов изучения почв — сравнительноаналитического, стационарного и метода моделирования — в своей основе, по большей части, существенно изменены не были.

Работами русских и советских почвоведов-географов были установлены главные силы почвообразования и главные типы почв, распространенных на территории СССР, выяснены общие закономерности их географического распределения и созданы научные документы — почвенные карты с соответствующими описаниями и данными анализов, на которых изображен почвенный покров страны в целом и отдельных ее частей. Вместе с тем эти весьма важные и ценные итоги изучения почв нашей страны, полученные на основе применения сравнительно-географического метода, явились фундаментом для дальнейшего развития теоретического почвоведения в СССР.

В то же время, однако, эти итоги оказались недостаточными для решения очень многих вопросов, вставших перед теоретическим почвоведением, — в особенности тех, которые возникали в связи с проблемами развития народного хозяйства и в первую очередь — сельского хозяйства СССР. Такие проблемы, как, например, сельскохозяйственное освоение новых территорий, повышение плодородия старопахотных почв, мелиорация солонцов и засоленных почв, расширение орошаемых площадей и разработка рациональных методов орошения почв, создание огромных гидротехнических сооружений, правильная организация территории, обеспечивающая сохранность почвенного покрова, и многие другие поставили перед почвоведением вопросы, решить которые на основе использования одних только накопленных к тому времени географо-генетических материалов было нельзя.

И сравнительно-географический метод, который давал возможность — и то лишь весьма приблизительно —

понять почвообразовательный процесс только в его многовековом развитии, оказался для решения указанных вопросов недостаточным.

Потребовался принципиально иной подход к изучению почв — подход, который обеспечил бы, прежде всего, познание природы почвы как живого естественного тела, используемого в народном хозяйстве в качестве средства производства. Для этого оказалось необходимым выявить и исследовать многие, весьма разнообразные вещественные свойства почв, о существовании которых почвоведы либо не знали ничего, либо знали очень мало. Иными словами, оказалась необходимой разработка учения о почве, как об очень сложной — биокосной (по выражению Вернадского) системе. Для разработки такого учения прежние — по большей части описательные — методы были непригодны. Поэтому потребовалась одновременная разработка и комплекса совершенно новых количественных методов для исследования состава и свойств почв.

«Почвенный поглощающий комплекс»

Революция поставила качественно новые задачи перед наукой. В этот исключительно ответственный в развитии почвоведения момент оказалось, что в тиши сельскохозяйственной химической лаборатории Министрства земледелия уже в течение многих лет успешно разрабатывается совершенно новое направление в почвоведении. Это направление, уже вполне созревшее и сформировавшееся, располагающее своими оригинальными методами, было основано на широком приложении к исследованию почв различных разделов химии и тесно связано с вопросами плодородия почвы. По своему содержанию, характеру и методам оно коренным образом отличалось от классического географического направления.

Творцом этого нового направления был Гедройц.

Его творческий путь развивался иначе, нежели творческий путь Глинки. Последний, как мы видели, с самого начала своей деятельности оказался сочленом большого коллектива, воз-

¹ Эти данные были опубликованы в изданиях Переселенческого управления (1908—1915) в работах Б. Б. Польнова, С. С. Неуструева, Н. И. Прохорова, Н. А. Димо, а также изданных в те же годы трудах Л. И. Прасолова, А. И. Набоких, П. С. Коссовича и др. почвоведов.



К. К. Гедройц (справа) со своим учителем, заведующим кафедрой почвоведения Лесного института П. С. Коссовичем. 1905 г. Публикуется впервые.

главлявшегося самим Докучаевым, а в недалеком будущем и сам Глинка оказался во главе большого и талантливого коллектива почвоведов, чьи имена были названы выше. И вся его дальнейшая деятельность протекала в постоянном творческом общении с этими выдающимися учеными, составившими второе поколение почвоведов-докучаевцев.

Путь Гедройца был иным. Он имел блестящего высокообразованного руководителя в лице П. С. Коссовича — вдумчивого почвоведом и талантливого агрохимика, который и приобщил Гед-

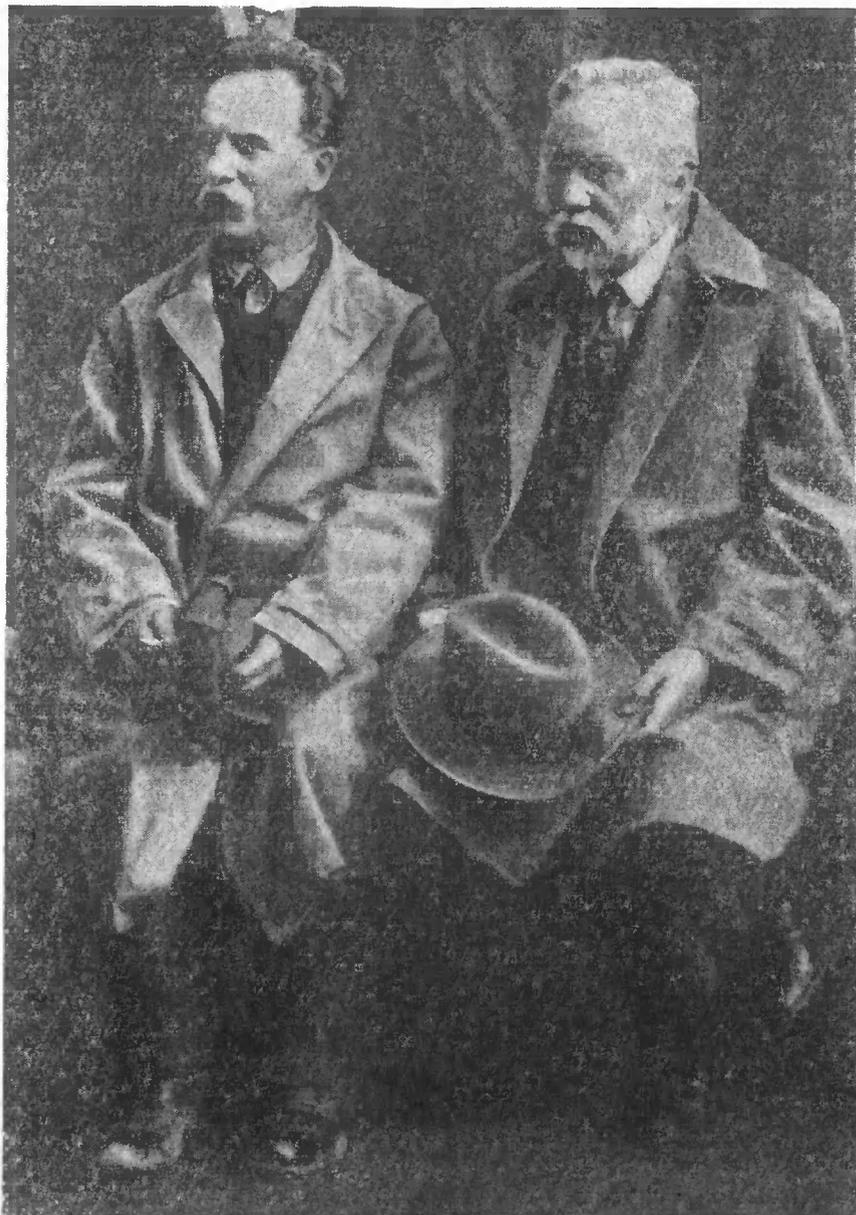
ройца к науке о почве, показав ему ту широчайшую перспективу, которую таит в себе привлечение к изучению почв химии во всей ее широте, с ее точными количественными методами.

В то же время Гедройцу никогда не пришлось быть сочленом такого обширного и блестящего коллектива почвоведов, в котором вращался Глинка. Равным образом и после себя Гедройц не оставил крупной группы прямых учеников, которые непосредственно приняли бы на себя дальнейшую разработку его учения. Очень немногочисленные его прямые ученики пошли в науке иными путями, чем их учитель.

Гедройц был ученым-одиночкой. И тем более достоин удивления тот огромный оригинальный вклад, который он внес в почвоведение своим трудом — почти исключительно личным — вплоть до выполнения своими собственными руками всех химических анализов для своих исследований.

Окончив в 1897 г. Лесной институт в Петербурге (позднее, в 1903 г. он окончил экстерном также и Петербургский университет), он был зачислен лаборантом во вновь организованную профессором П. С. Коссовичем Сельскохозяйственную химическую лабораторию Министерства земледелия и государственных имуществ. Кроме того, в 1916—1917 гг. он заведовал химической лабораторией Докучаевского почвенного комитета, в 1918—1928 гг. был научным сотрудником почвенного отдела КЕПС АН СССР, а в 1919—1930 гг. занимал кафедру почвоведения в Лесном институте.

Первые годы научной деятельности Гедройца были посвящены разработке вопросов фосфорного питания растений. Он провел значительное количество вегетационных опытов, сопровождавшихся химическими анализами почв, удобрений и растений. Эти исследования вызвали у Гедройца интерес к природе почвенного раствора, считавшегося в те годы единственным прямым источником питательных веществ для растений. Результаты литературной и личной экспериментальной разработки этого вопроса были изложены в статье «К вопросу об изменчивости почвенного раствора и содер-



К. К. Гедройц и Д. Н. Прянишников. 1931 г.

жения в почве легкорастворимых соединений в зависимости от внешних условий», опубликованной в «Журнале опытной агрономии» в 1906 г.

Эта статья, в сочетании с результатами вегетационных опытов по применению фосфоритов на кислых почвах, опытов, позволивших построить новую гипотезу о природе кислотности почв, явилась поворотным моментом в творческой работе Гедройца. Она привела его к постановке крупнейшей новой научной проблемы — проблемы почвенных коллоидов.

Разработка этой проблемы и ее применения в различных разделах почвоведения и сделалась основным содержанием научной деятельности Гедройца до конца его жизни.

Попытаемся коротко проанализировать развитие творческой мысли Гедройца¹, рассмотрев важнейшие этапы его научной деятельности.

В 1912 и 1914 гг. появился его капитальный труд в двух частях — «Коллоидная химия в вопросах почвоведения». Основное содержание этого труда заключается в изложении результатов многолетних оригинальных экспериментальных исследований по вопросам содержания коллоидов в почвах разных типов, природы этих коллоидов, их обменной способности, влияния состава обменных катионов на коллоидные свойства почв, образования в почве соды, происхождения засоленных почв и солонцов и т. д.

В последующие годы Гедройц ежегодно публикует статьи, посвященные природе, свойствам и методам изучения почвенных коллоидов. В 1922 г. вышла его первая обобщающая работа — «Учение о поглотительной способности почв», которая в дальнейшем в возрастающих объемах выходила еще тремя изданиями (последнее, посмертное, вышло в 1933 г.).

В этой фундаментальной монографии изложены, по сути дела, основы коллоидной химии почв, совершенно нового для того времени, когда этот труд появился, раздела почвоведения, плоды развития которого за минувшие полвека и перспективы развития в будущем совершенно неопределимы.

Здесь важно отметить, что, начав с изучения поглотительной способности почв, Гедройц выявил в почвенной массе, которая до этого времени обычно воспринималась как какое-то более или менее однородное (кроме гумуса и солей) и в общем довольно инертное вещество, высокодисперсную часть, обладающую огромной удельной поверхностью и поэтому весьма активную химически. Эту часть Гедройц назвал «почвенным поглощающим комплексом».

¹ В 1974 г. в Изд-ве «Наука» выйдет в серии «Классики науки» том избранных сочинений К. К. Гедройца, в котором будет опубликована подробная статья о его жизни и деятельности.

Обнаружением этого активного высокодисперсного компонента (который позднее оказался обладающим и особой минералогической природой) Гедройц пробил дорогу к дальнейшему расчленению почвы на ряд более или менее индивидуальных компонентов и к познанию существа происходящих в почве процессов и пробудил интерес и потребность к их изучению.

Названная выше монография, содержащиеся в ней материалы и вытекающие из них закономерности впервые непосредственно раскрыли коллоидно-химическую и физико-химическую сущность важнейших сторон почвообразовательных процессов. Было создано научно обоснованное представление о почвенных коллоидах, их природе, происхождении и о той огромной роли, которую они играют в почвообразовании, в жизни почвы и в самых разнообразных ее свойствах, — таких как дисперсность, структурное состояние, обменная способность, реакция (кислотность и щелочность), механические свойства и т. д. Одновременно начала проявляться природа и многих иных явлений, обуславливающих собою плодородие почв, явлений, которые тесно связаны со свойствами почвенных коллоидов.

В дальнейшем Гедройц обратился к вопросам применения учения о почвенных коллоидах к различным вопросам почвоведения.

В 1925—1927 гг. он опубликовал (вышедшую двумя изданиями) работу «Почвенный поглощающий комплекс и почвенные поглощенные катионы, как основа генетической классификации почв». Содержание этой работы гораздо шире ее названия. В ней Гедройц показывает, как разработанное им учение о почвенных коллоидах может быть приложено к решению вопросов генезиса почв, к познанию внутренней природы различий между основными типами почв и пониманию существа связи свойств почв с факторами почвообразования, в первую очередь — с климатом.

Совершенно естественно, что Гедройц, создав основы коллоидной химии почв, почувствовал необходимость вернуться и к вопросам питания растений, разработка которых,

как мы видели, и привела его к изучению почвенных коллоидов. Первой работой в этом направлении явилась его статья «Почва как культурная среда для сельскохозяйственных растений. Почвенные коллоиды и солонцеватость почв», вышедшая в 1926 г. Две статьи он посвятил природе структуры почв. Но особенно широко разработана проблема плодородия почв была начата Гедройцем после его переезда в 1930 г. в Москву, где он принял на себя руководство агрохимическими исследованиями на Долгопрудном опытном поле. Однако этот последний этап его научной деятельности оказался весьма кратковременным. Пятого октября 1932 г. Гедройц скорострительно скончался от болезни сердца.

Из краткого изложения результатов научной деятельности К. К. Гедройца мы видим сколь отличным было созданное им новое направление в докучаевском почвоведении. Мы подчеркиваем, что это направление при всей своей самобытности и несходстве с господствовавшим в первые десятилетия текущего века «классическим» почвенно-географическим направлением полностью соответствует принципам докучаевского почвоведения. Это следует как из завещанной нам Докучаевым обязанности исследования химического состава и вещественных свойств почв и разделения почв прежде всего по этим объективным количественным признакам, так и из того, что сам Гедройц, разработав учение о почвенных коллоидах, немедленно показал всю плодотворность его применения к вопросам генезиса и классификации почв.

Поэтому мы с полным правом можем утверждать, что с трудами Гедройца связан коренной перелом в развитии почвоведения, перелом, который безгранично раздвинул возможности развития теории этой науки и вместе с тем — возможности приложения ее к решению разнообразных практических вопросов народного хозяйства. В первую очередь, результаты исследований Гедройца вплотную подвели нас к пониманию сущности многих явлений, лежащих в основе плодородия почв.

Очень важная научная заслуга Гедройца — применение в почвоведении

экспериментального моделирования почвенных процессов. С помощью этого метода он сам разработал учение о происхождении солонцов и способы их мелиорации.

Широкое и глубокое внедрение в почвоведение количественных методов (прежде всего в области химии почв), осуществленное Гедройцем, помогло почвоведению выйти из ранга описательных наук и занять должное место среди других естественных дисциплин. В связи с этим должен быть упомянут капитальный труд Гедройца «Химический анализ почв» — методическое руководство, которое, постепенно разрастаясь в размерах, вышло пятью изданиями и достигло объема 50 печатных листов. Это замечательное руководство было первым в своем роде в мировой литературе и в течение нескольких десятков лет служило настольной книгой для почвоведов. Оно не утратило своего значения даже в настоящее время, когда анализ почв непрерывно обогащается новейшими химическими и физическими методами. Эта книга была переведена и опубликована в Германии еще в 30-х годах.

Наша оценка научных заслуг Гедройца была бы неполна, если бы мы не упомянули о том, что созданное им учение о почвенных коллоидах нашло широчайшее применение и в ряде смежных наук — в минералогии, геологии, геохимии, механике грунтов, гидрогеологии, мелиорации, инженерной геологии и многих других.

Учение Гедройца о почвенных коллоидах в 20-х годах начало распространяться среди почвоведов Советского Союза. Вскоре уже ни одна новая работа в области почвоведения не могла обойтись без изучения почвенных коллоидов и коллоидных свойств почв. Вместе с тем у Гедройца появились многочисленные последователи, которые начали развивать и углублять теоретические основы коллоидной химии почв. В это же время учение Гедройца проникло и за рубеж, быстро получив широкое признание и там, способствуя укреплению принципов докучаевского почвоведения с новой стороны.

Распространению идей Гедройца за рубежом особенно способствовало издание в 1931 г. в Германии пере-

вода его монографии «Учение о поглощательной способности почв».

Гедройц недолго побыл на посту директора Почвенного института им. В. В. Докучаева, но именно в этот короткий промежуток времени в институте была организована и открыта большая почвенная химическая лаборатория, в которой в самые же ближайшие последующие годы, после кончины Гедройца, возник ряд новых отделов: минералогии почв, микробиологии почв, химии почвенного гумуса и другие.

Таким образом, разработав основы коллоидной химии почв, Гедройц дал мощный толчок развитию разнообразных направлений в области изучения состава и свойств почв и происходящих в них процессов. Этот толчок отозвался могучим резонансом в развитии почвоведения в целом. Из Почвенного института им. В. В. Докучаева АН СССР это новое передовое направление широким потоком разлилось по всей стране, внедряясь в повседневную практику исследовательских учреждений.

Одновременно широкое распространение идей и методов, разработанных Гедройцем, способствовало коренной перестройке научного мышления почвоведов, которые во все большей и большей мере начали видеть в почве действительно природное тело — очень сложную открытую систему с присущей ей непрерывно текущей «жизнью», проявления которой обуславливают важнейшие свойства почв. Точное представление о последних необходимо для разработки теории почвоведения, а на ее основе — научно обоснованных приемов регулирования почвенных процессов при использовании почв в народном хозяйстве.

В этой перестройке научного мышления в области почвоведения — перестройке, наполняющей живым, реальным содержанием многие идеи Докучаева, вольно или невольно забыты некоторыми его последователями, и заключается огромное методологическое и философское значение научного наследия Гедройца.

Выше мы рассказали о годах становления докучаевского почвоведения в Академии наук СССР (20-е — начало 30-х гг.).

Географическое направление в дальнейшем получило свое широкое развитие в исследованиях академика Л. И. Прасолова и его школы. В то же время, основываясь на трудах К. К. Гедройца и идей В. И. Вернадского, академик Б. Б. Полынов создал новое — геохимическое — направление в почвоведении, которое в настоящее время получило всеобщее признание и развитие¹.

Синтез двух очерченных нами основных направлений в почвоведении начался еще при жизни : творцов — К. Д. Глинки и К. К. Гедройца. Он протекал медленно и нелегко и полностью он не осуществился даже и в настоящее время. Однако ныне эти два направления уже прочно срослись между собой в единую монолитную науку о почве, основанную на принципах, провозглашенных почти столет тому назад Докучаевым.

Если говорить о дальнейших судьбах теоретического почвоведения, то можно думать, что при гармоничном развитии всех его важнейших разделов особенно большое внимание должно быть уделено тому направлению, которое до сего времени являлось наиболее отсталым. Мы имеем в виду биологию почвы, в особенности ее микробиологию и микробиохимию². Недостаточное — чтобы не сказать слабое — развитие этой области почвоведения мы чувствуем с каждым днем все сильнее и сильнее, и несомненно, что в разработке этого направления заложен ключ к новому качественному скачку в развитии почвоведения, подобный тому, который произошел в нем под влиянием исследований Гедройца. В этом отношении ярким образом служит и тот скачок, который имел место в недавние годы в биологии, после того, как она перешла на молекулярный уровень в своих исследованиях.

¹ См. в этом номере статью А. И. Перельмана «В. В. Докучаев и учение о биокосных системах».

² Здесь уместно напомнить, что еще в 1895 г. В. В. Докучаев придавал развитию этого направления важное значение. Об этом свидетельствует его брошюра «К вопросу об открытии при русских университетах кафедр почвоведения и учении о микроорганизмах (в частности, бактериологии)». (Прим. ред.)
УДК 631.4

Рекомендуемая литература

В. В. Докучаев. СОЧИНЕНИЯ, тт. 1—9. М.—Л., 1949—1961.

Б. Б. Полынов, И. А. Крупеников, Л. А. Крупеников. ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ ДОКУЧАЕВ. М., 1956.

Л. И. Прасолов. РАБОТЫ ДОКУЧАЕВСКОГО ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА И ОЧЕРЕДНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ. «Почвоведение», 1944, № 1.

И. П. Герасимов. ВЕЛИКИЙ РУССКИЙ УЧЕНЫЙ В. В. ДОКУЧАЕВ. «Почвоведение», 1971, № 8.

К. К. Гедройц. ИЗБРАННЫЕ СОЧИНЕНИЯ, тт. 1—3. М., 1955.

К. К. Гедройц. ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ. 5 изд. М., 1955.

Каэтан Каэтанович Гедройц. М., 1956, (Материалы к биобиблиографии ученых СССР.)

К. Д. Глинка. ПОЧВОВЕДЕНИЕ. 6 изд. М., 1935.

В. И. Вернадский. ЗАПИСКИ ОБ УЧЕНЫХ ТРУДАХ ПРОФ. К. Д. ГЛИНКИ. «Изв. АН СССР», 1927, № 18.

Ю. А. Ливеровский. ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ АКАДЕМИКА К. Д. ГЛИНКИ. «Почвоведение», 1948, № 6.

Борис Борисович Полынов. М.—Л., 1949. (Материалы к биобиблиографии ученых СССР.)

Леонид Иванович Прасолов. М.—Л., 1946. (Материалы к биобиблиографии ученых СССР.)

Л. И. Прасолов. ЧЕТВЕРТЬ ВЕКА СОВЕТСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ (1917—1942 гг.). «Почвоведение», 1943, № 1—2.

«Гениальное дополнение к учению Дарвина»

Письмо Г. Ф. Морозова Н. А. Димо

Публикуемый ниже документ мало известен не только широкому кругу читателей, но и специалистам. Даже почвоведы и лесоведы далеко не все знают о его существовании. В то же время он представляет непреходящий интерес. Редакция журнала «Русский почвовед» получила в свое время письмо от выдающегося русского ученого, основателя современной науки о лесе Георгия Федоровича Морозова¹ (1867—1920). Оно было направлено председателю Почвенного комитета при Московском обществе сельского хозяйства Николаю Александровичу Димо (впоследствии академику ВАСХНИЛ и академику АН Молдавской ССР) по случаю избрания Морозова в почетные члены Почвенного комитета. Публикуя письмо, редакция справедливо отметила, что «в противность субъективной оценке самого Георгия Федоровича — его место навсегда останется в самом первом ряду почвоведов» и что письмо публикуется «...для того, чтобы таким образом облегчить будущим историкам географии, лесоведения и почвоведения труд по отысканию этого письма: они

долго и много будут нуждаться в нем» («Русский почвовед», 1916, № 1—4).

Действительно, в наше время влияние докучаевского учения на почвоведение, лесоведение и другие биологические науки чрезвычайно расширилось. В русле докучаевских идей зародились и ныне развиваются современные научные школы: в биогеохимии — школа В. И. Вернадского, в лесоведении — Г. Ф. Морозова, в географии — Л. С. Берга, в биогеоценологии — В. Н. Сукачева. «Изучение природы как целого начинается только с В. В. Докучаева», — эти слова сказаны в 1927 г. Б. Б. Полыновым. Ныне этот принцип положен в основу изучения биосферы всей мировой наукой, им руководствуются ученые самых разных специальностей при разработке проблем охраны природы и комплексного рационального использования водных, земельных, биологических и всех остальных природных ресурсов.

Член-корреспондент АН СССР А. А. Молчанов.

Глубокоуважаемый
Николай Александрович!

Не заслужил я этой почетной награды, но я благодарен искренно и сердечно уважаемому Московскому Почвенному Комитету, т. к. рассматриваю такое научное отличие как ротный, а не именной Георгиевский крест. Позвольте мне распространиться на эту тему несколько подробнее.

Я, как Вы знаете, не непосредственный ученик Докучаева, я пришел со

стороны; заинтересовавшись этим учением, я долго спорил со своим товарищем (я учился в Лесном, он — в университете), отстаивая правоту Костычева¹, т. е. утилитарную точку зрения; и только тогда, когда я познакомился с историей развития ботаники, увидел, что и в ней был период утилитарный, что когда-то и там растение изучалось не само по себе, а с точки зрения лекарственных функций, — во мне произошел какой-то

крутой переворот, и я сразу, на всю жизнь, стал приверженцем Докучаева. В моей жизни это учение сыграло решающую роль и внесло в мою деятельность такую радость, что я и не представляю себе свою жизнь без основ докучаевской школы в воззрениях ее на природу. Природа сомкнулась для меня в единое целое, которое познать можно, только стоя на исследовании таких фактов, взаимодействии которых и дает этот великий синтез окружающей нас природы. Правда, дело касается преимущественно почвы, но мне кажется, что и нет в природе никакого другого тела или явления, которое бы в данное

Письмо печатается с небольшими сокращениями.

¹ Подробнее о Г. Ф. Морозове см.: «Природа», 1966, № 12.

¹ Павел Андреевич Костычев (1854—1895), почвовед, агрохимик. Считал, что научное исследование должно, прежде всего, удовлетворять запросы сельскохозяйственного производства.

время так конкретно показывало значение географического синтеза. В этом отношении не будет преувеличением думать, что докучаевское учение является гениальным дополнением к другому великому учению — учению Дарвина. Исходя из почвоведения, научившись разбираться в почвах в самой природе, я сознательно, не механически эти принципы и эти привычки перенес в другой мир — в жизнь и формы леса; отсюда то учение о типах, в создании которого и принимаю деятельное участие и которое возникло в среде лесоводов независимо от ботаники, которое делит весь лесной мир на две половины — сторонников и противников; причем для первых — это свет и истина, для вторых — мрак и заблуждение.

Посильному усвоению основ Докучаевской школы я обязан прежде всего ученикам Докучаева, во-вторых, работам в Докучаевской экспедиции Лесного департамента, где все было проникнуто целью настроенной этой школы¹. И для своих лесоводственных целей я стал заниматься почвоведением, но все-таки я не почвовед... Потому-то я и говорю, что избрания меня почетным членом я не заслуживаю. С точки зрения почвоведения мои труды малюсенькие, но в чем я не могу себе отказать, так это в том, что, проникшись и, кажется, верно усвоив себе основные истины почвоведения, я не нарочито а как-то подсознательно, стихийно внес принципы такого отношения к природе в изучение природы леса. Для меня природа, свойства и форма леса есть результат взаимодействия ряда факторов, из коих внутренние, биологические свойства пород и внешняя среда (климат, грунт, почва, рельеф) являются основными определяющими те взаимодействия, в которые вступают древесные породы в лесу и создают тот или иной фито-социальный строй. Каждый организм в природе не может быть понят вне трех координат: биологических свойств организма, передаваемых по наследству, влияния внешней среды и, нако-

¹ В 1899—1901 гг. Г. Ф. Морозов работал главным лесничим Каменноостепного лесничества, созданного Докучаевской экспедицией.



Г. Ф. Морозов и лесовед Г. Н. Высоккий. 1911 г.

нец, фактора взаимодействия организмов или фактора социального.

Моя задача по отношению к лесу — слить эти три координаты в отношении леса и разных его форм в ряд гармонических сочетаний, в ряд географических аккордов...

Докучаевское почвоведение страшно много дает натуралисту, и без знакомства с ним, мне кажется, почти нелегко работать в области ботанической географии.

Я горжусь принадлежностью к этой школе и признаю правильным, когда меня называют докучаевцем, но почетное звание, которым украсили меня московские почвоведы, я действительно не заслужил. Мне как будто немного стыдно; я могу сказать только, что и я участвовал в деле, где была наша славная рота (имеются в виду лесоводы. — Прим. ред.), и только

постольку, поскольку я рядовой этой роты, да еще старых сроков службы, я получил знак отличия не случайно...

Эта коллективность награды, однако, меня сильно радует: она — признак здоровый, желание единения, скрепления уз, а ведь это так необходимо, и необходимо не потому, что докучаевская школа была в свое время кучкой сектантов, а потому, что она стала господствующей, заняла высокое положение, сильно разрослась вширь.

Такое положение ее требует, с одной стороны, самокритики, дабы избежать догматизма, с другой — прочного единения в тех дорогих нам основных принципах...

Эти принципы дают опору не только для науки, но и для преподавания, не только для теории, ищущей истины, но и прикладных наук, имеющих целью осуществить эти истины в жизни.

Глубоко, сердечно и искренно благодарю Московский Почвенный Комитет и Вас, дорогой Николай Александрович, как его представителя, за ту радостную и великую для меня нравственную поддержку, в которой я так нуждаюсь и которая так неожиданно пришла из горячо мною любимой семьи почвоведов докучаевской школы.

Г. Морозов

УДК 634.98

Рекомендуемая литература

Г. Ф. Морозов. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. Т. I. М., «Лесная промышленность», 1970.

И. С. Мелехов. МОРОЗОВ И НАУКА О ЛЕСЕ. Там же.

Н. Бейлин, В. А. Парнес. ГЕОРГИЙ ФЕДОРОВИЧ МОРОЗОВ. М., «Наука», 1971.

В. Н. Сукачев и С. И. Ванин. Г. Ф. МОРОЗОВ КАК УЧЕНЫЙ И ПЕДАГОГ. Л., 1947.

В. В. Докучаев и учение о биокосных системах

Профессор А. И. Перельман



Александр Ильич Перельман, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР. Ученик Б. Б. Полюнова. Занимается вопросами геохимии гипергенных процессов и ландшафтов. Автор монографий: Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М., «Недра», 1972; Геохимия биосферы. М., «Наука», 1973 и др., научно-популярной книги: Атомы в природе. М., «Наука», 1965, а также статей в «Природе».

В наши дни научно-технической революции наряду с быстрым «старением» знания возрастает и обратное явление — возрастание роли идей, зародившихся еще в прошлом столетии. Именно такова судьба понятия о почве, которому наука обязана В. В. Докучаеву. Его исследования не только привели к становлению новой естественноисторической науки о Земле — почвоведения, но и дали мощный толчок развитию многих отраслей естествознания. Выяснилось, что почва — это только один представитель целого класса природных систем, в котором живые организмы и неорганическая материя тесно между собой связаны и взаимообусловлены. Такие системы В. И. Вернадский назвал биокосными. Сейчас, почти через 100 лет, мы лучше понимаем значение докучаевских открытий. Научный подвиг Докучаева, пожалуй, легче выразить в терминах и понятиях нашей эпохи, когда разрабатывается общая теория систем, развивается кибернетика.

Изучение биокосных систем приобрело особенно большое значение в связи с проблемой рационального использования природных ресурсов и сохранения окружающей среды. Отдельные типы биокосных систем — почва, ландшафт, кора выветривания, илы, водоносные горизонты и др. — изучаются разными естественными науками, но современное состояние наших знаний позволяет рассматривать их в целом, как единую группу явлений.

Особенно большое значение при подобном подходе приобретают методы геохимии. Своими мыслями на эту тему мне и хотелось бы поделиться. Однако, чтобы наши рассуждения были более понятны, необходимо хо-

тя бы кратко рассказать о том, как Докучаев пришел к своему открытию.

Открытие почвы

Как это нередко бывает в науке, термин «почва» существовал на многих языках до работ Докучаева (русск. «почва», нем. «Boden», англ. «soil» и т. д.). Однако под этим термином подразумевались разные понятия — рыхлые продукты разрушения горных пород (в геологии), пахотный слой (в агрономии), любая поверхность суши, вплоть до городской мостовой (в санитарии) и т. п. К почвам нередко относили и такие различные образования, как чернозем, лёсс, суглинок, песок, ил, солонцы. Этот старый и достаточно неопределенный термин преподаватель кафедры Петербургского университета В. В. Докучаев использовал для наименования открытого им особого природного тела. Было это в 70-х годах прошлого века. Обследовав в 1877—1882 гг. по просьбе Вольного экономического общества огромные пространства черноземной полосы Европейской России, Докучаев показал, что чернозем является функцией от ряда «факторов почвообразования» — климата, рельефа, растительности и животных, почвообразующей горной породы и, наконец, времени. В этих работах были, таким образом, высказаны новые представления о почве, которую мы теперь рассматриваем как особую систему. Тем самым Докучаев заложил основы новой естественноисторической науки о Земле — почвоведения. Позднее В. И. Вернадский писал, что чернозем сыграл такую же роль в развитии почвоведения, как кальцит в кристаллографии, лягушка в физиологии и бензол в органической химии.

Начав с чернозема, Докучаев пришел к выводу, что почва — это самостоятельное природное тело, такое же, как любое растение, животное, минерал. Это открытие привело к коренному изменению взгляда на природу земной поверхности, началось бурное развитие почвоведения, в основу которого легли докучаевские идеи, особенно представление о зональности почв. Говоря современным языком, в почвоведении произошел информационный взрыв.

Бурной энергии Докучаева хватало и на развитие теоретических основ почвоведения, и на преподавательскую деятельность, и на организацию крупных экспедиций по обследованию почв. В 1882 г. Нижегородское земство пригласило Докучаева обследовать почвы губернии, в 1888 г. начались аналогичные работы в Полтавской губернии. Значение «земских работ» Докучаева трудно переоценить — именно на них разрабатывалась новая методика изучения почв, устанавливались их новые типы и, наконец, что может быть не менее важно, впервые в мире были выполнены комплексные естественноисторические исследования территории, которые такое большое значение приобрели уже в советское время.

В 1891 г. черноземные губернии поразила страшная засуха, за ней последовал голод, борьбе с которым посвятили себя лучшие люди России. Откликнулся на эти события и Докучаев. Основываясь на сделанных ранее выводах, он пришел к заключению, что неурожай не просто стихийное бедствие, но во многом — следствие неправильного обращения с природой. Этим вопросам Докучаев посвятил много статей и книгу «Наши степи прежде и теперь» (1892), в которой наметил целый комплекс мероприятий по борьбе с засухой. Ему удалось убедить Лесной департамент в необходимости лесных мелиораций в степи, и в 1892 г. была организована «Особая экспедиция по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России», работавшая под руководством Докучаева. На опытных участках в Каменной степи (Воронежская область), в Великом Анадоле (между Донцом и Днепром) и около г. Ста-

робельска проводились комплексные почвенные, геологические и гидрогеологические исследования. В ходе и нижегородских, и полтавских работ, а также в Особой экспедиции формировалась школа ученых-докучаевцев — В. И. Вернадский, Н. М. Сибирцев, А. Н. Краснов, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, П. А. Землячинский, Г. Н. Высоцкий, Г. И. Танфильев, П. В. Отоцкий и др.

В XX веке развитие почвоведения протекало под флагом докучаевских идей. Знаменательным стало внедрение нового учения в западноевропейское и американское почвоведение, развивавшееся ранее на основе иной методологии.

Коллективная работа почвоведов всех стран позволила в последние годы сделать фундаментальные обобщения как в области общей теории почвообразования¹, так и в систематической характеристике всех почв нашей планеты, приступить к составлению почвенной карты мира².

Не будет преувеличением, если мы скажем, что почвоведение стало одной из фундаментальных естественноисторических наук о Земле. Именно здесь, в почвах, сосредоточена геологическая работа живого вещества; именно в почвах готовится тот материал континентальных и морских отложений, из которого в дальнейшем образуются новые породы. Но в то же время в почвах в наибольшей степени сосредоточены и те процессы, совокупность которых обуславливает эволюцию органического мира. Здесь разыгрываются многообразные формы борьбы за существование и приспособления организмов к изменяющимся условиям их жизни, создаются многообразные сообщества (биоценозы) и формируются новые виды многочисленных низших организмов и высших растений. Этим определяется значение в естествознании и новой области явлений — почвенной пленки и новой, посвященной ей науки — почвоведения», — писал

выдающийся последователь Докучаева Б. Б. Польшов в 1947 г.¹.

Глубокие исследования сущности почвообразовательного процесса позволили использовать почвоведение для решения самых различных практических вопросов и не только в сельском хозяйстве, но и в лесоводстве (лесное почвоведение), мелиорации (мелиоративное почвоведение), дорожном строительстве (дорожное почвоведение и грунтоведение), медицине (санитарное почвоведение), при поисках полезных ископаемых и т. д.

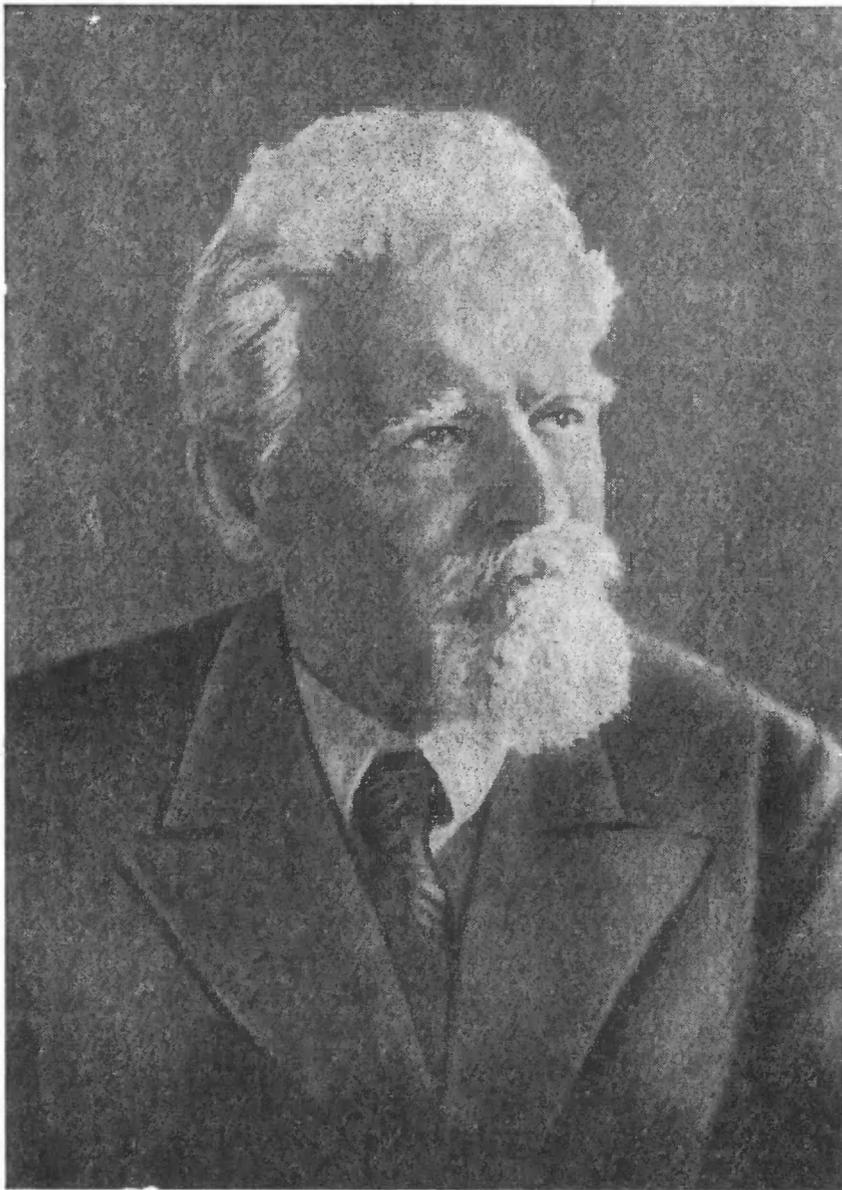
Биокосные природные тела

Что же представляет собой почва как биокосная система, как особое природное тело? Совершенно новые стороны почв открываются при их анализе с современных геохимических позиций. Несомненно, важнейшая особенность почв связана с работой живого вещества, преимущественно микроорганизмов, разлагающих органическое вещество. Это окислительно-восстановительный процесс, который в каждой почве формирует определенную окислительно-восстановительную зональность. Во многих почвах горизонты, где происходит энергичное разложение органических веществ, характеризуются более восстановительной средой, чем лежащие ниже их. Разлагая остатки растений и животных, микроорганизмы изменяют состав почвенного раствора и воздуха, обогащая последний CO₂, CH₄, NH₃ и другими газами. Эти процессы носят экзоэнергетический характер, так как здесь освобождается энергия, аккумулированная при фотосинтезе, причем энергия освобождается не только в тепловой, но и в химической работоспособной форме. Чем энергичнее в почве идет разложение органических веществ, тем богаче она свободной энергией, тем дальше она от равновесия. Следовательно, почвы являются неравновесными, чрезвычайно дина-

¹ См.: В. А. Ковда. Основы учения о почвах, т. I и II. М., «Наука», 1973.

² См.: М. А. Глазковская. Почвы мира. Изд. Московского университета, т. 1, 1972; т. 2, 1973.

¹ Б. Б. Польшов. Основные идеи учения о генезисе элювиальных почв в современном освещении. Избр. труды. М., Изд-во АН СССР, 1956, стр. 411.



Академик Лев Семенович Берз (1876—24.XII.1950) выдающийся советский географ и биолог, автор основополагающих трудов по ландшафтоведению и другим разделам географии. Президент Географического общества Союза ССР. Профессор Ленинградского университета, создатель научной школы физико-географов-ландшафтоведов.

мичными биокосными системами, богатыми энергией. Именно с таким «энергетическим богатством» мы сейчас и связываем дифференциацию почвы на горизонты, которые были выделены еще Докучаевым. В совокупности горизонты образуют «почвенный профиль».

Распределение химических элементов по профилю так называемых элювиальных (не зависящих от грунтовых вод) почв определяется двумя взаимно противоположными процессами —

биогенной аккумуляцией, направленной снизу вверх, и выщелачиванием, направленным сверху вниз. Этим объясняется дифференциация вещества в почвенном профиле, его неоднородность и, в частности, расчленение по вертикали на горизонты и подгоризонты. В некоторых почвах на расстоянии 0,5 м по вертикали резко меняются физико-химические условия, и, например, кислая среда в поверхностном горизонте сменяется щелочной на глубине 20 см. Крайняя неоднород-

ность почв по профилю станет особенно наглядной, если мы сравним их с глинами, известняками и другими осадочными породами, в которых нередко однообразные условия прослеживаются в глубину на многие десятки и сотни метров.

Во многом аналогичны почвам речные, озерные и морские илы. В них также накапливается органическое вещество и развиваются микробиологические процессы. Как и почвы, это динамические и неравновесные био-

Академик Борис Борисович Полюнов (4<17>.VIII.1877—16.III.1952) выдающийся последователь В. В. Докучаева и В. И. Вернадского, почвовед, геохимик и географ. Исследователь природы субтропиков Грузии, тайги Приамурья, степей Дона, степей и пустынь Монголии. Основоположник учения о коре выветривания и геотипии ландшафта. Профессор Ленинградского и Московского университетов, создатель научной школы геохимиков-ландшафтоведов.



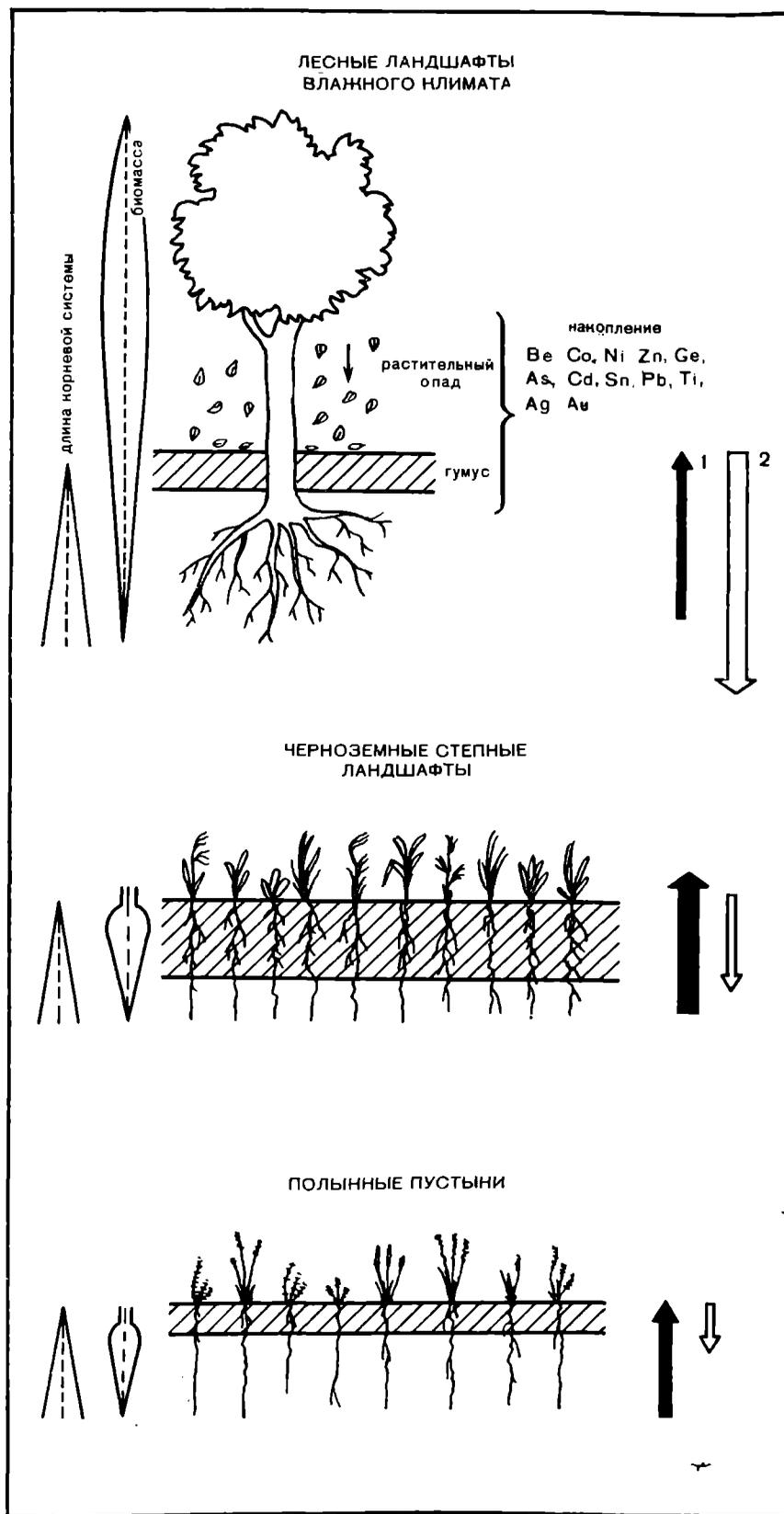
косные системы, богатые свободной энергией. Б. Б. Полюнов даже рассматривал их как подводные почвы. Однако они стали объектом исследования не в почвоведении, а в геологии, которая видит в илах одну из первых стадий формирования осадочных горных пород. Но и здесь сильно сказалось влияние докучаевских идей. Выяснилось, например, что распространение озерных илов подчиняется закону зональности, что в илах протекают различные обменные реакции

с коллоидным комплексом, впервые наиболее детально изученные в почвах К. К. Гедройцем. Труды Н. М. Страхова и его школы показано, что для илов, как и для почв, характерна резкая дифференциация физико-химических условий по вертикали, окислительно-восстановительная зональность¹. В отличие от почв илы не со-

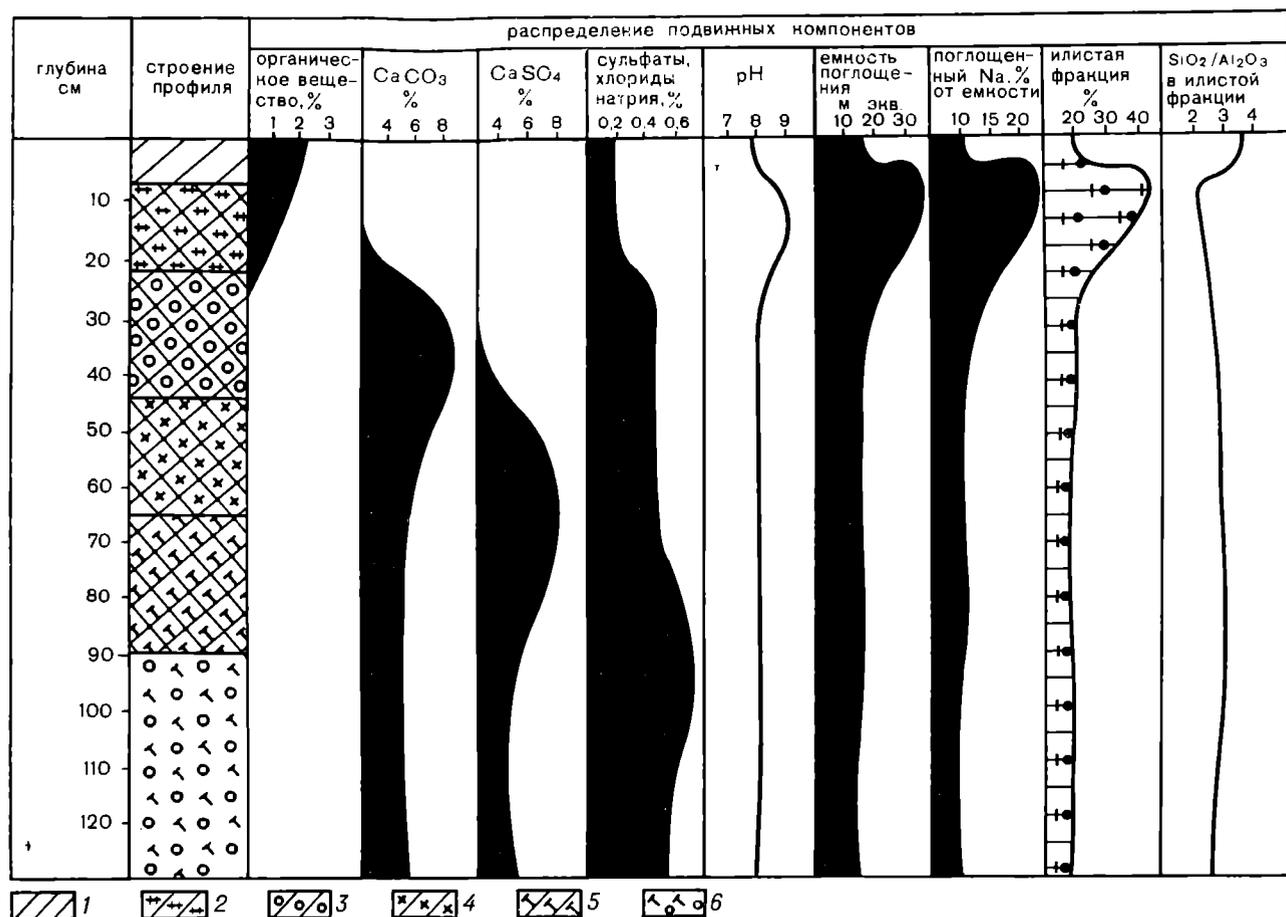
держат газовой фазы, они растут снизу вверх, состав органического вещества в них также иной (меньшая роль растительных остатков, гумусовых веществ и т. д.). Но главные признаки биокосных систем — биологический круговорот атомов и богатство свободной энергией — выражены в илах не менее резко, чем в почвах.

Изучение илов как биокосных систем только начинается. Но этот подход уже позволил объяснить важные их особенности, в том числе имеющие

¹ См. Н. М. Страхов. Основы теории литогенеза. М., Изд-во АН СССР, 1960.



Почва была первой изученной биокосной системой и в настоящее время она изучена лучше других систем. Почва исключительно разнообразна, но все же с геохимическими позициями в ней можно выделить несколько основных процессов миграции химических элементов. На рисунке показана схема взаимно противоположных процессов — биогенной аккумуляции (1) и выщелачивания (2) в почвах разных ландшафтов. Корни растений, как своеобразный насос, «перекачивают» P, S, Ca, K и другие наиболее необходимые им химические элементы из нижних горизонтов почвы в верхние. Эти элементы поступают в почву после смерти организмов и разложения их остатков. При энергичном промывании почва атмосферные осадки выщелачивают подвижные элементы. Соотношение биогенной аккумуляции и выщелачивания определяет строение профиля важнейших типов почв. Ширина стрелок характеризует относительную интенсивность процессов, длина — сравнительную глубину проникновения процесса.



Профиль солонца (по М. А. Глазвской, 1972). В степных и лесостепных ландшафтах широко распространены солонцы. Для этих почв особенно характерны резкая дифференциация вещества, образование профиля, включающего в себя много генетических горизонтов. На небольшом расстоянии по вертикали (не более 0,5 м) меняются щелочно-кислотные условия. Генетические горизонты: 1 — надсолонцовый гумусово-иллювиальный, 2 — иллювиальный солонцовый, 3 — иллювиальный карбонатный, 4 — иллювиальный гипсовый, 5 — иллювиальный солевой, 6 — почвообразующая порода: карбонатная, гипсоносная, засоленная.

практическое значение, например для образования руд.

В первые годы развития почвоведения нередко к почве относили образования мощностью в несколько метров и даже в несколько десятков метров. Так, в качестве почв фигурировали «батумские красноземы» мощностью более 10 м. Однако уже в начале XX в. сложилось представление о самостоятельном природном теле, формирующемся ниже почвы под влиянием притекающих из нее растворов. В той или иной степени этот элювий (кора выветривания) изучался геологами и ранее, но только докучаевские идеи позволили сформулировать понятие о коре выветривания как особом природном теле, биосферной системе, родственной почве. В нашей стране развит самостоятельный раздел геологии — учение о коре выветривания, наиболее ярким представителем которого

был последователь Докучаева и Вернадского — Б. Б. Полынов.

И для коры характерны микробиологическая деятельность, а также, хотя и в меньшей степени, чем для почв, окислительно-восстановительная зональность, понятие о которой впервые было установлено автором. Кора имеет свой профиль, мощность горизонтов которого, в отличие от почвы, измеряется не сантиметрами, а метрами. Наконец, в своем распространении кора выветривания подчиняется закону зональности Докучаева (хотя эта зональность и не тождественна почвенной). Но несмотря на то, что кора выветривания и имеет много признаков почвы, она все же резко от нее отличается и, прежде всего, отсутствием биогенной аккумуляции химических элементов под влиянием растительности.

Почти на протяжении всей геологической истории на материках форми-



Профиль коры выветривания в ландшафтах влажных тропиков. В отличие от почвы, мощность горизонтов коры выветривания измеряется метрами. В коре выветривания помимо изученной минералогической зональности, существует и геохимическая окислительно-восстановительная зональность, обусловленная микробиологическими процессами в условиях затрудненного дренажа (в основе — схема М. А. Глазовской с дополнениями автора).

ривалась кора выветривания. Остатки ее сохранились во многих районах Земли. В изучении этой древней коры выветривания сыграли огромную роль докучаевские идеи и методы. Так же как и в почвах, в коре стали выделять горизонты, наряду с твердой фазой, исследовать поровые растворы, грунтовый воздух, деятельность микроорганизмов. Это позволило одному из первых исследователей древ-

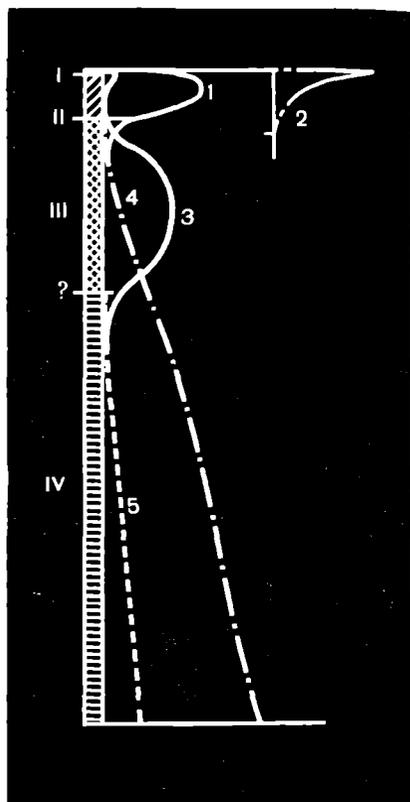
ней коры выветривания И. И. Гинзбургу, а затем его ученикам и последователям, заложить основы самостоятельного раздела геологии, имеющего важное практическое значение (с древней корой выветривания связаны руды никеля, алюминия и других металлов, неметаллическое сырье).

Автор предложил в качестве особых биокосных систем рассматривать и водоносные горизонты биосферы. Действительно, во всех подземных водах живут микроорганизмы, которые окисляют органические вещества, растворенные в воде или же содержащиеся во вмещающих породах. В результате этих биохимических процессов в водах повышается количество CO_2 , уменьшается SO_4^{2-} , появляется H_2S , CH_4 , NH_3 и т. д. Состав вод меняется, они становятся агрессивными и изменяют вмещающие породы. Поэтому к водоносному горизонту относится не только горизонт пород с движущейся гравитационной водой, но и прилегающие части водоупоров, в которых развиваются явления диффузии и изменения пород. Следовательно, и в водоносных горизонтах, аналогично почве, илам и коре выветривания, существует дифференциация. Подобная методология позволила нам установить понятие о «былых водоносных горизонтах», в которых в настоя-

щее время горизонт подземных вод отсутствует, но он существовал в геологическом прошлом и оставил свои следы в виде ожелезнения, оглеения, карбонатизации, огипсования и признаков других процессов. Местами осадочные породы почти до неузнаваемости переработаны подземными водами. Изучая эти былые водоносные горизонты, можно восстановить химический состав и другие особенности былых подземных вод, решать вопросы палеогидрогеологии.

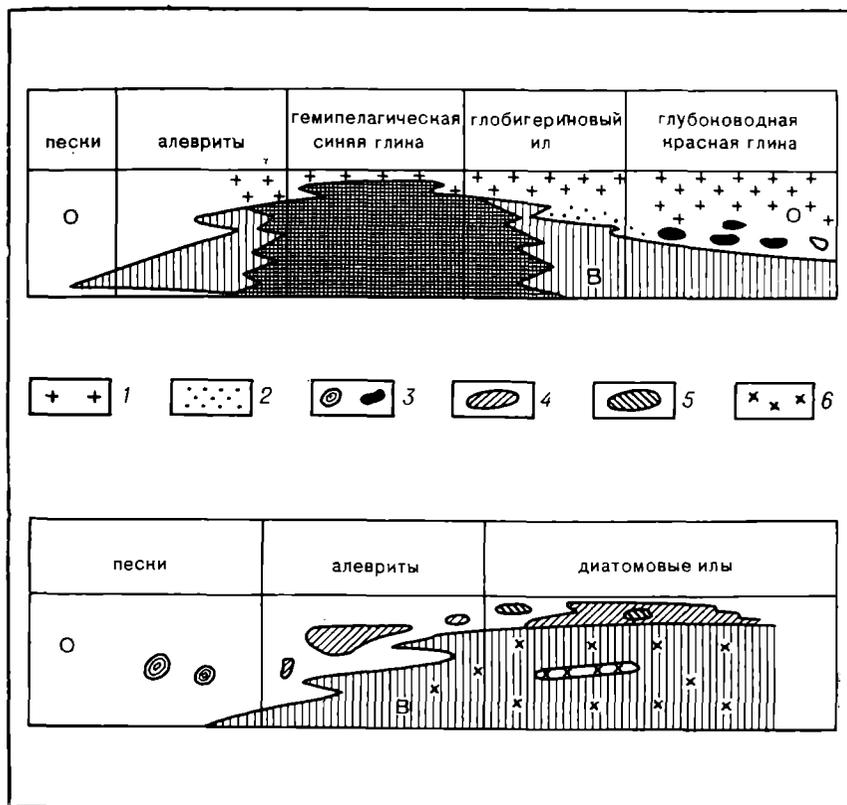
Изучение водоносных горизонтов с докучаевских позиций позволило также установить, что грунтовые воды подчиняются зональности. Впервые на это обратил внимание ученик Докучаева П. В. Отоцкий еще в начале XX в., подробно развил данную концепцию В. С. Ильин в конце 20-х годов. В настоящее время «горизонтальная зональность грунтовых вод» изучена очень хорошо. Не менее существенно и установление вертикальной зональности — изменения химического состава водоносных горизонтов с глубиной. В этой области советская наука достигла особенно больших успехов.

Но, пожалуй, еще важнее практическая сторона вопроса — к современным и былым водоносным горизонтам приурочены рудные тела месторождений полезных ископаемых, фор-



Илы — это биокосные системы, наиболее близкие к почвам. В них, как и в почве, происходит дифференциация вещества по вертикали. Под влиянием микробиологической деятельности, диффузии и других процессов ил по вертикали расчленяется на ряд горизонтов (I, II, III, IV) — аналогов почвенных горизонтов (по Н. М. Страхову, 1954). 1 — формирование минеральных новообразований, 2 — интенсивность деятельности бактерий и их ферментов, 3 — перераспределение вещества в осадках с образованием цемента и конкреций, 4 — уплотнение осадка (литификация), 5 — дегидратация водных минералов и перекристаллизация.

мирующихся на участках резкого изменения условий миграции, которые мы назвали геохимическими барьерами. Таков, например, «песчаниковый тип» руд, давно известный в науке о рудных месторождениях («медистые песчаники», «ураноносные песчаники» и т. д.). Особенно подробно сейчас разработана эпигенетическая теория образования урановых руд, формирование которых происходило на восста-



Важнейшая геохимическая особенность илов заключается в окислительно-восстановительной зональности. Разрезы через океан (вверху) и озеро Байкал (внизу) (по Н. М. Страхову, упрощено). О — окислительная зона, В — восстановительная зона: слабо выраженная (вертикальная штриховка) и сильно выраженная (клетка). 1 — окислы железа, окрашивающие окислительную зону в бурый цвет, 2 — участки, обогащенные железом и марганцем, 3 — железо-марганцевые конкреции, 4 — равномерно окрашенные слабожелезистые ржавые пятна, 5 — марганцевые (черные) пятна, 6 — вивианитовые пятна.

новительном барьере в водоносных горизонтах¹.

Природа земной поверхности как целое

В последние годы жизни Докучаев по существу открыл биокосную систе-

¹ См.: Экзогенные эпигенетические месторождения урана. М., Атомиздат, 1965.

му более крупного порядка, по отношению к которой почва является подсистемой. Установив, что зональность охватывает как живую природу, так и «минеральное царство», он создает «учение о зонах природы». Тундра, тайга, черноземная степь, пустыня, влажные тропики — это особые природные системы, в которых атмосфера, горные породы, животный и растительный мир, воды и почвы тесно

между собой связаны, составляют единое целое¹.

Подобные биокосные системы в XX в. стали именоваться ландшафтами. Как и в случае с почвой, сам термин «ландшафт» и даже научное направление, изучающее ландшафты, существовали до работ Докучаева. Однако не подлежит сомнению, что современному пониманию ландшафта, как это хорошо показали Л. С. Берг и Б. Б. Полынов, наука обязана именно Докучаеву и его последователям².

Науку о ландшафтах в России и позднее в СССР развивали представители различных отраслей естествознания, однако как бы не складывалась их судьба в начале жизненного пути, обаяние докучаевских идей было столь велико, а потребность в новой науке столь значительна, что все они приходили к пониманию необходимости изучения связей между отдельными явлениями природы на поверхности нашей планеты, к анализу ее как целостной системы. Подобная эволюция характерна и для творчества Б. Б. Полынова, географа и выдающегося ландшафтоведа Л. С. Берга, лесоведа Г. Ф. Морозова и его ученика В. Н. Сукачева, лесоведа и почвовед Г. Н. Высоцкого и многих других. Вот что писал, например, в 1916 г. основатель учения о лесе Г. Ф. Морозов (1867—1920): «В моей жизни это учение (Докучаева.— А. П.) сыграло решающую роль и внесло в мою деятельность такую радость, что я и не представляю себе свою жизнь без основ докучаевской школы в воззрениях ее на природу. Природа сомкнулась для меня в единое целое, которое познать можно, только стоя на исследовании тех фактов, взаимодействии которых и дает великий синтез окружающей нас природы»³. В наше время ландшафтоведение стало важным разделом наук о Земле. Совсем недавно возникло научное направление — геохимия ландшафта, в котором его основатель Б. Б. Полынов синтезировал идеи Докучаева о зонах природы и биогеохимию Вернадского.

При геохимическом изучении ландшафта особую роль приобретает анализ типов связей в этой биокосной системе, использование достижений общей теории систем. Остановимся на наших представлениях по данному вопросу.

В теории систем, как известно, различают прямые и обратные связи. Для прямой односторонней связи характерно однонаправленное влияние компонента ландшафта А на Б: А → Б. Например, влияние почвенных процессов на формирование коры выветривания, грунтовых вод на питание рек, отработки месторождений полезных ископаемых на потребление элементов в промышленности и т. д.

Обратная связь относится к одному из основных понятий кибернетики, где она характеризуется как воздействие управляемого процесса на управляющий орган (или влияние выходного сигнала системы на ее рабочие параметры):

$$A \rightleftharpoons B.$$

Обратная связь положительна, когда результат процесса усиливает его и система удаляется от исходного состояния. Примером служит зарастание озер: отмирающие ежегодно растения дают материал для образования сапропеля, при этом глубина озера уменьшается, озеро превращается в болото.

При отрицательной обратной связи результат процесса ослабляет его действие и способствует стабилизации системы, восстановлению ее исходного состояния. Так, увеличение растительной массы в ландшафте приводит к увеличению продуктов разложения растительных остатков — гумусовых кислот, которые, промывая почву, выщелачивают из нее питательные вещества, ухудшая тем самым условия жизни растений. Это способствует уменьшению растительной массы. В результате действия отрицательной обратной связи в ландшафте наблюдается саморегулирование — всякое отклонение от устойчивого стационарного состояния вызывает изменения, уменьшающие это отклонение.

Механизм обратной связи играет в природных ландшафтах значительно меньшую роль, чем в живых организмах. По степени совершенства связей природный ландшафт сильно уступает

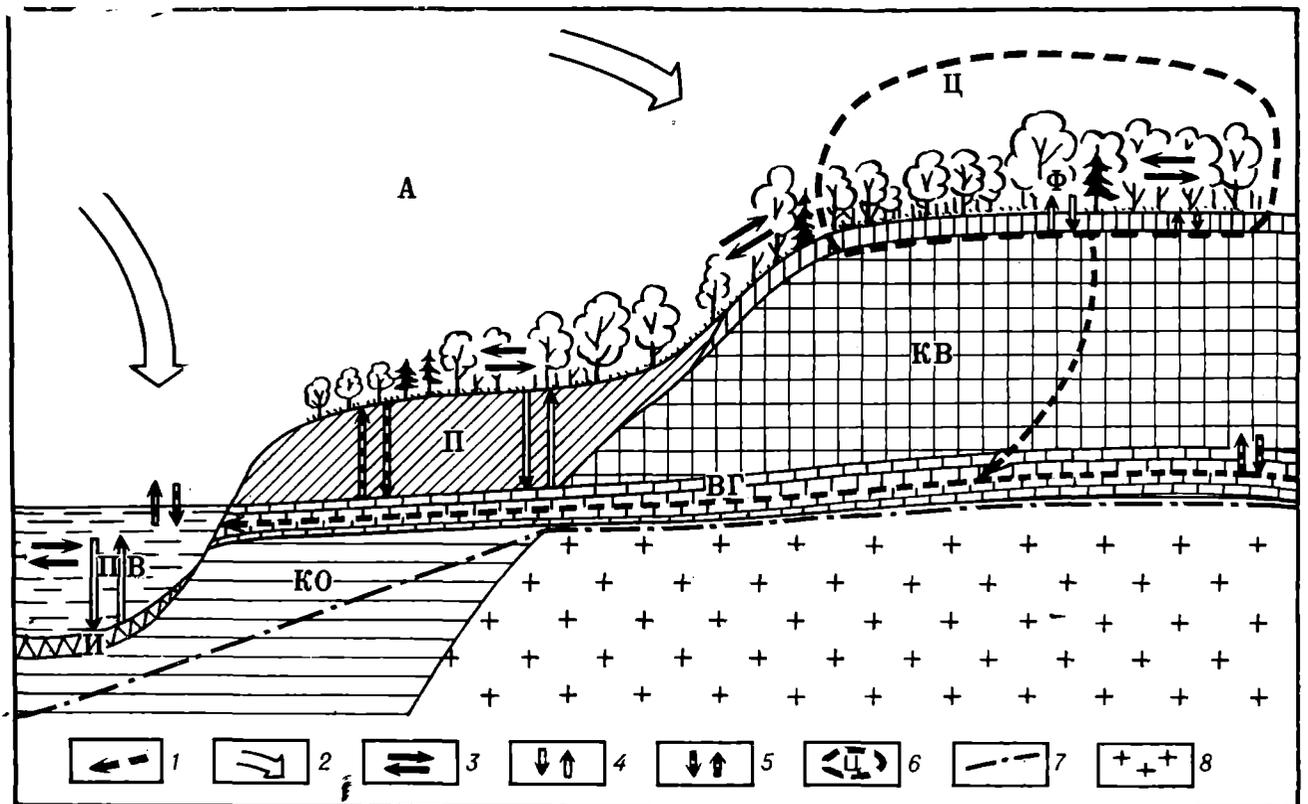
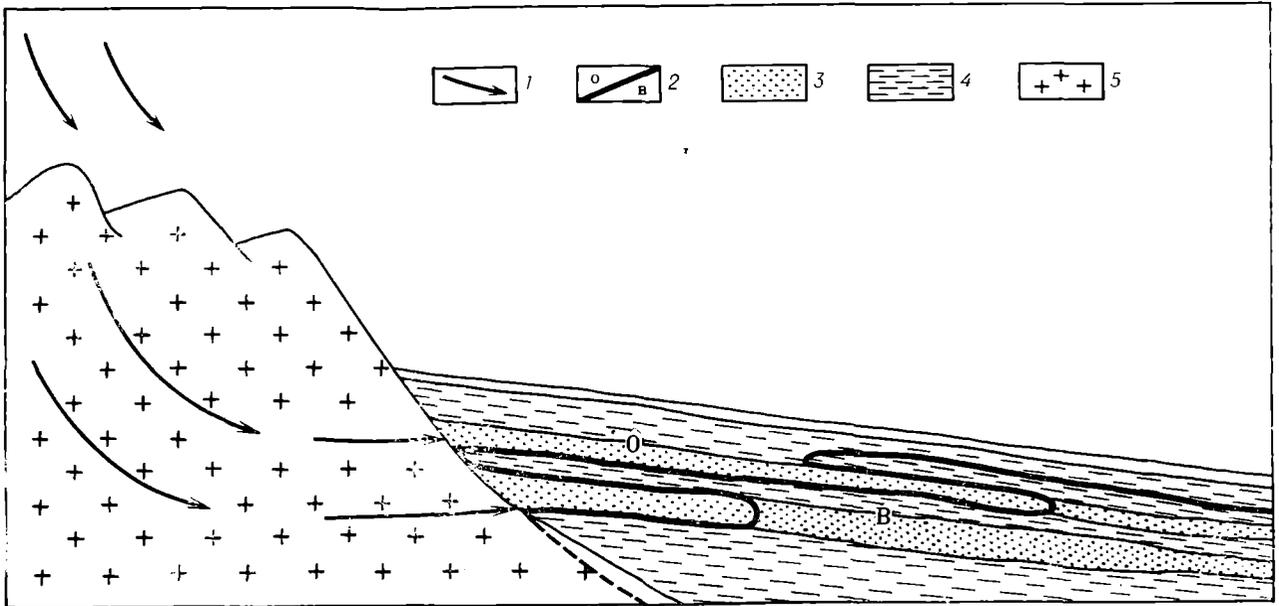
Водоносные горизонты стали рассматриваться в качестве биокосных систем совсем недавно. На рисунке приведена схема формирования зональности водоносных горизонтов. Проникая по проницаемым породам в приподнятое крыло артезианского бассейна, кислородные воды окисляют породы, содержащие пирит (FeS_2). Так формируется окислительно-восстановительная зональность. На участках исчезновения свободного кислорода в воде формируется восстановительный барьер. 1 — пути инфильтрации кислородных вод, 2 — граница между зонами с окислительными условиями (О) и восстановительными условиями (В), 3 — песчаные водоносные горизонты, 4 — водоупорные глины, 5 — области питания артезианских вод, сложенные скальными трещиноватыми породами.

Как и всякая сложная система, ландшафт может изучаться методами кибернетики. На рисунке изображена схема типов связей в лесном ландшафте. В нем несколько подсистем — биокосных тел, к которым относятся почва (П), кора выветривания (КВ), ил (И), водоносный горизонт (ВГ), континентальные отложения (КО), поверхностные воды (ПВ), приземная атмосфера (А). Особой подсистемой является и наземный биоценоз (Ф). Эти подсистемы связаны между собой прямыми и обратными связями. Для ландшафта характерен структурный центр (Ц). Типы связей: прямые — водные (1), воздушные (2); обратные — биотические (3), биокосные (4), водные и воздушные (5); центр ландшафта (6); литогенная основа ландшафта: нижняя граница ландшафта (7); коренные породы (8).

¹ См.: В. В. Докучаев. К учению о зонах природы. СПб, 1899.

² См.: Б. Б. Полынов. Роль почвоведения в учении о ландшафтах. Избр. труды. М., 1956.

³ Более полный текст письма см. в этом номере на стр. 68.



таким системам, как кристаллы, атомы, организмы. Это система не только с другой природой связей, но и с более «расшатанными» связями, более слабой интеграцией, что особенно повышает ответственность человечества во всех мероприятиях, загрязняющих ландшафт.

По сравнению с природным ландшафтом, культурный ландшафт — система с более развитой обратной связью, причем положительная связь часто преобладает над отрицательной. В результате культурные ландшафты в процессе развития все больше удаляются от стационарного состояния, с чем, в частности, связаны загрязнение окружающей среды и стихийные бедствия (пыльные бури, наводнения, эрозия почв и т. д.). Для преодоления этих нежелательных явлений необходимо усиление роли отрицательных обратных связей, позволяющих стабилизировать культурный ландшафт, сделать его саморегулируемой оптимальной системой.

Кроме типа связей (прямых и обратных), на наш взгляд, необходимо учитывать степень их важности. В большинстве ландшафтов четко выделяется так называемый «структурный центр», определяющий единство всей системы. Таким центром в природном ландшафте часто служит почва и растительность водораздельных участков («водораздельный центр»). Еще более централизованной системой должен быть культурный ландшафт. Вместе с тем, как правило, он не имеет единого центра, так как отдельные части (заводы, сельскохозяйственные поля, транспортные артерии и т. д.) управляются из самостоятельных независимых центров. Это и приводит к ослаблению роли отрицательных обратных связей «непредвиденными последствиями», загрязнению среды и т. п. Поэтому, с современных позиций централизация культурных ландшафтов составляет одну из самых важных практических задач организации территории. В каждом культурном ландшафте или группе ландшафтов должны быть центры управления, регулирующие взаимоотношения между частями. В центре следует разрабатывать планы отдельных производственно-территориальных комплексов (экономических районов, культурных ландшаф-

тов и т. д.) силами специалистов различного профиля.

Анализ проблемы ландшафта с системных (докучаевских) позиций неизбежно приводит нас к выводу, что при данном уровне развития производительных сил вполне возможно такое оптимальное использование ландшафтов, когда, с одной стороны, получается высокий хозяйственный эффект, а с другой — не происходит загрязнения среды, расхищения и разрушения производительных сил, обеспечивается их рост и развитие до уровня, не доступного в природном ландшафте. Следовательно, важнейшая практическая задача науки о ландшафте состоит в разработке теории оптимизации культурного ландшафта, т. е. установления оптимальных режимов для различных природных районов.

*

В этой статье мы постарались показать, что развитие докучаевских идей привело в наше время к понятию о множестве биокосных систем.

Биокосные системы изучаются разными науками, нередко достаточно далеко отстоящими друг от друга в официальной классификации знания (почвоведение, география, гидрогеология и т. д.). Однако в самых различных биокосных системах протекают сходные геохимические процессы. Например, десульфуризация (микробиологическое восстановление сульфатов с образованием H_2S) протекает в почвах (болота, солончаки), илах, водоносных горизонтах, морской воде (в Черном море, фьордах Норвегии). То же можно сказать об оглеении, окислении сульфидов, процессах засоления, огипсования, карбонатизации и многих других. Более того, существует «сквозной процесс», характерный для всех без исключения биокосных систем, их общий признак. Это микробиологическое разложение органических веществ, которое делает биокосные системы неравновесными, богатыми свободной энергией, дифференцированными на подсистемы (горизонты и т. д.), сильно изменяет литосферу, приводит к концентрации многих химических элементов (вплоть до образования рудных месторождений).

Биокосные системы, несомненно, различаются по степени сложности, «по уровню организации материи»: к доландшафтному уровню относятся почвы, илы, кора выветривания, водосные горизонты, к ландшафтному уровню — элементарный ландшафт и геохимический ландшафт, наконец, к надландшафтному уровню — биосфера в целом, развитию понятия о которой мы обязаны Вернадскому.

Ученик Докучаева, он в первые десятилетия своей научной деятельности был далек от почвоведения. Однако начиная с 1916 г. его научная мысль вновь обратилась к идеям учителя. Размышляя о геологическом эффекте деятельности живых организмов в их совокупности, Вернадский пришел к выводу, что это живое вещество представляет собой самую могучую геохимическую силу на земной поверхности, создавшую азотно-кислородную атмосферу, изменившую состав литосферы и гидросферы. Безусловно, в учении Вернадского о биосфере, в созданной им биогеохимии докучаевское учение поднялось на новый уровень, так как по существу был вскрыт механизм деятельности биокосных систем. Для биосферы, как и для других биокосных систем, характерны неравновесность и богатство свободной энергией, резкая дифференциация в пространстве, окислительно-восстановительная зональность¹. Все, что говорилось об оптимизации культурного ландшафта, отрицательных обратных связях, централизации может быть отнесено и к биосфере.

Учение Докучаева — Вернадского о биокосных системах в земной коре относится к крупнейшим достижениям естествознания. Эти идеи еще долго будут освещать путь новым поколениям исследователей, помогать в решении сложных проблем взаимоотношения Человека и Природы.

¹ См.: А. И. Перельман. Геохимия биосферы. М., «Наука», 1973.

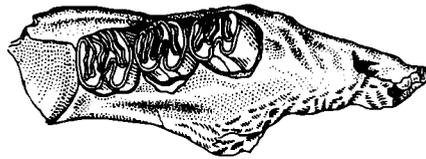
Водились ли бобры в Приморье?

Э. В. Алексеева
Биолого-почвенный институт ДВНЦ АН СССР

При раскопке бохайского поселения VIII—X вв. вблизи городища Круглая сопка (в долине р. Арсеньевки, в 5 км от с. Новогордеевка Анучинского района Приморского края) отрядом Института истории, этнографии и археологии ДВНЦ АН СССР был обнаружен фрагмент нижней челюсти речного бобра (*Castor fiber* L.). Лежал он среди остатков моллюсков, рыб, птиц и млекопитающих (собак, лошадей, свиней, коров, барсуков, медведей, косуль, лосей, пятнистых оленей, изюбрей и грызунов). Передняя половина челюсти с резцом была отбита, видимо во время раскопок, в угловой и сочленовный отростки отгрызаны каким-то мелким хищником по свежей кости (см. рис.)

Речные бобры еще 2—3 столетия назад были широко распространены в Евразии и Америке. Однако былое присутствие бобров на Дальнем Востоке ряд авторов отрицал¹. В. Н. Скалон² на основании просмотра больших архивных материалов сообщает, что бобр был широко распространен в Сибири и был довольно многочисленным промысловым зверем со времен палеолита до наших дней. И. М. Громов³ пишет: «Еще в раннеисторическое время распространение бобра было близким к сплошному и охватывало большую часть Европы и Северной Азии, за исключением Сахалина и, возможно, Камчатки».

Современный речной бобр еще обитает в Сибири в верховьях Енисея



Челюсть речного бобра, найденная в Южном Приморье.

С рисунка И. И. Куликова

в Туве, Северной и Западной Монголии и Северо-Западном Китае (Синьцзян). На территории Приморья остатки бобра пока не были найдены.

Среди местных охотников бытует мнение, что природные условия Приморья не пригодны для обитания бобра. Автор этой статьи считает, что нет объективных причин, препятствующих обитанию бобра на всем северо-востоке Сибири, на Камчатке и даже Сахалине, который на протяжении кайнозоя не раз соединялся с материком. В Приморье также имеются места, пригодные для обитания бобра, и не исключено, что он мог здесь еще недавно водиться.

То, что костные остатки бобров находят так редко (по сравнению с остатками других животных), в археологических памятниках палеолита и поздних эпох В. Н. Скалон объясняет значением бобра в культовых обрядах населения.

Некоторые народы употребляли мясо бобра в пищу, но кости не кололи, а тщательно собирали и бросали в воду или закапывали глубоко под деревом. Тотемический культ

бобра всегда был окружен ореолом таинственности, и до сих пор не удалось полностью узнать все обряды и их назначение, к тому же разглашение тайн культа жестоко каралось.

Изображения бобра встречаются на писаницах Сибири, по рекам Томи и Енисею. Образ бобра распространен в эпосе народов Европы, Азии и Америки и везде его остатки известны как амулет-оберега, спасающий от разных бед и нечистой силы. Наиболее ценными считались нижние челюсти и мощные резцы, встречающиеся на головных уборах и в виде ожерелий на шее захороненных в могильниках (иногда встречаются по несколько десятков челюстей в одном месте). По поверью, зубы бобра, повешенные на шею ребенку, помогали скорее прорезаться зубам, дым от сжигаемого порошка из бобровой струи и высушенного хвоста бобра спасали от наговоров, очищали от грехов, излечивали разные болезни. Культ бобра устойчиво держался у всех народов до тех пор, пока зверь не исчезал из этих мест.

Могли ли челюсти и резцы речного бобра попасть в бассейн Амура и Южное Приморье случайно? Может быть, части скелета бобра, имеющие символическое значение, были предметом обмена и торговли с обитателями соседних территорий Сибири и Китая? Против предположения о перевозке костей в другие страны свидетельствует отсутствие этнографических аналогов в других археологических памятниках, а также четкие следы зубов хищника на челюсти найденной у р. Арсеньевки. Дальнейшие работы в Приморье, возможно, дадут новые материалы и помогут ответить на этот вопрос.

¹ С. И. Огнев. Звери СССР и прилегающих стран. Грызуны, т. 5. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1947.

² В. Н. Скалон. Речные бобры Северной Азии. Изд-во МОИП, 1951.

³ И. М. Громов. Отряд — грызуны. В кн.: Млекопитающие фауны СССР, т. 1, 1963, стр. 244—638.

Палеонтология и охрана природы

Профессор Б. Б. Родендорф
В. В. Жерихин



Борис Борисович Родендорф, доктор биологических наук, заведующий отделом членистоногих животных Палеонтологического института АН СССР. Зоолог, палеонтолог. Работает над общими проблемами эволюции, а также филогении, морфологии, палеонтологии и экологии насекомых, по систематике и зоогеографии различных двукрылых. Организатор ряда палеонтологических экспедиций. Почетный член Всесоюзного энтомологического общества и ряда иностранных научных обществ.



Владимир Васильевич Жерихин, младший научный сотрудник Палеонтологического института АН СССР. Зоолог, палеонтолог. Работает в области систематики и филогении современных и ископаемых жесткокрылых, а также биогеографии и палеобипоценологии.

новые черты эволюции биоценозов той эпохи.

В ряду палеонтологических находок важное место занимают открытия недавно в СССР богатые местонахождения меловых насекомых, и в том числе включения, обнаруженные в так называемых «янтарях Таймыра»¹.

Общеизвестно, что янтарь — окаменевшая (фоссилизированная) смола древних растений — имеет не только экономическое, но и большое научное значение. Мелкие животные, особенно часто насекомые и паукообразные, а также хвощи, кусочки древесины и другие части растений, некогда прилипшие к смоле, без внешних изменений сохраняются в ней десятки миллионов лет. Включения (инклюдзы) в янтаре своей прекрасной сохранностью выгодно отличаются от отпечатков в осадочных породах и в морфологическом отношении часто могут быть изучены столь же подробно, как и современные организмы. Некоторое представление об этом дают приводимые фотографии.

Знаменитое месторождение янтара в Калининградской области — не единственное. Существует множество видов ископаемых смол, распространенных по всему миру², возникших из смолы различных видов деревьев и различающихся по геологическому возрасту, физическим свойствам и химическому составу. Лишь немногие из них достаточно прочны и пригодны для обработки, как балтийский ян-

¹ См. А. П. Расницын. Палеонтологические находки на Таймыре. «Природа», 1972, № 6.

² J. H. Langenheim. «Science», v. 143 1969 No 3477

Новые находки меловых животных растений, сделанные за последние 0—15 лет в СССР и за рубежом, позволяют уточнить прежние представления об изменениях органического мира в конце мезозоя и пересмотреть некоторые положения и гипотезы. Тщательное изучение новых материалов представляет существенный

интерес не только для палеонтологов, но и для специалистов, занимающихся проблемами эволюции среды и охраны природы.

Стало возможным перейти от рассмотрения истории отдельных групп организмов к рассмотрению истории позднемезозойской наземной биоты в целом и попытаться восстановить ос-

тарь¹. Другие виды смол, не имеющие ювелирной ценности, до недавнего времени почти не изучались, но сейчас именно они все больше привлекают внимание палеонтологов.

Дело в том, что по палеонтологическим меркам балтийский янтарь сравнительно молод. Он образовался приблизительно в середине палеогена, первого периода современной, кайнозойской эры развития жизни, около 45—50 млн лет назад. Многие же из не обращавших на себя внимание хрупких смол значительно старше и возникли в последнем периоде мезозойской эры — мелом, начавшемся около 135 и окончившемся около 65 млн лет назад. Находимые в них насекомые были современниками динозавров, аммонитов, белемнитов и других существ, в конце мела исчезнувших с лица Земли и уступивших место другим, более привычным нам формам.

Таймырский янтарь — страницы палеонтологической летописи

В СССР специальные работы по изучению меловых «янтарей» начались в 1970 г., когда Палеонтологическим институтом АН СССР (ПИН) впервые была организована экспедиция для их сбора в район бассейна Хатанги (Восточный Таймыр). Успех первой экспедиции, обнаружившей около 600 включений, обнадеживал, и работы в этом направлении были продолжены в бассейне Хатанги в 1971 г. и на западном Таймыре, в бассейне Агапы в 1973 г. За это время экспедициями ПИНа открыто восемь местонахождений различного возраста — приблизительно от 80 до 105 млн лет. Еще два местонахождения обнаружено в тех же районах сотрудниками Геологического института АН СССР. В общей сложности на Таймыре собрано сейчас около 4 тыс. включений. Судя по опубликованным данным зарубежных исследователей, это значительно превышает число находок, сде-

¹ Строго говоря, название «янтарь» лучше применять только к смолам типа балтийского янтаря (сукцинита), но, чтобы избежать введения узкоспециальной минералогической терминологии, мы здесь условно используем его и для других ископаемых смол.

ланных в других меловых смолах — в Канаде, США, Мексике, Ливане и Бирме (надо сказать, что возраст бирманского «янтаря» пока точно не установлен и лишь предположительно считается меловым). Не подлежит сомнению, что продолжающиеся работы в этом направлении позволят обнаружить новые фауны в других районах распространения меловых смол (Закавказье, Западная Сибирь, Красноярский край, Якутия). Следует подчеркнуть, что таймырские фауны относятся к тем отрезкам мелового периода, о насекомых которых данных очень мало — к альбскому, сенманскому и концу коньякского — началу сантонского. Первые предварительные сообщения о результатах работ 1970—1971 гг. уже опубликованы¹, и обработка собранных коллекций специалистами ПИНа и других учреждений продолжается. Систематическое разнообразие собранных организмов значительно, и многие из них представляют большой интерес для понимания истории тех или иных групп. Несколько насекомых из таймырского «янтаря», принадлежащих к различным группам, изображены на фотографиях в тексте (рис. 1—2) и на четвертой странице обложки. Но к вопросу о составе таймырских фаун мы еще вернемся.

Как бы ни были интересны эти находки сами по себе, они приобретают еще большее значение, если их рассматривать не изолированно, а в связи с другими меловыми фаунами. Мел — один из важнейших переломных периодов в развитии жизни. Именно в это время формировалась основа флоры и фауны современного типа. Поэтому понятен тот особый интерес, который мел вызывает у палеонтологов. Однако меловые насекомые еще совсем недавно оставались почти неизвестными. Достаточно сказать, что всего 30—40 лет назад во всем мире их было найдено не больше одной-двух сотен и ни о каком серьезном изучении их состава, а тем более изменения во времени, не мог-

ло быть и речи. С тех пор в этой области достигнут значительный прогресс, особенно в СССР. Сейчас общее число остатков меловых насекомых в коллекциях ПИНа, считая и инклюзы в «янтарях», и отпечатки, превышает 16 тыс., причем в основном они собраны за последние 10—12 лет. Эти самые богатые в мире коллекции дают реальную возможность изучения энтомофауны мела.

Чего же следует ожидать от этих исследований? Их результаты могут получить применение во всех традиционных областях использования палеонтологических данных — таких как зоологическая систематика и филогения, определение возраста отложений (стратиграфия), палеогеография, палеоклиматология. Уже сейчас находки палеонтологов заинтересовали многих специалистов по систематике современных насекомых и активно изучаются, например энтомологами Зоологического института АН СССР. По-видимому, недалеко то время, когда меловые насекомые найдут широкое применение и в геологической практике при определении возраста отложений. В некоторых районах, где меловые насекомые особенно обильны, например в Забайкалье, это делается уже сейчас. Особо следует подчеркнуть, что инклюзы в «янтарях» нередко встречаются в толщах, обычно считающихся «немыми», т. е. лишенными органических остатков, и потому датируемых пока условно, по косвенным признакам. Наконец, будучи чрезвычайно чувствительными к условиям среды, насекомые в ряде случаев представляют собой прекрасный индикатор климата и палеогеографической обстановки, что тоже немало важно для геологии. Но, кроме перечисленного, успехи палеонтологии мела позволяют по-новому подойти и к проблеме, казалось бы очень далекой от этой науки — к проблеме охраны среды.

Охрана среды: старые и новые подходы

В проблеме охраны среды можно условно выделить следующие аспекты: 1. Экономический — угроза истощения важных природных ресурсов. 2. Санитарно-гигиенический — уг-

¹ В. В. Жерихин, И. Д. Сукачев. О меловых насекомоядных «янтарях» (ретинитах) Севера Сибири. Доклады на XXIV ежегодном чтении памяти Н. А. Холодковского. Л., 1973, стр. 1—48.

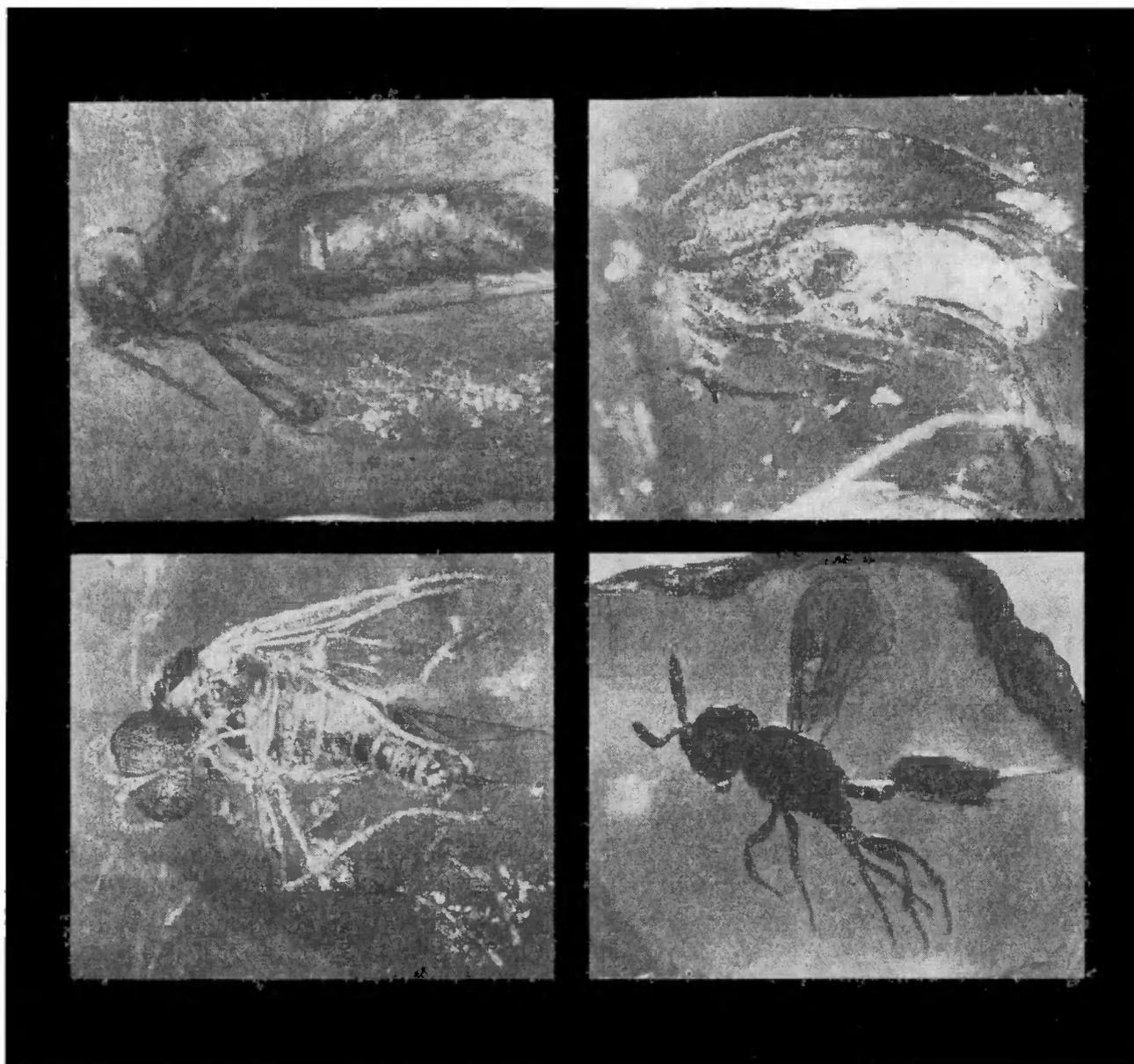


Рис. 1. Пасекомые из поздне меловых «янтарей» Таймыра. Вверху, слева — наиболее древняя из известных бабочек; относится к реликтовому примитивному семейству *Mnesarchaeidae*, ныне сохранившемуся только на Новой Зеландии, но ранее, как показывает эта находка, распространенному значительно шире. Вверху, справа — жук из семейства шипоносок (*Mordellidae*). Это семейство сформировалось, видимо, еще до мела, пережило меловую смену биоты и существует доныне, хотя его состав значительно изменился. Изображенный здесь жук близок к современному роду *Stenidia* Cast., сохранившемуся как реликт в фауне Юж-

ной Африки. Другие же современные шипоноски довольно сильно отличаются от своего мелового родственника. Внизу: насекомые, относящиеся к полностью вымершим группам; слева — комарик из особого, еще не описанного семейства, найденного пока только в Янтардахе; справа — наездник *Serphites paradoxus* Brues (*Serphitidae*). Оба эти семейства, по-видимому, вымерли уже к началу палеогена. Интересно, что при этом *Serphites paradoxus* был весьма долговечным видом, просуществовавшим не менее 8 млн лет, поскольку он найден и в Янтардахе, и в более молодом канадском «янтере». Фото А. П. Расницына.

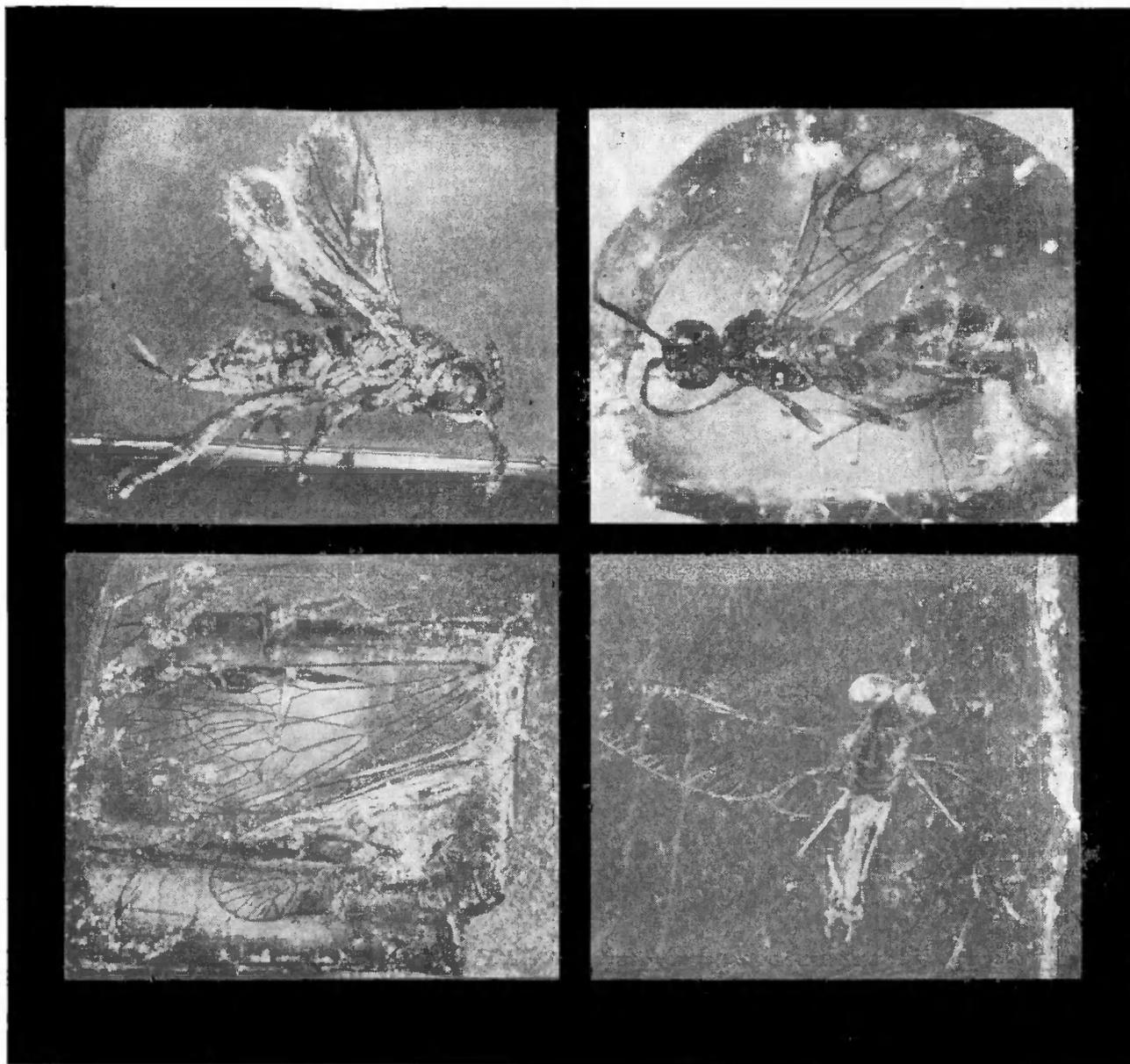


Рис. 2. Насекомые из коллекции таймырского «янтара» — свидетели и свидетельство грандиозных биоценологических перестроек, происходивших в конце мезозоя. Вверху, слева — наездник из надсемейства *Proctotrupoidea* (семейство *Scelionidae*); вверху, справа — представитель другой группы наездников — семейства *Bracopidae*; внизу, слева — крылья цикадки из семейства *Cixiidae*; внизу, справа — поденка *Cretoneta zherichini* O. Tshern. из семейства *Leptophlebiidae*. Эволюционная судьба этих насекомых различна: если *Cixiidae* возникли задолго до меловой смены биоты и благопо-

лучно пережили ее, сохранившись и в современной фауне, то подсемейство *Mesonetinae*, к которому принадлежит *Cretoneta*, в конце мела вымерло, уступив место другим ветвям *Leptophlebiidae*; *Scelionidae* и *Bracopidae*, богато представленные ныне, по-видимому, возникли только в мелу и являются более молодыми группами. Что касается *Serphitidae*, то эта группа сформировалась также в конце мезозоя, в мелу была довольно обильна, но просуществовала недолго и полностью исчезла к концу мела.

Фото А. П. Расницына.

роза здоровью людей вследствие загрязнения среды. 3. Экологический — угроза биогеоценологическому равновесию. 4. Эстетический.

Опасность экономической и санитарной угрозы очевидна, эстетическая сторона вопроса также не вызывает особых сомнений, но с пониманием серьезности экологической угрозы дело обстоит иначе. Она менее наглядна и не всегда осознается в должной мере. Разного рода экологические прогнозы, как правило, не слишком убедительны, независимо от того, являются ли они тревожными или успокоительными. Отчасти это связано с обращением к экологической проблематике недостаточно компетентных, а иногда и недостаточно добросовестных людей. Но известная декларативность присуща и серьезным научным попыткам предсказать экологический эффект хозяйственной деятельности человека. Причины такой декларативности вполне объективны.

Основой для экологических прогнозов служит изучение сдвигов, вызванных человеком в современных биоценозах. Эти сдвиги сводятся к следующему: возврат биоценозов к ранним этапам их индивидуального развития, называемого сукцессией (например, смена вырубленного ельника березняком, который в дальнейшем снова должен смениться ельником, если только нарушения не будут повторяться); предотвращение завершения сукцессии и наступления стабильной ее стадии, т. е. климакса (вырубка дуба в средней полосе Европейской части России привело к тому, что дубрава — климаксовая ассоциация этого района — почти исчезла); уничтожение некоторых компонентов ценоза, в особенности крупных позвоночных; полное уничтожение некоторых биоценозов, в основном занимающих небольшие площади (например, островные леса), и их замена более широко распространенными типами сообществ. Эти сдвиги пока относительно невелики, но размах деятельности человека неуклонно растет, и она захватывает все большие площади и все более разнообразные компоненты биоценозов, в том числе их основу — растительность и беспозвоночных. По-

прогресс будет продолжаться и впредь, задача состоит прежде всего в прогнозе результатов дальнейшего вмешательства человека в природу.

Но эколог имеет дело только с ближайшими последствиями недавно начавшихся процессов, и нет никакой уверенности, что результаты экологических исследований могут быть просто экстраполированы на более отдаленное будущее. В связи с этим очень важным представляется изучение критических состояний, пережитых биосферой в прошлом, позволяющее восстановить ход аналогичных процессов в течение длительного времени. Такой подход к проблеме предлагается впервые, поэтому его следует подробнее обосновать.

Неравномерность органической эволюции

Чередование в истории органического мира длительных периодов относительно медленной эволюции с кратковременными эпохами быстрых изменений признается большинством биологов. Однако некоторые теоретики-эволюционисты скептически относятся к возможности изменений в скорости эволюции, заметных в геологическом масштабе времени и охватывающих целые биоценологические комплексы. Дело в том, что господствующие микроэволюционные теории не включают факторов, способных вызвать подобные изменения, хотя неравномерность эволюции в геологическом масштабе времени не противоречит этим теориям. Эта неравномерность означает только, что на равномерный, в таком масштабе, ход микроэволюции накладываются определенные возмущения.

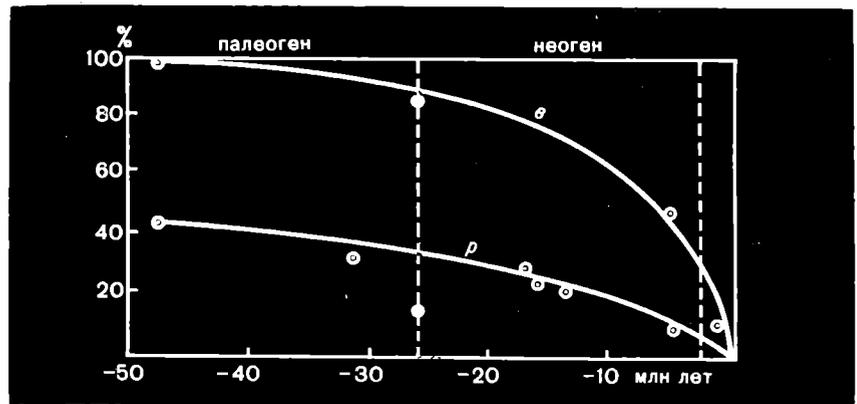
Несомненно, такие возмущения имеют место. Потенциальная скорость эволюции зачастую значительно превышает ее наблюдаемую скорость, что хорошо иллюстрируется на примере многих групп растений и животных¹. Так, потенциальная скорость

эволюции насекомых очень велика. Это следует как из общих соображений (быстрая смена поколений, высокая плодовитость), так и из наблюдений (например, быстрое «привыкание» к ядохимикатам). Но палеонтологические данные определенно говорят о том, что в последние 50—60 млн лет в эволюции насекомых наблюдается период «затишья». Некоторые дожившие доныне виды встречались уже в балтийском янтаре (напомним, что его возраст составляет около 45—50 млн лет). Их очень немного, менее 1% от общего числа известных из янтара видов. По мере приближения к современности их число постепенно и плавно растет (рис. 3). Еще большее постоянство отмечается на более высоких таксономических уровнях. Около 50% родов и 99% семейств насекомых, представленных в балтийском янтаре, существует и сейчас. Близки к современным и другие беспозвоночные из балтийского янтара — многоножки, клещи, пауки, равноногие раки, наземные моллюски. Многочисленные данные по другим местонахождениям показывают, что в кайнозое медленно, постепенно и достаточно равномерно эволюировало большинство групп животных. Ничуть не быстрее изменялись растения. Отличаются от других организмов только быстро эволюировавшие млекопитающие, у которых потенциальные темпы эволюции, по-видимому, близки к действительно наблюдавшимся в это время.

Отсюда следует, что медленная эволюция большинства животных и растений определялась не низким темпом мутирования или иными генетическими причинами, а действием неких тормозящих механизмов. Явление неполной реализации генетических потенций, по-видимому, имеет универсальный характер. При ослаблении действия тормозящих факторов должно наблюдаться ускорение эволюции. Таким образом, для объяснения этого ускорения не требуется гипотетических влияний на частоту мутирования таких факторов, как повышение уровня космической радиации и т. п. Попытаемся установить, какие обстоятельства сопровождали ускорение эволюции и какие именно механизмы регулируют ее скорость.

¹ А. П. Расницын. О несводимости макроэволюционных процессов к микроэволюции. В кн.: Философские проблемы эволюционной теории (материалы к симпозиуму). М., «Наука», 1971.

Рис. 3. Изменение процентного содержания вымерших видов (в) и родов (р) в кайнозойских фаунах насекомых. По оси абсцисс указано время в млн лет от современности, принятой за начало отсчета, по оси ординат — процент вымерших видов и родов в фауне. Отклоняющаяся от кривых точка, выделенная белым, в обоих случаях соответствует фауне янтаря Южной Мексики, происходящей из иной климатической зоны (остальные фауны обнаружены в Европе и Северной Америке).



Меловой период — биологическая революция

В качестве конкретного примера рассмотрим кардинальные изменения в биосфере в середине мелового периода, около 95—105 млн лет назад.

Сначала о растительном мире. В отложениях этого времени в большом количестве появляются остатки цветковых (покрытосеменных) растений. Ботаники единодушно считают, что эта группа возникла значительно раньше, но долгое время не играла существенной роли. Отдельные находки пыльцы покрытосеменных отмечаются уже в юре. Чаше она встречается в нижнем мелу, откуда известны и первые остатки листьев этих растений. К концу нижнего мела их становится значительно больше. Основной перелом совершается приблизительно за 20 млн лет в конце раннего — начале позднего мела (аптский — сеноманский века). В верхнем сеномане покрытосеменные обильны уже почти повсеместно — их экспансия приобретает глобальный характер. Одновременно вымирает большинство ранее многочисленных растений (кейтониевые, чекановскиевые, беннеттитовые, большая часть саговников). Количественные оценки состава ископаемых растений мало надежны, но можно упомянуть, что уже в некоторых флорах самого конца нижнего мела (около 100—102 млн лет назад) содержание покрытосеменных достигает 85%.

Теперь об эволюции фауны. Обычно считается, что основные изменения в животном мире произошли на рубеже мела и палеогена, т. е. значи-

тельно позже, чем среди растений (около 65 млн лет назад). В это время довольно быстро сокращаются в объеме и вымирают многие группы морских животных и крупные наземные позвоночные (динозавры). Их исчезновение служит основой для проведения одной из важнейших геохронологических границ — границы между мезозойской и кайнозойской эрами. До недавнего времени, пока данных о наземной фауне мела было мало, в несинхронности зоологических и ботанических перемен никто не сомневался. Но материалы, накопленные в последние годы, заставляют пересмотреть эти взгляды.

Определяющую роль в органическом мире играют не наиболее крупные, а наиболее многочисленные организмы, имеющие наибольшую биомассу. Среди наземных животных ими были в мелу (и остаются сейчас) беспозвоночные, прежде всего насекомые. Их огромная роль в природе хорошо известна¹. Палеонтологические находки последних лет, как уже говорилось, позволяют установить многие черты меловой фауны насекомых, ранее почти не известной. Здесь мы в основном ограничимся рассмотрением фаун Казахстана, Сибири и Канады, поскольку другие находки, хотя и многочисленные (рис. 4), пока недостаточно изучены.

Наиболее древние из меловых насекомых найдены в бассейне Витима (Бурятская АССР). Здесь выявлен ряд

местонахождений, среди которых наиболее богатое — Байса в верховьях Витима. Возраст забайкальских фаун оценивается приблизительно в 120—130 млн лет. Они содержат ряд представителей характерных мезозойских групп, но появляются и такие насекомые, которые неизвестны в более древних отложениях. Некоторые из них, по-видимому, связаны с покрытосеменными. Остатки этих растений также встречаются, но чрезвычайно редко. Всего в фауне Байсы 36% вымерших семейств насекомых (против 41% в верхнеюрской фауне Каратау в Казахстане), остальные семейства существуют и сейчас.

Более молодые фауны насекомых, относящиеся к периоду самой активной экспансии покрытосеменных (95—110 млн лет назад), известны в Забайкалье, из «янтарей» Восточного Таймыра (западнотаймырские «янтари» впервые собраны в 1973 г. и еще не изучены подробно) и с Лабрадора (Канада). Число вымерших семейств здесь уменьшается до 33%. К первой половине верхнего мела (около 90 млн лет назад) относится богатая фауна Кзыл-Жара (Южный Казахстан). В ней вымершие семейства составляют всего 18% от общего числа семейств. Еще моложе (около 80 млн лет назад) фауна «янтарей» из местонахождения Янтардах (Таймыр). Вымерших семейств в ней около 10%. Сходная картина наблюдается и в еще более молодой фауне «янтарей» Канады (около 72 млн лет назад). В палеогене же, как уже говорилось, вымерших семейств насекомых почти нет. Изменение доли вымерших се-

¹ Г. Я. Бей-Биенко. Мир насекомых и охрана природы. «Природа», 1972, № 11.

мейств в перечисленных фаунах показано на рис. 5. Важно подчеркнуть, что датировка всех этих местонахождений произведена не по насекомым, а независимо от них по другим группам организмов, и что число семейств, изо всех этих местонахождений, позволяет считать полученные цифры достаточно надежными. Кривая на рис. 5 показывает, что скорость вымирания семейств насекомых и обновления фауны во второй половине мела сильно возросла. Совпадение начала этого процесса с коренной перестройкой растительности не может быть случайным, так как насекомые связаны с растениями чрезвычайно тесно (опыление, питание, создаваемый растениями микроклимат). Эти перемены среди растений и беспозвоночных не могли не сказаться и на наземных позвоночных. Известно, что состав наиболее изученной группы этих животных — динозавров — сильно изменился в середине мела, хотя их полное вымирание произошло позднее. Значительные изменения произошли и в других группах рептилий — у ящериц, черепах, крокодилов; змеи впервые появились в позднем мелу. К концу нижнего мела относятся первые находки плацентарных млекопитающих¹ (в том числе представителей современного отряда насекомоядных). Возможно, что в мелу уже были богато представлены птицы. Вероятно, изменение состава позвоночных было вызвано переменами не только в растительности, но и в составе насекомых, от которых эволюция позвоночных во многом зависела². Таким образом, позднемеловая наземная биота была, по-видимому, значительно ближе к современной, чем обычно считается.

Тем не менее при сравнении позднемеловых фаун с кайнозойскими обнаруживаются и серьезные различия. Они в значительной степени сводятся к отсутствию или редкой встречаемости многих групп, богато представленных уже в палеогене. Так, из

насекомых в мелу немногочисленные жалоносные перепончатокрылые (особенно бросается в глаза малочисленность муравьев), бабочки, вышшие (мускоидные) мухи, термиты. Все они представлены только очень примитивными формами. Уже в балтийском янтаре разнообразие всех перечисленных групп значительно выше и встречаются они чаще (рис. 6, 7). Это означает, что, хотя к середине позднего мела большинство характерных для мезозоя семейств уже вымерло, многие типичные для кайнозоя семейства еще не образовались или только начали развиваться. Возникновение и развитие новых групп следовало за вымиранием старых с некоторым запаздыванием. Поэтому систематическое разнообразие насекомых вначале уменьшилось, а затем вновь возросло. Быстрое формирование новых групп впоследствии замедлилось и даже почти прекратилось, о чем говорит близкое сходство палеогеновых фаун с современными. Сходная картина наблюдается и во многих других группах. Все это говорит о том, что в позднем мелу эволюция животных и растений была «заторможена» в меньшей степени, чем ранее и впоследствии.

Биоценозы и эволюция

По-видимому, одним из главных факторов, тормозящих эволюцию, является регулирующее воздействие со стороны биоценозов. В насыщенном, хорошо сбалансированном биоценозе эволюция встречает множество препятствий. Экологические ниши в нем плотно заполнены. Шансы проникнуть в них извне имеют только более конкурентноспособные виды, чем те, которые их уже занимают. Число конкурентноспособных видов, естественно, весьма ограничено. Чем дольше существуют сходные стабильные биоценозы, тем более совершенствуются в конкурентной борьбе приспособления всех входящих в них видов и тем менее вероятным становится их вытеснение другими. Это и есть медленная, постепенная и почти равномерная эволюция обычного типа, наблюдающаяся на протяжении большей части геологического времени.

Наибольшую возможность изме-

нения имеют крупные позвоночные. Каждый их вид обычно существует не в одном, а в нескольких различных биоценозах, и оказывает сравнительно слабое воздействие на других членов сообщества. Поэтому зачастую изменения крупных позвоночных влияют только на других крупных же позвоночных (например, в системе хищник — жертва) и не ведут к преобразованию других организмов. Эволюция крупных животных постоянно «разрешена» потому, что она относительно независима от сообщества. Следует подчеркнуть, что эта независимость оказывается односторонней: эволюционные преобразования растений и беспозвоночных неизменно сказываются на позвоночных.

Вытеснение покрытосеменными прежней растительности означало коренное изменение структуры и свойств биоценозов. Внедрение покрытосеменных вначале происходило медленно, изменения накапливались постепенно, но затем приобрели огромный размах и резко ускорились. Смена растительности неизбежно повлекла за собой кризис всего биоценоза. Значительное большинство ранее существовавших групп животных, прямо или косвенно связанных с вытесняемой покрытосеменными растительностью, быстро сократилось в объеме или исчезло. Действие покрытосеменных, вероятно, не ограничилось прямым вытеснением значительной части прежних растений и сопряженным вымиранием многих групп животных. Обладая отличным от доминировавших ранее групп метаболизмом, покрытосеменные должны были изменить химический состав среды своего обитания и сделать ее непригодной для жизни многих организмов, с которыми они прямо не конкурировали. Изменениям мог подвергнуться состав атмосферы (прежде всего, содержание углекислоты и кислорода), почв и водоемов. Смена растительности могла оказать действие на атмосферную циркуляцию, сток рек, распределение почвенных вод, а через содержание углекислоты в атмосфере — даже на температурный баланс планеты! Покрытосеменные создали основу новых сообществ, первоначально ненасыщенных и потому нестабильных. Обилие не-

¹ Н. Н. Каландадзе, В. Ю. Решетов. Находки древнейших млекопитающих в Гоби. «Природа», 1971, № 4.

² Б. Б. Родендорф. Значение насекомых в историческом развитии наземных позвоночных. «Палеонтологический журнал», 1970, № 1.

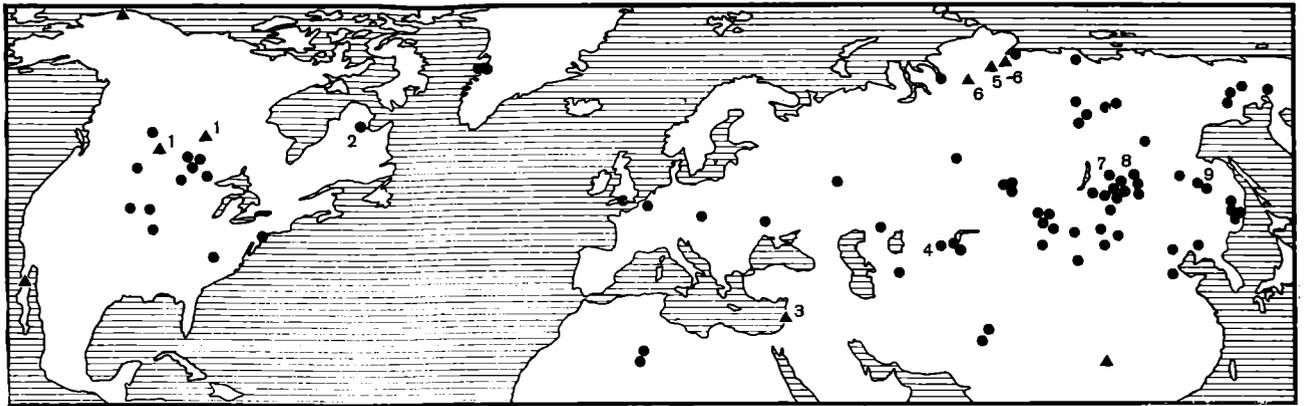


Рис. 4. Местонахождения меловых насекомых; находки включений в «янтари» обозначены треугольниками, остальные находки — кружками. Упомянутые в тексте наиболее важные местонахождения: 1 — канадский «янтари», 2 — Лабрадор, 3 — ливанский «янтари», 4 — Кзыл-Жар, 5 — Янтардах, 6 — более древние «янтары» Таймыра, 7 — Байса, 8 — местонахождения насекомых конца раннего мела в Забайкалье, 9 — местонахождения насекомых конца позднего мела в Примурье. Кроме показанных на схеме, отдельные, пока очень неполно изученные местонахождения, известны в Восточной Австралии и в Чили. В ряде случаев одна точка соответствует не местонахождению, а группе местонахождений: так, в Забайкалье их известно около 40, на Восточном Таймыре — 10.

заполненных ниш и незначительная интенсивность конкуренции автоматически вызвали компенсаторные эволюционные преобразования и формирование новых групп из уцелевших осколков прежней фауны. Скорость этого процесса, вначале небольшая, увеличилась с ускорением вымирания древней фауны, а затем, по мере насыщения биоценозов, вновь уменьшилась. Сложившиеся в результате новые стабильные сообщества сохранили свои основные черты до сих пор, хотя медленные изменения, связанные с более совершенной «подгонкой», друг к другу их сочленов, происходили и впоследствии.

До сих пор речь шла о изменениях населения суши. Основная перестройка морской биоты, как уже говорилось, произошла позднее, около 60—70 млн лет назад. Среди много-

численных объяснений причин этой смены нам кажется особенно интересной гипотеза американского ученого М. Н. Брамлетта¹, отчасти созвучная изложенной выше. По его мнению, решающую роль здесь сыграло массовое вымирание фитопланктона, повлекшее за собой исчезновение многих других групп организмов. Правда, Брамлетт предположительно объясняет вымирание планктона абиотическим фактором — уменьшением сноса в океан обломочного материала в связи со сглаживанием поверхности суши. Но на морской биоте могли сказаться и последствия изменения экологической обстановки на суше. Некоторые специалисты уже указывали на возможную роль изменений газового состава атмосферы.

Итак, мы имеем дело с реальным примером биоценологического кризиса и его разрешения. Меловая смена биоты не уникальна в истории биосферы. Вероятно, появление новых прогрессивных групп организмов (в первую очередь среди растений-продуцентов) много раз приводило к относительно быстрому формированию новых типов биоценозов. Эти новые биоценозы не всегда приходили на смену каким-то ранее существовавшим: в те времена, когда Земля была заселена еще не полностью, новые группировки могли возникать на пустых, ранее не заселенных местах. Примером тому служит выход жизни на сушу. Кажущееся внезап-

ное появление обильной и разнообразной наземной флоры во второй половине раннего девона (375—385 млн лет назад), скорее всего, было результатом именно формирования новых сообществ вокруг немногих пионеров освоения суши — первоначально только вблизи водоемов. С этим процессом, видимо, коррелировало и появление наземной фауны, но пока наземные животные девона еще слишком мало изучены. Вероятно, к концу палеозоя оказались заселены и водоразделы, на которых сформировались совершенно новые типы сообществ. В их составе уже преобладали те группы, которые впоследствии приобрели доминирующую роль в наземных биоценозах мезозоя. Об этом говорят находки в пермских вулканогенных отложениях Сибири остатков богатой флоры вполне мезозойского облика, существовавшей на водораздельных участках¹. Невозможно сомневаться в том, что одновременно формировались и связанные с этой растительностью новые группы животных. Впоследствии, до наступления нового кризиса в мелу, в этих биоценозах происходили лишь относительно второстепенные и достаточно плавные изменения.

Все эти события в истории наземной биоты и ряд перестроек морских сообществ заслуживают самого пристального внимания. Однако для нас меловая смена биоты, пожалуй, особенно интересна: она наиболее

¹ M. N. Bramlette. Massive extinctions in biota at the end of Mesozoic time. «Science», v. 148, № 3678.

¹ См. С. В. Мейен. Из истории растительных династий. М., 1971.

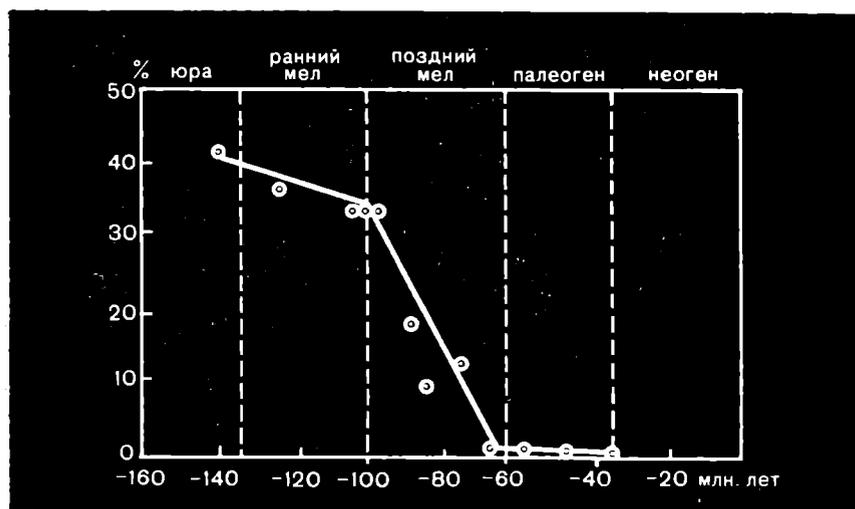


Рис. 5. Изменение роли вымерших семейств в позднемезозойских и кайнозойских фаунах насекомых. По оси абсцисс — время в млн лет от современности, по оси ординат — процент вымерших семейств в фауне.

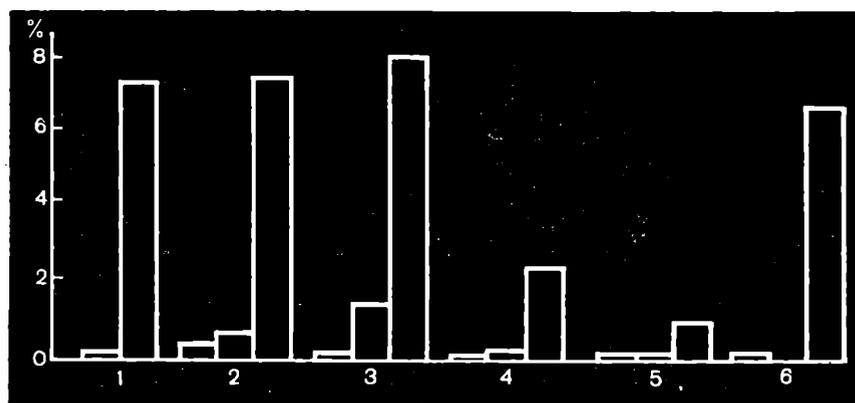


Рис. 6. Увеличение числа представителей некоторых групп насекомых на протяжении раннего мела и палеогена. Столбцы указывают процент представителей данной группы от общего числа собранных экземпляров насекомых. Левый столбец каждой группы — фауна Янтардата, средний — фауна канадского «янтаря», правый — фауна балтийского янтаря. 1—4 — различные семейства двукрылых (*Sciaridae*, *Fungivoridae*, *Dolichopodidae*, *Phoridae*), 5 — бабочки, 6 — муравьи.

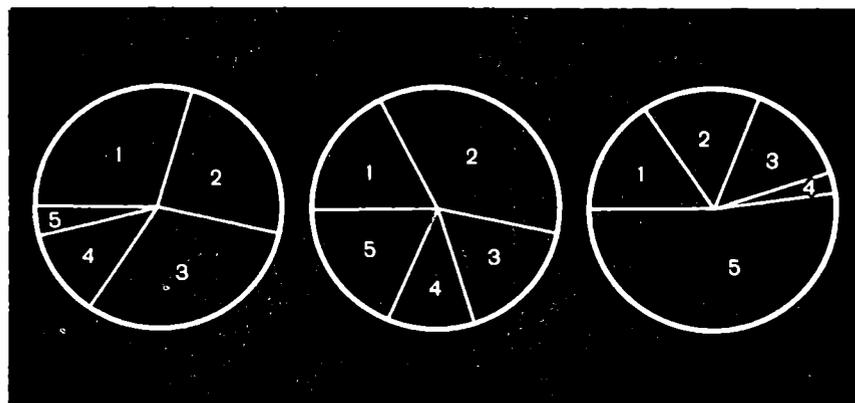


Рис. 7. Изменение процентного соотношения числа семейств, относящихся к разным инфраотрядам двукрылых, в позднем мелу и палеогене. Слева — фауна Янтардата, по середине — фауна канадского «янтаря», справа — фауна балтийского янтаря. Цифрами обозначены различные инфраотряды двукрылых: 1 — *Tipulomorpha*, 2 — *Bibionomorpha*, 3 — *Asilomorpha*, 4 — *Phagomorpha*, 5 — *Mutatorpha*. Хорошо видно увеличение числа семейств высших мух (*Mutatorpha*) по мере приближения к современности.

близка к нам по времени и потому наиболее удобна для изучения. Экологическую обстановку мела можно восстановить относительно полно. В результате смены сложились биоценозы современного типа, доступные для прямого наблюдения. Скорость, с которой происходили изме-

нения, позволяет изучить их с достаточной точностью на основе тех методов, которыми наука располагает сегодня. Это видно из следующего примера.

Можно принять, что общее число семейств насекомых до начала мелового вымирания было того же поряд-

ка, что и сейчас, т. е. около 1—2 тыс. Судя по имеющимся данным, в позднем мелу за 35 млн лет вымерло около трети ранее существовавших семейств. Если даже вымирание было равномерным и не захватывало вновь возникающих семейств, то за каждый из семи веков позднего мела сменя-

лось около 5% семейств. Такие изменения вполне можно проследить на палеонтологическом материале.

Биоценотические кризисы в прошлом и охрана среды сегодня

Уже те сведения о меловом биоценотическом кризисе, которыми мы располагаем сейчас, дают возможность сделать ряд выводов, непосредственно связанных с вопросами охраны среды. В сущности, эффект, произведенный в сообществах внедрением покрытосеменных, был тем самым эффектом, которого стремятся избежать человечество. Его размах красноречиво свидетельствует о размерах экологической опасности. Достаточно сказать, что для выходов биоценозов из состояния кризиса потребовалось более 30 млн лет — геологически длительный отрезок времени.

Другой важнейший вывод касается самого характера кризиса. Во-первых, распад сообществ происходит, по-видимому, скачкообразно. Во-вторых, он вызывает компенсаторные эволюционные явления и возникновение новых групп организмов. До сих пор, в связи с недооценкой регуляторной роли биоценозов в эволюции, на угрозу ответной одновременной эволюции множества растений и животных не обращалось достаточного внимания. В действительности, по-видимому, эта угроза — лавинообразное формирование новых видов организмов с непредсказуемыми заранее свойствами — едва ли не самая серьезная. Насколько радикально новыми могут быть эти свойства, видно хотя бы из того факта, что в ходе мелового кризиса сформировались все «общественные» насекомые — термиты, муравьи, осы и пчелы, тогда как до этого насекомых с «социальным» образом жизни, по-видимому, не существовало. При достаточно глубокой деструкции сообществ скорость компенсаторной эволюции будет регулироваться только генетическими потенциями самих организмов и может в ряде случаев оказаться очень высокой. Известно, что в условиях жесткого отбора для формирования нового

вида может быть достаточно 5—6 поколений¹. А это означает, что множество растений, беспозвоночных и мелких позвоночных, у которых поколение занимает всего 1—2 года, могут при снятии биоценотической регуляции образовать новые виды в течение 10 лет и даже менее. Хотя компенсаторная эволюция захватывает геологически длительное время, но ее скорость достаточно велика даже с точки зрения человека.

Наконец, еще один важный вывод — особенно большая опасность уничтожения и интродукции растений, беспозвоночных и мелких позвоночных. Эти компоненты сообщества требуют особой осторожности и внимания. Они должны сохраниться в относительно малоизмененном виде на всей поверхности Земли, а не только в пределах сети заповедников (сколь угодно густой). Несоблюдение этого требования чревато приведением в действие «спускового механизма» их сопряженной компенсаторной эволюции. Вероятно, наиболее опасно воздействие на ранние стадии сукцессии сообщества, потому что оно приводит к изменению наибольшего числа последующих звеньев.

Указанные выводы, имеющие довольно общий характер, — лишь первые результаты применения предлагаемого подхода. Нет сомнений в том, что получение новых данных позволит существенно детализировать представления о биоценотических кризисах. Например, пока не известно, возникли ли покрытосеменные путем обычной медленной эволюции в недрах мезозойских сообществ и затем взорвали их изнутри или же и сами сформировались в результате каких-то местных биоценотических нарушений, которые таким образом повлекли за собой кризис глобального масштаба. С точки зрения прогноза последствий локальных биоценотических сдвигов этот вопрос чрезвычайно важен. Не менее важно установить точно ту пороговую величину вмешатель-

ства, которая ведет к скачкообразному распаду сообществ, т. е. предел устойчивости биоценоза. Огромное значение имеют: проблема связи между изменениями наземной и морской биоты; изучение биогеохимических изменений в ходе кризиса, позволяющее прогнозировать результаты химического загрязнения среды; детальное раскрытие хода процессов компенсаторной эволюции и восстановления равновесия сообществ. Изучение всех этих вопросов — дело будущего, но оно настоятельнейшим образом диктуется потребностями сегодняшнего дня. При продолжении неконтролируемого воздействия человека на среду наступление биоценотического кризиса, подобного меловому или даже более глубокого, представляется неизбежным. Для рационального регулирования этого воздействия необходим научный прогноз его результатов.

Изучение биоценотических кризисов прошлого, и прежде всего меловой смены биоты, открывает реальные перспективы такого прогнозирования и на его основе — предотвращения нового кризиса. Основное условие успеха таких работ состоит в их комплексности и интенсификации, в привлечении к ним большого числа специалистов различного профиля, в специальных поисках новых и подробном изучении уже известных местонахождений меловой флоры и фауны и, наконец, в широких палеогеографических и палеобиологических исследованиях обширных территорий. Специальная организация таких работ уже сегодня насущно необходима.

УДК 56; 502.7

¹ Г. Х. Шапошников. Морфологическая дивергенция и конвергенция в эксперименте с тлями (Homoptera, Aphidinea). «Энтомологическое обозрение», т. 44, 1965, вып. 1.



Открытие хроматографии и Академия наук

Е. М. Сенченкова

Кандидат биологических наук

На страницах журнала «Природа» уже поднимался вопрос о необходимости более полного и точного освещения научного творчества замечательного отечественного ученого, создателя метода хроматографического анализа Михаила Семеновича Цвета¹. Нам удалось найти некоторые ранее неизвестные материалы о жизни и деятельности этого исследователя. В данной статье мы хотим рассказать лишь о тех из них, которые дают возможность по-новому взглянуть на историю открытия хроматографии, получившей ныне столь широкое применение и развитие.

Уже с 30-х годов стало общепризнанным, что творцом метода хроматографического анализа является М. С. Цвет. Однако о дате открытия хроматографии были разные мнения. Зарубежные авторы называли 1906 г., когда в журнале Немецкого ботанического общества появились две статьи Цвета о хроматографическом методе. В отечественной же литературе утвердилась другая дата — 8(21) марта 1903 г. — день выступления его в Варшавском обществе естествоиспытателей с докладом «О новой категории адсорбционных явлений и о применении их к биохимическому анализу». После издания в

1954 г. названного доклада в немецком и английском переводах датой открытия хроматографии и за рубежом все чаще стали называть 1903 г.

Знакомство же с материалами, связанными с исследованиями Цвета в этой области, позволило нам установить иную дату открытия хроматографического адсорбционного метода, а также выяснить не освещавшуюся ранее роль Академии наук при разработке этого метода и отношении к нему в то время ряда русских ученых. При этом особо следует остановиться на характеристике личности академика А. С. Фаминцына и его отношении к первооткрывателю хроматографии.

Академик А. С. Фаминцын — «плоский эволюционист» или выдающийся ботаник?

1896 г. был особым в жизни М. С. Цвета. В этом году молодой исследователь закончил свой первый обстоятельный труд о физиологии растительной клетки, стал доктором естествознания Женевского университета и впервые приехал в Россию¹. Целью его приезда в Петербург была Лаборатория анатомии и физиологии растений Академии наук, где по приглашению академика Андрея Сергеевича Фаминцына и профессора Ивана Парфеньевича Бородин он намеревался продолжить свои исследования, начатые в Женеве.



Евгения Михайловна Сенченкова, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР, работает в области истории физиологии и биохимии растений. Монографии: К. А. Тимирязев и учение о фотосинтезе. М., 1961; Михаил Семенович Цвет. М., 1973.

¹ Б. А. Старостин. Неточности в описании жизни М. С. Цвета. «Природа», 1973, № 10.

М. С. Цвет (на переднем плане, сидит) в химической лаборатории Петербургского университета. Зима 1898/99 гг. Публикуется впервые.

¹ Подробно о жизни ученого см.: Е. М. Сенченкова. Михаил Семенович Цвет. 1872—1919. М., «Наука», 1973.



Андрей Сергеевич Фаминцын (1835—1918), профессор ботаники Петербургского университета, действительный член Петербургской академии наук (с 1889 г.). Изучал фотосинтез и ростовые процессы, превращение веществ и симбиоз, систематику и светокультуру растений, процессы зеленения и брожения, дифференциацию тканей и развитие жгутиков, фототаксис хлоропластов и другие вопросы. Создатель петербургской школы ботаников-физиологов.

Основанная в 1890 г. по инициативе Фаминцына академическая лаборатория располагалась недалеко от Академии наук в одной из квартир дома № 23 по 6-й линии Васильевского острова и состояла из четырех небольших комнат: кабинета директора, библиотеки, биохимической лаборатории и темного помещения для опытов в отсутствие света. Официально она предназначалась для работы лишь самого академика и его лаборанта. Однако при создании лаборатории Фаминцын стремился к тому, чтобы в ней могли вести исследования многие начинающие ботаники, и не только Петербурга, но и других городов. Вот почему она стала одним из центров создания кружка так называемых «маленьких ботаников».

Название кружка как бы подчеркивало отличие его — по составу участников — от тех «больших ботаников», каковыми являлись члены ботанического отделения Петербургского общества естествоиспытателей, уже получившие известность в научном мире. Из них, однако, А. С. Фаминцын, М. С. Воронин и И. П. Бороздин неизменно присутствовали на всех заседаниях «маленьких ботаников». Активными участниками кружка были А. Г. Генкель, Д. И. Ивановский, В. Л. Исаченко, А. Н. Краснов, Н. И. Кузнецов, Д. И. Нелюбов, В. В. Половцов, Р. Э. Регель, А. А. Рихтер, Г. И. Танфильев, В. А. Траншель и др. В его работе принимали участие и приезжавшие в Петербург ботаники других городов, проводившие исследования в лаборатории Фаминцына: В. В. Лепешкин, А. И. Набоких, В. А. Ротерт и др. Многие из них были непосредственными учениками и последователями Фаминцына — первого русского физиолога растений, внедрившего экспериментальный метод в ботанику. Ему обязана своим созданием первая в России школа ботаников-физиологов, давшая таких замечательных ученых, как О. В. Баранецкий, И. П. Бородин, Д. И. Ивановский, К. А. Тимирязев и др. Фаминцын — автор первого русского учебника по физиологии растений. Его ботаническая лаборатория явилась первым в России специальным научно-исследовательским учреждением по физиологии и биохимии

растений, которое спустя много лет выросло в Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР.

К сожалению, в современной литературе нигде подробно не освещались ни научно-исследовательская деятельность этого замечательного ученого, ни его общественно-политические воззрения¹. Объясняется это, очевидно, тем, что справедливая критика К. А. Тимирязевым отдельных положений Фаминцына о природе раздражимости растений дала повод некоторым авторам к неправильной, отрицательной оценке деятельности этого ученого в целом и даже характеристике его как консерватора и ретрограда. Так, в монографии Г. В. Платонова «Мировоззрение К. А. Тимирязева» Фаминцын характеризуется как «антидарвинист»², преклоняющийся перед западными «авторитетами»³ и «поющий с голосов» немецких мракобесов»⁴ (к таковым, кстати, Г. В. Платонов причислил и другого крупного ботаника, вице-президента Академии наук И. П. Бородину), как человек, который «в интересах эксплуататорских классов принижал» роль русских ученых «в развитии мировой научной мысли»⁵, как противник борьбы за приоритет русской науки, «до мозга костей зараженный раболепием перед иностранными авторитетами»⁶. Фаминцын отнесен к «наиболее рьяным сторонникам фитопсихологии», к «плоским эволюционистам», назван «хвастуном», и, наконец, столь же бездоказательно причислен к «реакционерам-клерикалам и лжеученым»⁷.

Так писать о Фаминцыне мог только тот, кто совершенно не знаком с жизнью и деятельностью этого ученого. Многочисленные научные труды, воспоминания современников, архивные документы, знакомство с обще-



Иван Парфеньевич Бородин (1847—1930), профессор ботаники ряда петербургских высших учебных заведений, действительный член Петербургской академии наук (с 1902 г.), вице-президент Академии наук в 1917—1919 гг. В 1915 г. основал Русское ботаническое общество, президентом которого был до конца своей жизни. Основатель (1896 г.) биологической станции на оз. Бологое. Автор работ по физиологии и анатомии растений, флористике, ряда научно-популярных книг и учебников.

¹ Эти вопросы лишь кратко затронуты в статье: Е. М. Сенченков а. Андрей Сергеевич Фаминцын. «Ботанический журнал», т. 45, 1960, № 2.

² Г. В. Платонов. Мировоззрение К. А. Тимирязева. М., 1952, стр. 117.

³ Там же, стр. 68.

⁴ Там же, стр. 290.

⁵ Там же.

⁶ Там же, стр. 296.

⁷ Там же, стр. 222, 224, 344.

ственной деятельностью Фаминцына дают нам полное право считать его не только выдающимся отечественным ботаником XIX в., но и ученым-гражданином, прогрессивным общественным деятелем, которому было близко и дорого дело развития науки и просвещения в России.

Как можно при наличии такой капитальной монографии Фаминцына, как «Обмен веществ и превращение энергии в растениях»¹, дающей четкое представление об особенностях обмена веществ у растений и животных, заявлять, что «плоский эволюционизм» Фаминцына приводит его «к отрицанию качественных различий между животными и растениями, между живыми существами и телами неживой природы»? Совершенно иную — высокую оценку дал этому пераому фундаментальному труду по биохимии растений А. И. Опарин².

Очевидно, Г. В. Платонов недостаточно хорошо ознакомился с работами по истории ботаники³, так как в противном случае вряд ли стал бы столь решительно утверждать, что только Тимирязев смог заложить «подлинно научные основы физиологии растений»⁴. Успехи предшественников и современников Тимирязева в изучении различных проблем физиологии и, в особенности, широкое введение в нее экспериментального метода в 50—60-х годах прошлого века как за рубежом (Ю. Сакс), так и в России (А. С. Фа-

минцын) столь общепризнаны, что не требуют специального разъяснения.

На пути к открытию

Цвет встретил радушный прием со стороны петербургских коллег и особенно Фаминцына, который предоставил ему возможность проводить опыты даже в своем кабинете, проявив живейший интерес к теме его исследований. «Вот уже две недели, как я прибыл сюда,—писал Цвет 30 декабря 1896 г. из Петербурга в Женеву своему другу ботанику Дж. Брике,—огляделся, устроился и работаю в академической лаборатории проф[ессора] Фаминцына, у которого я нашел очень хороший прием... Я познакомился с Бородиным и Ворониным, а на днях пойду к Монтеверде»¹. В том же письме сообщалось, что, как и в других городах России, в Петербурге ему также не удалось получить штатной должности. Чтобы жить и вести желаемые исследования, он вынужден был давать частные уроки французского языка.

Да, официальная Россия встретила Цвета неприветливо: он не смог получить никакой должности. «Ничего не изменилось,—сообщал Цвет в Женеву через три месяца.—Я по-прежнему ожидаю решения и имею дело с административными проволочками. Я закончил маленькую анатомическую работу... и в ожидании, пока таяние льдов предоставит в мое распоряжение материалы (водные растения), которые мне понадобятся в моей будущей диссертации, я предпринимаю некоторые физиологические эксперименты с рентгеновскими лучами»².

Упоминание о диссертации было не случайным. Это было еще одно, не предвиденное ранее осложнение: полученная Цветом в Женеве докторская степень в России не признавалась. Нужно было срочно решать вопрос о теме магистерской диссер-

тации, на что, впрочем, не потребовалось много времени. Незнучность хлоропластов и находящегося в них хлорофилла, с которой Цвет столкнулся в работе над женеvской диссертацией «Исследования физиологии клетки» (1896), особо привлекла его внимание. Тему одобрили Фаминцын и Бородин, немало работавшие над изучением фотосинтеза и хлорофилла, и Цвет начал свои исследования фотосинтетического аппарата растений. Задача была не из легких, так как требовала решения не столько ботанических, сколько биохимических вопросов. Поэтому Цвет использовал всякую возможность, представлявшуюся ему для проведения опытов не только в Лаборатории анатомии и физиологии растений Академии наук, но и в Петербургской биологической лаборатории, руководимой П. Ф. Лесгафтом, и в химической лаборатории Петербургского университета.

Осенью 1897 г. наметилось некоторое улучшение материального положения Цвета: он стал вести занятия по ботанике не только что организованных П. Ф. Лесгафтом «Курсах воспитательниц физического образования» при Петербургской биологической лаборатории. «...Этой зимой я читаю курс анатомии и физиологии растений в Санкт-Петербургской биологической лаборатории, новом интересном учреждении,—писал Цвет.—Я хочу организовать там же практические занятия. Курс — конечно, по-русски — дает мне порядочно работы и приносит мне все, что угодно... кроме дукатов. И в довершение ко всему этому я должен готовиться к этому проклятому «магистерскому» экзамену»¹.

Необходимость читать лекции на русском языке заставляла Цвета особенно тщательно готовиться к ним, так как его разговорным языком до того был французский. Но он отлично справился с этой нелегкой задачей. Спустя несколько месяцев после начала чтения курса Цвет не без улыбки вспоминал об этих своих первых лекциях: «Вначале у меня

¹ А. С. Фаминцын. Обмен веществ и превращение энергии в растениях. СПб, 1883.

² Г. В. Платонов. Мировоззрение К. А. Тимирязева, стр. 224—225.

³ А. И. Опарин. Из истории биохимии растений в СССР. «Тр. Ин-та истории естествознания и техники», т. 4, 1952, стр. 263—265.

⁴ См., например: К. А. Тимирязев. Столетние итоги физиологии растений. В кн.: Соч., т. 5. М., 1938; M. M. Öblius. Geschichte der Botanik. Jena, 1937; К. К. Серебряков. Очерки по истории ботаники, ч. 1. М., 1941; H. S. Read. A short history of the plant science. Waltham, 1942; Н. А. Максимов. Физиология растений. В кн.: Очерки по истории русской ботаники. М., 1947.

⁵ Г. В. Платонов. Мировоззрение К. А. Тимирязева, стр. 189.

¹ Письмо М. С. Цвета Дж. Брике от 30 декабря 1896 г. Архив Женевского ботанического сада. Фонд Дж. Брике.

² Письмо М. С. Цвета Дж. Брике от 30 марта 1897 г. Архив Женевского ботанического сада. Фонд Дж. Брике.

¹ Письмо М. С. Цвета Дж. Брике от 10 октября 1897 г. Архив Женевского ботанического сада. Фонд Дж. Брике.

Михаил Семенович Цвет (14 мая 1872—26 июня 1919). Варшава, 1911 г.



происходило немало lapsus linguae,— писал он в письме известному ботанику Н. И. Кузнецову,— и даже весьма забавных, примерно, «пластические пленки», «семя рожки»... Теперь ничего. Хорошая школа¹. Чтение лекций на русском языке, действительно, было хорошей школой, пройдя

¹ Письмо М. С. Цвета Н. И. Кузнецову от 31 января 1898 г. Рукописный отдел Тартуского государственного университета. Фонд Н. И. Кузнецова.

которую Цвет уже вскоре хорошо владел им, о чем свидетельствуют как его последующие публикации на русском языке, так и воспоминания современников.

К середине 1898 г. положение Цвета в Петербурге настолько упрочилось, что он отказался от переданного через Брике предложения работать в Германии. «Благодарю за Ваше предложение, которое год назад я рад был бы принять не колеблясь,— писал Цвет в Женеву.—

Однако теперь я добился здесь положения столь же хорошего, как и то, которое Вы мне предлагаете; в недалеком будущем оно должно еще улучшиться. И сверх того, я не могу решиться променять свою независимость на обязанности, по всей вероятности, тяжелые и требующие очень много времени. Я хорошо понимаю, что пребывание в научном мире Германии дало бы мне несколько этой «школы», как здесь говорят,— иными словами, этого педантизма, этой пря-

молинейности в работе, которой мне немного нехватает. Ну и что же, придется возместить этот недостаток за счет своей воли»¹.

Проведенные исследования хлорофилла позволили Цвету уверенно заявить 18 октября 1900 г. в своем выступлении о природе «кристаллического» и «аморфного» хлорофилла в Петербургском обществе естествоиспытателей, что «предпринятые для выяснения этого вопроса опыты скоро привели меня к заключению, что... вообще все данные, добываемые на основании банального спиртового настоя, не могут иметь никакого значения без контроля более точных и рациональных методов»². «Вообще труднейший вопрос хлорофилла, проклятый вопрос, как метко выразился проф. Бородин...», требует к себе, по мнению Цвета, гораздо большего внимания и экспериментаторской изобретательности, так как он не может быть решен одним методом — для этого необходимо применение целой сети методов. «Исследования, проведенные мною летом и осенью нынешнего года, — писал он про опыты 1900 г., — кладут начало основанию новой методики, и некоторые из добытых ими результатов могут считаться, надеюсь, окончательными»³.

Напряженная экспериментальная работа, о которой можно судить по 14 статьям, опубликованным в русских и зарубежных журналах в 1898—1900 гг., получила свое завершение и обобщение в магистерской диссертации Цвета «Физико-химическое строение хлорофильного зерна» (1901). Одним из существенных выводов этой работы явилось экспериментальное доказательство наличия в листьях растений не одного, а двух зеленых пигментов, названных им хлорофиллинами α и β и получивших в дальнейшем известность как хлорофиллы \acute{a} и \acute{b} (Цвет называл хлорофиллом комплекс зеленого пигмента с белко-

выми и липоидными веществами в живых клетках растений).

При проведении опытов с хлорофиллом Цвет опробовал все существовавшие к тому времени методы его получения и изучения. В итоге он вынужден был констатировать, что «в вопросе о хлорофилле XIX столетие завещало нам не органическую рациональную систему приемов, заслуживающую название научной методики, а только несколько отдельных процедур, большей частью случайно выработанных и слабо или совсем не проверенных в их сущности и работоспособности»¹. Причем почти все названные процедуры включали в себя обработку кипячением, различными химическими реактивами, в том числе сильными кислотами и щелочами, что существенно изменяло естественное состояние пигментов.

Особое внимание Цвет обратил на метод получения пигментов листа, которым независимо друг от друга пользовались немецкий ботаник Г. Краус (1872) и английский естествоиспытатель Г. Сорби (1873). Их метод Цвет назвал приемом дифференциального растворения в несмешивающихся жидкостях. Именно совершенствование этого приема позволило Цвету получить в 1900 г. почти в чистом виде один из компонентов хлорофилла — хлорофиллин α (позднее известный как хлорофилл \acute{a}), но для получения хлорофилла \acute{b} и некоторых других пигментов прием оказался недостаточным. Вот почему после защиты магистерской диссертации исследователь с еще большим упорством занялся поисками более эффективных методов получения в чистом и неизменном виде органических пигментов.

В своих поисках Цвет пошел по иному пути, нежели Краус и Сорби. Не видя больших возможностей для развития метода получения пигментов при помощи несмешивающихся растворителей, он решил использовать для своей цели другое физи-

М. С. Цвет около установки по изучению газообмена растений в ботанической лаборатории Женевского университета. 1896 г.

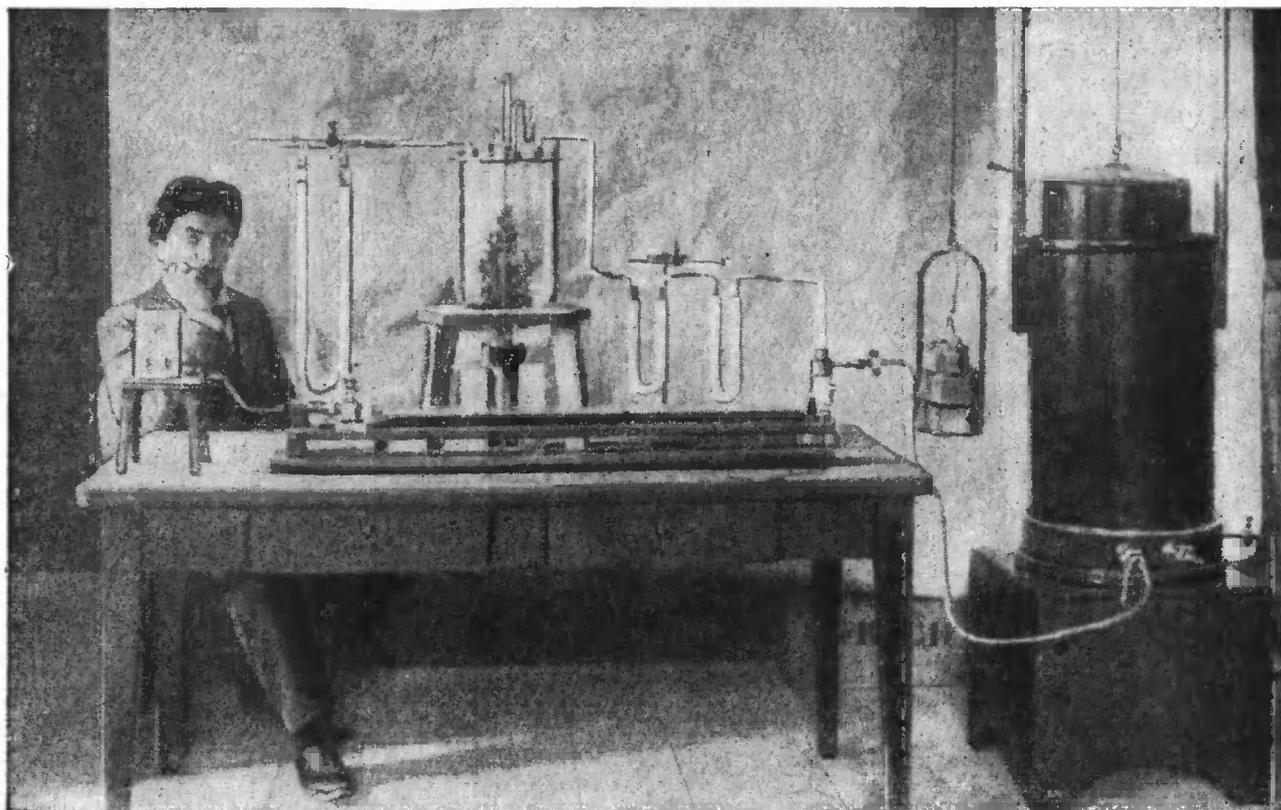
М. С. Цвет (на переднем плане, в центре, сидит) вместе с петербургскими коллегами возле химической лаборатории Петербургского университета. Зима 1898/99 гг. Публикуется впервые.

¹ Письмо М. С. Цвета Дж. Брике от 27 августа 1898 г. Архив Женевского ботанического сада. Фонд Дж. Брике.

² М. С. Цвет. Хлорофиллины и метаклорофиллины. «Тр. Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей», т. 31, 1900, вып. 1, стр. 282.

³ Там же, стр. 282—283.

¹ М. С. Цвет. Хлорофиллины и метаклорофиллины. «Тр. Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей», т. 31, 1900, вып. 1, стр. 284.



ческое явление — адсорбцию¹, на которую уже неоднократно обращал внимание и в женеvской и в магистерской диссертациях.

Год открытия — не 1903-й, а 1901-й

Впервые Цвет высказал мысль об использовании адсорбции для разделения пигментов в 1900 г. Будучи уверенным, что «молекулярные силы, удерживающие компоненты хлороглобина... в хлоропластах или на бумаге, должны быть отнесены к категории адсорбционных»², исследователь предположил, что и разделение этих пигментов после извлечения их из листьев можно осуществить с помощью той же адсорбции. Тогда же Цвет приступил к разработке задуманного метода, а его первые размышления о теоретической основе этого приема получили отражение уже в магистерской диссертации. «В упомянутом труде,— писал Цвет в своей докторской диссертации,—...находился в зачатке разработанный с 1903 г. и подробно изложенный в следующих главах адсорбционный анализ»³. И так, по признанию самого Цвета, поставленная им в 1900 г. задача создания метода эффективного разделения органических пигментов была выполнена в 1903 г., когда он выступил с докладом «О новой категории адсорбционных явлений и о применении их к биохимическому анализу» в Варшавском обществе естествоиспытателей.

Однако мы можем теперь с уверенностью утверждать, что дата эта неточная, хотя ее и назвал сам Цвет. Лишь исключительной скромностью ученого, а возможно, и не очень совершенным владением русским языком можно объяснить то, что он относил разработку своего

метода к 1903 г., т. е. к тому времени, когда он выступил с развернутым сообщением о созданном им адсорбционном методе и его теоретическом обосновании. Знакомство же с публикациями Цвета позволяет убедиться, что начало работы над поисками этого метода относится к 1900 г., а в конце следующего года исследователь уже сообщал о найденном им решении, правда не в специальном докладе, а попутно, при ознакомлении с существовавшими тогда приемами изучения зеленого пигмента растений.

Произошло это 30 декабря 1901 г. в Петербурге, на XI съезде русских естествоиспытателей и врачей, где Цвет выступил с сообщением «Методы и задачи физиологического исследования хлорофилла». О содержании этого выступления можно судить по его небольшой аннотации в «Дневнике съезда»: «Докладчик обращает внимание секции на выработанный им абсорбционный¹ метод и демонстрирует лежащее в его основе явление»². Тут же дана краткая характеристика адсорбции в связи с новым методом и отмечено, что существующие другие методы физического анализа изложены докладчиком в его магистерской диссертации. Данная аннотация убедительно свидетельствует о том, что не в Варшаве, как это считается до сих пор, а в Петербурге, и не в 1903, а в 1901 г. Цвет не только пришел к идее создания адсорбционного метода, но и разработал его основы, а также дал название, сохранившееся поныне.

В силу высокой требовательности к своим выводам и заявлениям Цвет решил не торопиться с развернутым сообщением об открытии, а тщательно апробировать адсорбционный метод, при этом более обстоятельно

обосновал его теоретически. Вот почему он продолжил опыты в Варшавском университете с использованием новых адсорбентов, приобретенных у ряда зарубежных фирм. Лишь после того как были изучены особенности десятков растворителей пигментов и более ста адсорбентов из разных групп химических соединений, Цвет, наконец, решился в 1903 г. сделать специальное сообщение об открытом им методе.

Открытие Цвета в оценке современников

В литературе прочно утвердилось мнение, что при жизни Цвета и позже, до начала 30-х годов, созданный им метод не привлек к себе никакого внимания и не был оценен по достоинству. В концентрированной форме это мнение отразилось в «Биографическом словаре деятелей естествознания и техники»: «Метод хроматографического анализа... был встречен с недоверием и лишь позднее (в 30-х гг.) получил широкое распространение в различных областях науки...»¹. Если насчет «широкого» распространения еще и можно в какой-то степени согласиться, то «недоверие» явно преувеличено. Об этом свидетельствуют не только публикации тех лет, но и архивные документы.

Еще до выхода в свет докторской диссертации Цвета, всесторонне освещающей основы хроматографии и области ее применения, известный русский ботаник и микробиолог Д. И. Ивановский 2 октября 1908 г. писал: «Выработав метод, г. Цвет применил его к различным группам растений, что дало ему возможность установить неподозреваемое до сих пор разнообразие фотосинтетических пигментов у растений и исправить многие ошибки предыдущих исследований. Он показал, что классический «зеленый пигмент» хлорофилла — предмет многочисленных химических исследований, не имеет реального существования: химия хлорофилла должна считаться с двумя флуоресцирующими компонентами —

¹ Адсорбция — поглощение какого-либо вещества из газообразной среды или раствора поверхностным слоем жидкости или твердого тела.

² М. С. Цвет в ет. Хлорофиллины и метакхлорофиллины. «Тр. Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей», т. 31, 1900, вып. 1, стр. 284.

³ М. С. Цвет. Хроматографический адсорбционный анализ. Избранные работы. М., Изд-во АН СССР, 1946, стр. 81.

¹ В данном случае вместо слова «адсорбция» ошибочно напечатано «абсорбция». Эта встречающаяся и в предшествующей работе Цвета опечатка вызывала у него особую досаду и огорчение. Позже эта же опечатка вкралась в список трудов Цвета за 1906 г., представленный в его «Избранных работах» (М.—Л., 1946, стр. 234).

² Дневник XI съезда русских естествоиспытателей и врачей. СПб., 1902, стр. 523.

¹ Биографический словарь деятелей естествознания и техники, т. 2, М., 1959, стр. 342.

синим хлорофиллином α и зеленым хлорофиллином β . Оба пигмента изолированы г. Цветом в значительном количестве и установлены подробно их спектральные свойства¹.

Дав обстоятельный анализ ряда публикаций Цвета об использовании хроматографии, Ивановский заключил: «В общем, исследования г. Цвета производят настоящий переворот в учении о фотосинтетических пигментах и обеспечивают ему выдающееся место среди исследователей этого вопроса. Я не могу, конечно, претендовать взять на себя оценку, насколько твердо установлены г. Цветом все весьма многочисленные сообщаемые им факты: предыдущая история этого вопроса науки учит быть крайне осторожным в решительных приговорах. Но я могу с полной уверенностью утверждать, что, когда будет, наконец, достигнуто полное разъяснение природы фотосинтетических пигментов, этим успехам наука в значительной степени будет обязана трудам г. Цвета, подготовившего почву для стоящего на очереди, но доселе не удававшегося химического исследования»².

Мнение Иванова полностью совпало с оценкой, которую дала работе Цвета Петербургская академия наук. В критическом отзыве о работе Цвета «Хромофиллы в растительном и животном мире», выданной в 1911 г. на одну из академических премий, Фаминцын писал: «Наиболее ценный результат этого труда составляет выработанный проф[ессором] Цветом новый метод: адсорбционный, дающий возможность расследовать с гораздо большей точностью, чем другими употребляемыми способами, хромофиллы в вытяжках из растений различными растворителями»³. Именно в адсорбционном методе Цвета усматривал рецензент «главную задачу его труда» и его «научную ценность». Комиссия Академии единогласно

¹ Год. архив Горьковской области, ф. 2082, оп. 2, д. 319, л. 4 об.

² Там же, л. 5 об.

³ А. С. Фаминцын. Отзыв о работе М. С. Цвета «Хромофиллы в растительном и животном мире». В кн.: Сб. отчетов о премиях и награждениях Имп. Академией наук за 1911 г., вып. 6, 1916, стр. 14.

присудила автору книги большую премию им. М. Н. Ахматова¹.

Ту же высокую оценку дал Фаминцын работам Цвета по случаю его участия в 1915 г. в конкурсе на замещение должности профессора в Новороссийском (ныне Одесском) университете. Чтобы показать, сколь высоко внимание к исследованиям Цвета за рубежом, Фаминцын многократно процитировал выдержки из вышедшего незадолго до того второго издания капитального труда «Биохимия растений» известного чешского физиолога Ф. Чапека². Сохранились сделанные Фаминцыным многочисленные выписки из этой книги с упоминанием или изложением ее автором исследований Цвета³.

Высоко оценил значение трудов Цвета и созданного им метода хроматографического анализа и профессор Новороссийского университета Б. Б. Гриневецкий. Согласно его «Особому мнению по поводу замещения кафедры ботаники (физиологии и анатомии растений)», написанному 22 марта 1916 г., «как по количеству научных трудов (55), так и по их значению самым достойным кандидатом является доктор ботаники Михаил Семенович Цвет, ученый с европейским именем, исследования которого над хлорофиллом составляют гордость русской науки и были уже отмечены Императорской Академией наук присуждением большой Ахматовской премии в 1911 г. ...К моему отзыву присоединились и ближайшие к предмету ботаники специалисты проф. А. И. Набоких и проф. Г. И. Танфильев... Университет

¹ Михаил Николаевич Ахматов (1823—1891) живо интересовался успехами отечественной науки и литературы; завещал все свое состояние Академии наук. Премия им. М. Н. Ахматова была учреждена Академией наук в 1908 г. «за оригинальные сочинения по всем отраслям научных знаний и изящной литературы, писанные русскими подданными и на русском языке». Кроме Цвета, по физико-математическому отделению в 1911 г. три малые премии им. М. Н. Ахматова получили зоолог П. П. Сушкин, ботаники Н. В. Цингер и И. К. Пачоский.

² F. C z a p e k. Biochemie der Pflanzen, Bd. 1. 2. Aufl. Jena, 1913.

³ Архив АН СССР, ф. 39, оп. 1, д. 63, л. 226—227 об.

исполнил бы лишь долг перед русской наукой, дав возможность столь выдающемуся ученому занять подобающее ему место и продолжить свою научную деятельность¹.

*

Приведенные в данной статье материалы позволяют раскрыть ряд ранее неизвестных или малоизвестных фактов в истории создания хроматографии, а также по-новому оценить роль как некоторых ученых, имеющих непосредственное отношение к этому открытию, так и Академии наук в целом. Недостаточно широкое использование хроматографии в первые три десятилетия объясняется не незнанием о ее существовании, а отсутствием широкой потребности в этом методе, возникшей лишь в более поздние годы. Все сказанное свидетельствует о том, что история создания и развития хроматографии еще ждет своего полного освещения.

¹ Центральный гос. исторический архив, ф. 733, оп. 156, д. 590, л. 72 об., 73.

УДК 543.544; 92 ЦВЕТ; 006.12

Рекомендуемая литература

Е. Н. Гапон и Т. Б. Гапон. ТЕОРИЯ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА М. С. ЦВЕТА. ДАН СССР, т. 59, 1948, стр. 921—925.

Х. С. Коштоянц, К. Ф. Калмыков. К ИСТОРИИ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА. «Биохимия», 1951, вып. 5, стр. 479—481.

В. В. Рачинский и Т. Б. Гапон. ХРОМАТОГРАФИЯ В БИОЛОГИИ. М., Изд-во АН СССР, 1953.

А. А. Рихтер и Т. А. Красносельская. РОЛЬ М. С. ЦВЕТА В СОЗДАНИИ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АДОРБЦИОННОГО АНАЛИЗА. В кн.: М. С. Цвет. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АДОРБЦИОННЫЙ АНАЛИЗ. Избр. работы. Л., Изд-во АН СССР, 1946, стр. 215—228.

МИХАИЛ СЕМЕНОВИЧ ЦВЕТ. К 100-летию со дня рождения. «Физиология растений», 1972, вып. 3, стр. 469—480.

Е. М. Сенченкова, Е. А. Лященко. НОВЫЕ ДАННЫЕ К БИОГРАФИИ М. С. ЦВЕТА. «Вопросы истории естествознания и техники», 1973, вып. 42, стр. 66—68.

УСПЕХИ ХРОМАТОГРАФИИ. Сб. К 100-летию со дня рождения основателя хроматографии М. С. Цвета. М., Изд-во «Наука», 1972.

Общее собрание Академии наук СССР

5—6 марта 1974 г. в Москве проходило годовое Общее собрание АН СССР. Со вступительным словом выступил президент АН СССР М. В. Келдыш, отметивший важнейшие достижения в науке за истекший год. Дальнейшее развитие получили космические исследования: продолжались работы по программе «Интеркосмос», изучение Марса с помощью автоматических межпланетных станций «Марс», Луны — с помощью «Лунохода-2»; продолжались также полеты пилотируемых космических кораблей «Союз» («Союз-12» и «Союз-13»). Советские и французские ученые произвели лазерные измерения расстояния между Землей и Луной с точностью до 40 см.

Значительные результаты были получены в некоторых разделах теоретической математики и в ее приложениях. На базе разработанной теории систем управления с переменной структурой разработан комплекс устройств для управления промышленными объектами. Физика элементарных частиц высоких энергий обогатилась новыми существенными сведениями о свойствах элементарных частиц и их взаимодействиях. Была подтверждена идея о возможности сильного сжатия вещества лазерным излучением и получения при этом высокого выделения энергии. М. В. Келдыш сообщил, что в Институте биоорганической химии АН СССР впервые выделен из клеток печени белок, ответственный за межклеточные взаимодействия. В Институте молекулярной биологии АН СССР расшифрованы первичные структуры двух транспортных рибонуклеиновых кислот. Впервые в мировой практике Институтом физики Земли АН СССР было проведено

вертикальное электрическое зондирование земной коры на глубину 30—40 км мощным импульсом от МГД-генератора.

С отчетным докладом о деятельности Академии наук в 1973 г. выступил и. о. главного ученого секретаря президиума АН СССР Г. К. Скрыбин. Он подчеркнул, что в центре внимания всех отделений АН СССР были наиболее важные научные и народнохозяйственные проблемы, вопросы прогнозирования и планирования, охраны и улучшения природной среды. Г. К. Скрыбин отметил, что научные учреждения АН СССР принимают участие в деятельности 250 международных организаций.

После выступления Г. К. Скрыбина состоялось прения по отчетному докладу.

6 марта состоялось вручение золотых медалей им. М. В. Ломоносова 1973 года А. П. Виноградову и В. Зоубеку¹. По традиции лауреаты золотой медали им. М. В. Ломоносова выступили с научными докладами.

Новый вклад в планетологию

Советские автоматические станции «Марс-4», «Марс-5», «Марс-6» и «Марс-7», запущенные в июле — августе прошлого года, достигли окрестностей планеты Марс, соответственно, 10 и 12 февраля и 12 и 9 марта 1974 г.

Вследствие нарушения в работе одной из бортовых систем тормозная двигательная установка станции «Марс-4» не включилась, и станция прошла на расстоянии 2200 км от поверхности планеты. Тормозная двигательная установка станции «Марс-5» была включена 12 февраля 1974 г.

в 18 час. 45 мин. по московскому времени с целью перевода станции на орбиту спутника Марса. В результате проведенного маневра станция «Марс-5» вышла на близкую к расчетной ареоцентрическую орбиту с параметрами: высота в периапсоне 1760 км, высота в апоапсоне 32 500 км, наклонение к плоскости марсианского экватора 35°, период обращения 25 час.

При подлете к планете станции «Марс-6» была проведена заключительная коррекция траектории ее движения, и от станции отделился спускаемый аппарат. В расчетное время включилась двигательная установка, обеспечивающая перевод спускаемого аппарата на траекторию встречи с Марсом. После аэродинамического торможения была введена в действие парашютная система. Информация со спускаемого аппарата во время его снижения принималась станцией «Марс-6» и ретранслировалась на Землю. Впервые были переданы на Землю научные данные о параметрах марсианской атмосферы, полученные прямыми измерениями.

В непосредственной близости от поверхности Марса радиосвязь со спускаемым аппаратом станции «Марс-6» прекратилась, аппарат достиг поверхности планеты в районе с координатами 24° ю. ш., 25° з. д.

Спускаемый аппарат станции «Марс-7» после отделения от станции вследствие нарушения в работе одной из бортовых систем прошел около планеты на расстоянии 1300 км от ее поверхности.

Автоматические станции «Марс-4», «Марс-6» и «Марс-7» продолжают полет по гелиоцентрическим орбитам и проведение исследований физических характеристик космического пространства, в том числе частиц солнечного ветра, космических лучей и радиоизлучения Солнца, при помо-

¹ Подробнее об этом см.: «Природа», 1974, № 3, стр. 112.



Марсианский кратер с плоским дном диаметром 43 км с кратером-спутником диаметром 13 км, сфотографированный космической станцией «Марс-5» (вверху). На снимке (внизу) видны марсианские долины, соединяющие систему кратеров, размером до 130 км.

Фото ТАСС

щи советской и французской научной аппаратуры.

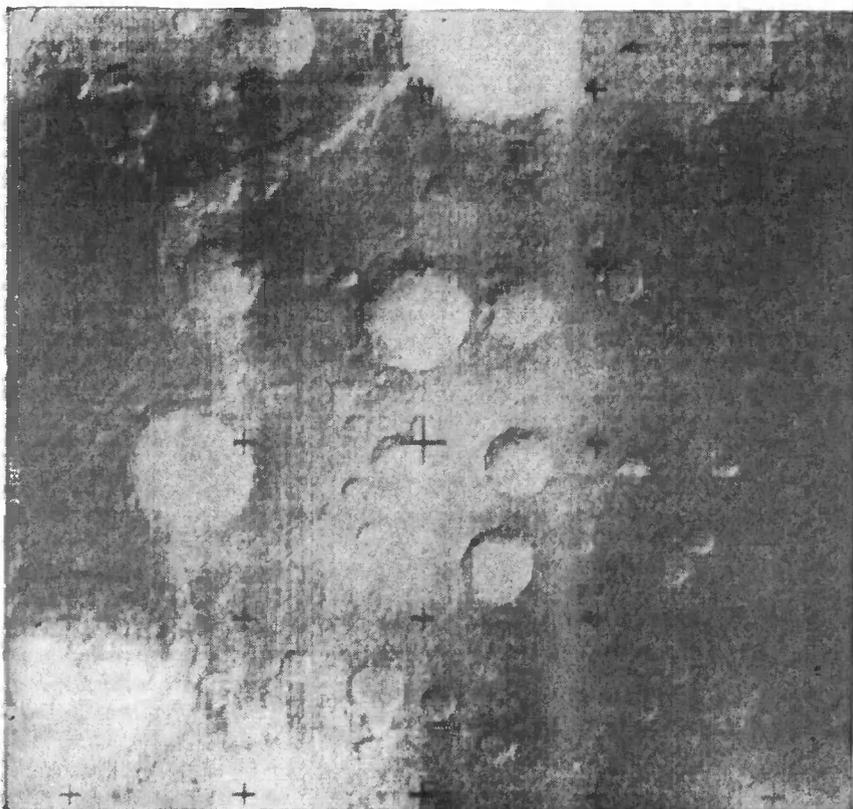
Результаты научных исследований Марса советскими автоматическими станциями прошли предварительную обработку. Получены новые важные сведения о планете Марс, околопланетном космическом пространстве и свойствах межпланетной среды.

Анализ излучения планеты в широком диапазоне длин волн позволил получить новые данные о рельефе поверхности, температуре, теплопроводности, структуре и составе грунта, химическом составе нижней атмосферы, структуре ее верхних слоев. По данным фотометра обнаружено, что в некоторых областях Марса содержание водяного пара в атмосфере достигает, по предварительным оценкам, 60 мкм осажденной воды, что в несколько раз превышает максимальное количество водяного пара, обнаруженное в 1972 г. аналогичным прибором станции «Марс-3».

С помощью магнитометра зарегистрировано в ближайших окрестностях планеты магнитное поле, в 7—10 раз превышающее межпланетное. Эти данные подтверждают наличие у Марса магнитного поля порядка 30 γ , обнаруженного магнитометрами станций «Марс-2» и «Марс-3», и расширяют наши представления о его пространственных характеристиках, в частности о величине поля на противосолнечной стороне планеты.

Станция «Марс-4» с пролетной траектории, а станция «Марс-5» с орбиты спутника Марса сфотографировали планету. Фотографирование производилось при помощи двух фототелевизионных устройств, обеспечивающих разрешение порядка 1 км и 100 м с расстояния около 2000 км.

Полученные научные результаты дополняют наши представления о природе Марса и вносят новый вклад в развитие сравнительной планетологии.



Космические аппараты исследуют природные ресурсы Земли

Итоги более чем 15-летнего освоения космоса показали, что космическая техника с успехом может применяться для исследования природных ресурсов нашей планеты, причем космические наблюдения более рентабельны, чем наземные методы исследования. Так, например, фотографирование с самолета территории, равной по площади территории США, для картографирования местности и для наблюдения за состоянием сельскохозяйственных посевов и лесных массивов обходится в среднем в 12 млн долларов, длится около 10 лет и требует более 1,5 млн снимков. В то же время со спутника, летящего на высоте 900—1000 км, эту территорию можно сфотографировать на 400 снимках за 17 дней, израсходовав лишь около 750 тыс. долларов.

Как показали расчеты специалистов, только в США использование космических аппаратов для нужд сельского хозяйства, геологии, океанографии, географии, метеорологии может дать экономию более чем 36 млрд долларов в год.

На 22 конгрессе Международной федерации по астронавтике, состоявшемся в 1971 г., были определены наиболее вероятные области применения космических аппаратов при изучении природных ресурсов Земли. Исследование основных ресурсов планеты — поверхности суши и Мирового океана, погодных условий, энергетических запасов, минерального сырья, ресурсов дна морей и океанов. Исследование промышленных и сельскохозяйственных ресурсов (с учетом лесных и рыбных запасов, ресурсов промышленности по производству сырья, транспорта). Космические аппараты могут быть полезны для решения научных, технических, медико-биологических и общеобразовательных задач, а также для изучения международных ресурсов с учетом возможностей международного сотрудничества.

Эффективность использования теле- и фотокамер, рентгеновских, ультра-

фиолетовых и инфракрасных датчиков, спектрографов, радиометров, радаров, магнитометров и лазеров в исследовании природных ресурсов значительно возрастает благодаря присутствию на борту космической обсерватории космонавтов.

Космические эксперименты советских и американских специалистов в последние годы и особенно полеты «Скайлэба», «Союза-12» и «Союза-13» показали исключительную перспективность подобных наблюдений.

В. С. А г а л а к о в
Кандидат географических наук
А. Ш. С и р е
Кандидат технических наук
Москва

Атмосферный «Эксплорер»

16 декабря 1973 г. в 6 час. 18 мин. по Гринвичу с полигона Ванденберг был произведен запуск спутника «Эксплорер-51». Ракета-носитель «Торрад-Дельта» вывела спутник на сильно вытянутую эллиптическую орбиту с высотой в перигее 149 км, высотой в апогее 4294 км, наклонением $68,1^\circ$ к периодом обращения 132,3 мин.

Спутник массой 660 кг предназначен для исследований малоизученной области верхней атмосферы Земли — термосферы. Для нижнего слоя термосферы (высоты примерно 120—650 км) характерна очень высокая плотность ионов. На высотах 800 км и более зарегистрированы процессы вертикального подъема газовых молекул с большими скоростями и их уход в космическое пространство. Изучение термосферы связано с тем, что именно в этой области происходят фотохимические процессы взаимодействия излучаемой Солнцем ультрафиолетовой радиации с атмосферой Земли. Как полагают ученые, эти процессы играют важную роль в определении погодных условий в глобальном масштабе, оказывая прямое воздействие на эти условия, а также на экологический баланс Земли.

На борту «Эксплорера-51» установлены 14 приборов массой 95 кг, предназначенных для измерений солнечного излучения в дальней ультрафиолетовой области, состава и температуры нейтральных частиц, плотности атмо-

сферы, состава и температуры ионов, концентрации и температуры электронов, энергетического спектра электронов, потоков частиц, свечения атмосферы. Обработка комплекса этих измерений, возможно, позволит открыть и изучить процессы переноса энергии в термосфере.

Расчетная продолжительность активного существования «Эксплорера-51» — более 1 года. В течение первых 4—5 мес. периодически (через несколько недель) включается бортовая двигательная установка для перевода спутника на орбиту с высотой в перигее около 120 км с целью исследования сравнительно низких слоев термосферы. По этой орбите спутник обращается несколько суток, после чего переводится на орбиту с большей высотой в перигее. Через 8 мес. после запуска «Эксплорер-51» переводится на круговую орбиту, высота которой изменяется от 300 до 600 км. На орбите спутник стабилизируется вращением, ось вращения перпендикулярна плоскости орбиты. Маневрирование на орбите осуществляется при помощи бортового двигателя, работающего на продуктах разложения гидразина (масса топлива 170 кг).

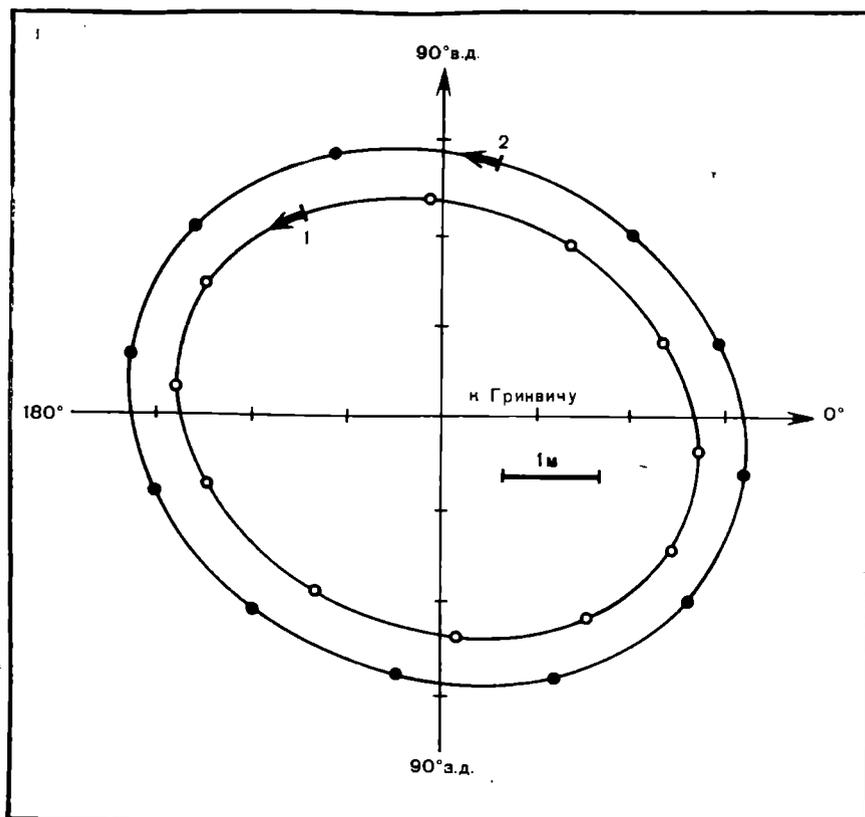
«Эксплорер-51» передаст информацию о термосфере в полосе широт в Северном полушарии. В 1975 г. планируется запустить на полярную и экваториальную орбиты еще два спутника, которые проведут исследования в других областях термосферы.

«Interavia Air Letter», 1973, № 7910, p. 7 (Швейцария);
«New Scientist», v. 60, 1973, p. 902 (Англия).

Перераспределение масс в атмосфере и вращение Земли

По последним подсчетам, масса атмосферы равна $5,16 \cdot 10^{18}$ кг, т. е. в вертикальном столбе атмосферы с основанием 1 см^2 в среднем содержится $5,16 \cdot 10^{18} \text{ кг} / 5,10 \cdot 10^{18} \text{ см}^2 \approx 1$ кг воздуха (в знаменателе стоит площадь поверхности земного шара). Однако эта величина не остается постоянной со временем, она может меняться до нескольких процентов.

Причина перераспределения масс



Траектории вынужденного движения Северного полюса с годовым периодом: 1 — по данным астрономических наблюдений, 2 — вычисленная по данным о перераспределении масс в атмосфере. Положение полюса в начале года и направление движения отмечено стрелкой. Оси координат направлены к Гринвичу и к 90°. Деления на осях сделаны через 1 м, а кружки на кривых — через 1 месяц.

кроется в неравномерном разогреве атмосферы по земной поверхности.

Массы воздуха перераспределяются не только между широтными зонами каждого полушария в отдельности, но и между самими полушариями. Летнее полушарие разогревается, и массы воздуха устремляются в зимнее полушарие. Подсчеты показывают, что от января к июлю из Северного полушария в Южное переносится $4 \cdot 10^{15}$ кг воздуха¹.

¹ «Известия АН СССР, сер. Физика атмосферы и океана», 1973, № 4.

Перераспределение масс в атмосфере приводит к изменению компонент тензора инерции атмосферы и, как следствие, к изменению ее момента импульса. А поскольку сумма моментов импульса атмосферы и Земли должна оставаться постоянной, то момент импульса Земли должен меняться на такую же величину, но с обратным знаком. Эти изменения происходят таким образом, что относительно неподвижных звезд ось вращения Земли не меняет своего положения, а тело Земли покачивается. При этом полюса — точки, в которых ось вращения пересекает земную поверхность, — движутся по земной поверхности. Это вынужденное движение полюсов Земли с годовым периодом астрономы обнаружили около 100 лет назад. По их данным, Северный полюс движется вокруг своего среднего положения по эллипсу, большая ось которого равна 6 м. Движение происходит в направлении вращения Земли (кривая 1).

Траектория движения Северного полюса, вычисленная нами по данным

о распределении масс в атмосфере (кривая 2), неплохо совпадает с наблюдаемой кривой. Правда, размеры осей вычисленной траектории почти на 0,5 м больше и наблюдается запаздывание примерно на 1,5 месяца. Так, в начале года по наблюдениям Северный полюс находится на меридиане 125° в.д., а по вычислениям должен быть на меридиане 80° в.д. По нашим подсчетам, сутки в июле должны быть на 0,00006 сек. длиннее, чем в январе. В действительности же сутки в июле на 0,00100 сек. короче, чем в январе.

Таким образом, эффект перераспределения масс в атмосфере несуществен для неравномерности вращения Земли, но является главным (хотя и не единственным) для вынужденного движения полюсов Земли с годовым периодом.

Н. С. Сидоренков
Кандидат физико-математических наук
Москва

Новое определение массы шарового скопления

Е. В. Наумова и К. Ф. Огородников (ЛГУ) предложили новый метод определения массы шаровых скоплений. Шаровое скопление — это компактная группа из нескольких сот тысяч звезд с большой концентрацией к центру их скопления. В основу нового метода положено воздействие поля тяготения шарового скопления на движение окружающих звезд, не принадлежащих к скоплению. Вследствие большой массы скопления окружающие звезды будут изменять свои первоначальные траектории, огибая скопление по гиперболическим орбитам и фокусируясь на оси движения позади скопления. Поэтому у этих звезд появится добавочная составляющая скорости, обнаружение и измерение которой позволяет оценить массу скопления.

Применение описанной методики к известному шаровому скоплению ω Центавра дало для него массу $10^8 M_{\odot}$, что примерно на два поряд-

ка превышает ранее принятое значение ($7 \cdot 10^5 M_{\odot}$). Возможно, что такое высокое значение массы скопления указывает на возможность присутствия в его центре «черной дыры»¹.

«Астрономический журнал», т. 50, 1973, вып. 4, стр. 726—730.

Разделение изотопов лазерным ИК-излучением

Важное свойство излучения ИК-лазеров — возможность возбуждать колебания определенных связей в молекуле, изменяя тем самым их реакционную способность². При этом передача энергии от излучения к молекуле происходит интенсивно лишь тогда, когда частота излучения совпадает с собственной частотой колебаний связи. Протекание химической реакции определяется тем, какая из связей становится возбужденной под влиянием ИК-излучения, поэтому, подбирая соответствующую частоту излучения, можно влиять на выход продуктов реакции. Характеристические частоты колебаний молекул, содержащих изотопы, различаются между собой. Облучая молекулу резонансным для данной изотопической модификации полем, можно эффективно разделять изотопы.

Ранее были проделаны эксперименты по разделению изотопов водорода, что не представляло трудностей, так как различие колебательных частот изотопических модификаций для водорода очень велико. С повышением атомного веса уменьшается разница в энергии между колебательными уровнями молекул, содержащих изотопы. Поэтому казалось, что нельзя разделить изотопы средних и больших масс путем селективного инициирования химической реакции. (В этом случае между ними возможен энергетический обмен, в результате которого возбуждаются оба изотопа.)

Сотрудники Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР Э. М. Беленов, Е. П. Маркин, А. П. Ораев-

ский и В. И. Романенко предложили использовать реакции с большой энергией активации. Для этого реагирующая молекула должна быть «заброшена» на колебательный уровень, соответствующий энергии активации. Этому процессу препятствует обмен энергией между изотопическими модификациями, приводящий к уменьшению среднего количества реагирующих молекул, колебания которых возбуждают, и к соответствующему увеличению количества нереакционных молекул. Вероятность передачи кванта от одной изотопической модификации к другой относится к вероятности обратного процесса как $\exp \hbar(v_1 - v_2)/kT$. Отношение населенностей уровней изотопов, обусловленное действием обоих процессов, пропорционально $\exp 2\hbar(v_1 - v_2)E/(v_1 + v_2)kT$. Из формулы видно, что эта величина становится значительной при достаточно высокой энергии активации используемой реакции. Чем выше колебательный уровень, тем сильнее эффективная температура превышает температуру, соответствующую другим степеням свободы. В таких условиях скорости реакций молекул, содержащих изотопы, могут существенно различаться.

С помощью описанного метода можно эффективно разделять изотопы средних и больших масс.

«Письма в ЖЭТФ», т. 18, 1973, вып. 3, стр. 196.

Возникновение постоянной ЭДС при магнитном резонансе

В последние годы при сверхвысокочастотных измерениях в твердых телах обнаружено возникновение постоянной электродвижущей силы. Это явление дает информацию как о процессах в электронной системе образца, так и о процессах ее взаимодействия с излучением. Известно, например, что оно используется при изучении ферромагнитного резонанса в ферромагнитных металлических пленках.

В. Н. Салыганов, Ю. М. Яковлев и Ю. Р. Шильников впервые наблюдали

воспроизводимое появление постоянной ЭДС в магнитных полупроводниках при ферромагнитном резонансе. В качестве образцов использовались диски монокристаллов литиевой шпинели, Mg—Mn феррошпинели и монокристаллов $CdCr_2Se_4$, легированных серебром. Измерения литиевой шпинели проводились при комнатной температуре, а $CdCr_2Se_4$ при 77° К. Ферромагнитный резонанс измерялся на частоте 9400 мГц при длительности импульса 1—10 мкс/сек, частоте следования 40 гц и максимальной импульсной мощности 10 вт.

Постоянная ЭДС менялась с изменением внешнего магнитного поля аналогично изменению мнимой части восприимчивости. ЭДС возникала и при однородной прецессии, и при магнитостатических типах. Знак и величина ЭДС не меняются при изменении знака внешнего магнитного поля на противоположный — в центре диска всегда плюс. При мощности менее 1 вт постоянная ЭДС пропорциональна мощности. Доказано, что причиной ЭДС является СВЧ магнитное поле. Величина эффекта в нескольких раз больше, чем на металлических пленках, и составляет 1 мв при значении мощности СВЧ 1 вт.

Физическая природа обнаруженного явления пока не выяснена, но несомненно, оно найдет применение как для изучения свойств магнитных полупроводников, так и для детектирования, измерения мощности и частоты сигналов СВЧ.

«Письма в ЖЭТФ», т. 18, 1973, вып. 6, стр. 366.

Высокочастотное поле создает материалы с новыми свойствами

В последнее время созрела необходимость создания материалов, одновременно электропроводных и устойчивых к воздействию окислительной атмосферы при температурах около 2 тыс. °С. Применяемые до сих пор материалы в силу несовершенства способов их получения содержали вредные примеси и отличались низким качеством.

Сотрудники Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР раз-

¹ О «черных дырах» см.: «Природа», 1972, № 2, стр. 104, № 4, стр. 28.

² «Природа», 1973, № 5, стр. 18.

работали новую технологию изготовления плавящихся керамических материалов и неметаллических высокотемпературных монокристаллов, что значительно улучшило их качества. Новый технологический процесс включает в себя три стадии: стартовое плавление, прямой высокочастотный (ВЧ) нагрев и охлаждение вещества.

Стартовое плавление осуществляется под действием дополнительного источника нагрева: электрической дуги или плазменной горелки. Затем вещество поддерживается в расплавленном состоянии при помощи высокочастотного поля. Нерасплавленным остается тонкий слой вещества, непосредственно примыкающий к охлаждаемым водой стенкам контейнера.

При выключении ВЧ генератора происходит быстрая кристаллизация вещества и получается поликристаллический слиток переплавленного материала. Созданная установка позволяет осуществить направленную кристаллизацию и получать крупные монокристаллические блоки.

Проведенные эксперименты показали, что метод прямого ВЧ плавления в холодном контейнере может стать основой для промышленного получения разнообразных тугоплавких монокристаллов (диоксид циркония и гафния) и керамических материалов (хромиты редкоземельных элементов, муллит, шпинель) высокой чистоты и однородности. Кристаллизация вещества может приводиться как периодически, так и непрерывно, что дает возможность полностью автоматизировать промышленный процесс.

«Вестник АН СССР», 1973, № 12, стр. 29—39.

Киральность в молекулярных структурах

В серии работ Л. Л. Морозова, Э. И. Федина и М. И. Кабачника (Институт элементоорганических соединений АН СССР) дан новый подход к анализу физических явлений в молекулярных системах, содержащих асимметрические фрагменты.

Известно, что живые молекулярные системы построены лишь из «левых» асимметрических фрагментов, а в неживой природе одинаково часто встречаются как «левые», так и «пра-

вые» молекулы. «Левые» и «правые» молекулярные фрагменты — это полные зеркальные аналоги, но их нельзя совместить друг с другом.

Энергия взаимодействий, в которых молекулярные фрагменты-партнеры имеют одинаковую (левые с левыми и правые с правыми) и противоположную (левые с правыми) киральности, различна. Эта разница энергий, накапливаясь при контактах в отдельных частях сложных молекул, определяет реакции, играющие важную роль в функционировании живых организмов.

Спектры ядерного магнитного резонанса молекул и молекулярных ансамблей, построенных из элементов одинаковой и противоположной киральности, также различны. Поэтому ЯМР-эксперименты несут ценную информацию о структуре молекулярных систем с симметрическими элементами, об их микроскопических и энергетических характеристиках. Однако когда киральных элементов в системе много, расшифровка спектров наталкивается на значительные трудности. В первую очередь это связано с отсутствием математического аппарата, соответствующего природе неэквивалентностей, обуславливающих спектр. Необходим формализм, позволяющий проводить теоретический анализ подобных спектров как решение обычной спектральной задачи.

Авторы ввели «квантовые числа» для описания киральности молекулярных фрагментов и построили линейно-алгебраическую теорию спектров такой природы. Удалось получить необходимые и достаточные условия появления спектров определенной формы для систем любой сложности. Это важно, так как с ростом разрешения других спектральных методов в их спектрах также будут проявляться неэквивалентности взаимодействий киральных фрагментов.

Можно полагать, что разработанный математический аппарат окажется полезным при описании структуры важных биохимических реакций: на этой основе могут изучаться факторы, обуславливающие информационную устойчивость живых молекулярных систем.

«Журнал физической химии», т. 49, 1973, № 9, стр. 1988—2013.

Как ДНК защищается от лучевого поражения

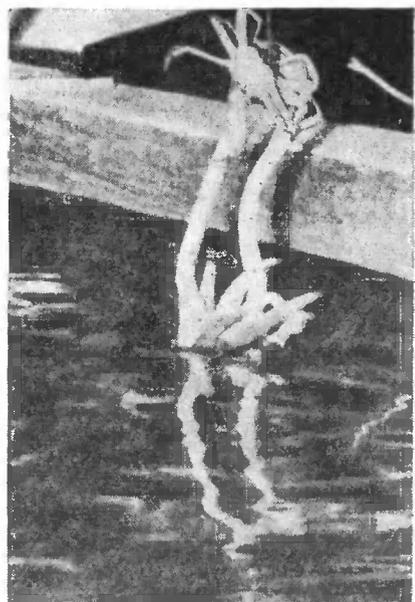
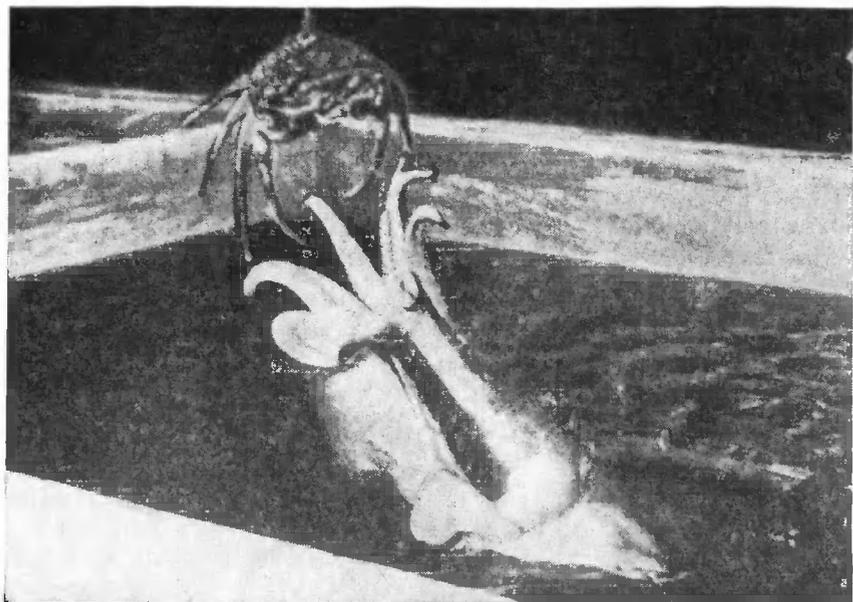
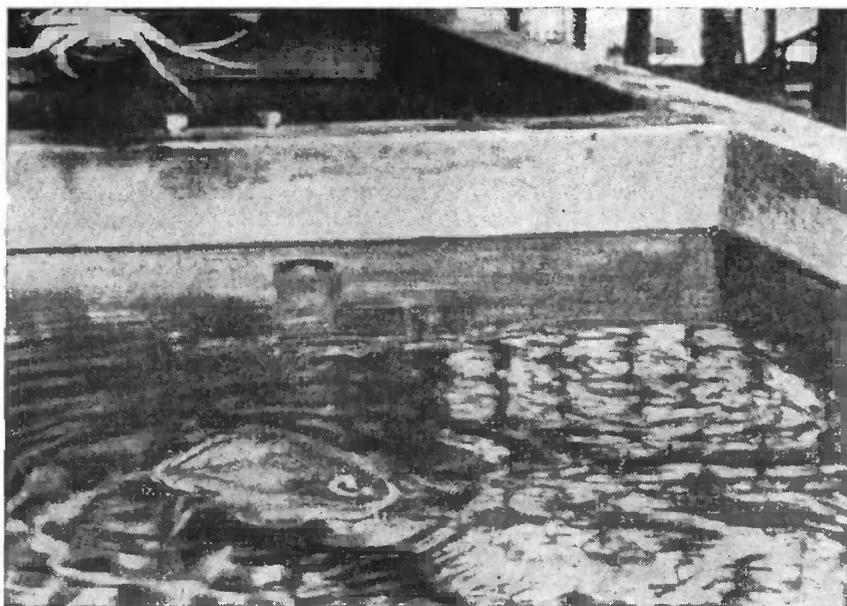
Недавно группа исследователей из Института цитологии АН СССР и Института теоретической физики АН УССР (Г. М. Баренбойм с соавторами) сообщили о существовании еще одной — более быстрой, чем ферментативная, — защитной реакции ДНК. За разрушением ДНК и дезоксирибонуклеопротеидов (ДНП) наблюдали по изменениям спектров поглощения и люминесценции. Выяснилось, что ультрафиолетовое облучение почти не поражает ДНК в ДНП, пока не разрушатся тирозиновые остатки гистонов. ДНК, не связанная с белком, разрушается значительно быстрее. Это может происходить в том случае, если энергия возбуждения, возникшая в результате УФ облучения, мигрирует с ДНК на тирозиновые остатки гистонов.

Это подтвердил расчет квантового выхода люминесценции тирозина — он дал величины 0,03 для фракции гистона и 1,54 для гистона в ДНП. Квантовый выход больше единицы может быть только в том случае, если есть миграция на тирозиновые остатки с каких-то других групп, в данном случае, очевидно, с нуклеотидов ДНК. Кроме такого миграционного защитного действия, гистоны, по-видимому, стабилизируют двуспиральную структуру ДНК. Показано, что такая структура менее подвержена действию УФ облучения. Предложено интересное объяснение низкого содержания аминокислот цистеина и триптофана в гистонах. Эти аминокислоты — самые чувствительные к облучению и должны быстро разрушаться при миграции на них энергии с ДНК. Поэтому в процессе эволюции они «отсеялись» из гистонов.

«Молекулярная биология», т. 7, 1973, № 4, стр. 522.

Каракатицы ловят добычу в воздухе

Известно, что некоторые кальмары, спасаясь от врагов, способны пролетать небольшое расстояние по возду-



Каракатица начинает прицеливаться к крабу, подвешенному над водой, и приближается к нему (вверху слева).

Каракатица хватается подвешенного над водой краба руками: неудачный бросок из-за неправильно выбранной позиции (внизу слева); бросающаяся на краба каракатица, воронка развернута устьем назад для создания реактивной силы, направленной к голове (вверху справа).

Каракатица схватила краба щупальцами (внизу справа).

ху. Способность выпрыгивать из воды у каракатиц до сих пор не была известна.

З. Болецкий (Лаборатория Араго, Франция) обучал каракатиц (*Sepia officinalis*) прыжкам из воды¹. Он опускал в аквариум краба или креветку на нитке и, когда каракатица

начала подкрадываться к добыче, медленно вытягивал приманку из воды. Каракатица занимала позицию точно под приманкой, разогналась, развернув воронку устьем назад и помогая себе плавниками, выскакивала из воды и хватала добычу в воздухе. После немногих опытов каракатица бросалась на краба, подвешенного над водой. Каракатицы, пойманные в море, начинали хватать добычу в воздухе уже через два дня после по-

¹ «Vie et Milieu», Ser. A, v. 23, 1972—1973, Fasc. I-A, pp. 133—140.

чирки, а выращенные в лаборатории — в начале третьего месяца жизни.

Молодые животные способны вылетать из воды целиком. Взрослая каракатица (длина туловища 22 см) выпрыгивала из воды «по пояс» и хватала крабов, подвешенных на высоте до 20 см над водой. Если краба помещали выше, она только прицеливалась, но не пыталась достать его. Обычно каракатицы хватают креветок своими длинными эластичными щупальцами, которые в покое втянуты в особые карманы между руками, а в момент броска мгновенно «выстреливаются» в жертву и подтягивают ее ко рту. Удерживать краба тонкими щупальцами, по-видимому, нелегко, и каракатицы предпочитают хватать крабов прямо руками, которые не могут растягиваться. Некоторые каракатицы предпочитают во всех случаях пользоваться руками, другие — щупальцами, а большинство комбинирует оба метода. Эти индивидуальные навыки сохраняются и при ловле добычи в воздухе.

Каракатицы могут всплывать на поверхность и рассматривать добычу или экспериментатора, выставив глаза из воды, но прицеливание и разгон для прыжка выполняют в погруженном положении. Для этого они должны уметь правильно определять дистанцию до цели и направление на нее, с учетом преломления лучей, бликов от ряби. В природе каракатицам, разумеется, никогда не приходится ловить животных над водой. Опыты Болецкого показали, насколько совершенно зрение каракатиц и как быстро способны они обучаться решению задач, с которыми они сами ранее никогда не сталкивались.

К. Н. Н е с и с
Кандидат биологических наук
Москва

Расшифрована первичная структура аспартаминотрансферазы

Аспартаминотрансфераза принадлежит к классу пиридоксальных ферментов и катализирует взаимное превращение аспарагиновой и кетоглутаровой кислот. Пиридоксальные ферменты наряду с белковой частью

содержат в своей молекуле пиридоксальфосфат, производное витамина В₆, и играют важную роль в обмене веществ. Их исследование стало особенно интенсивным после разработки А. Е. Браунштейном и М. М. Шемякинским химических основ пиридоксалевого катализа. Аспартаминотрансфераза — один из наиболее изученных представителей этого класса ферментов. К настоящему времени разработаны удобные методы его выделения в чистом виде, детально исследованы отдельные стадии ферментативного процесса.

Новый важный этап на пути изучения аспартаминотрансферазы — установление его первичной структуры (т. е. последовательности аминокислот в полипептидных цепях, составляющих белковую молекулу). Расшифровка первичной структуры¹ осуществлена Ю. А. Овчинниковым с сотрудниками (Институт химии природных соединений АН СССР) и А. Е. Браунштейном с сотрудниками (Институт молекулярной биологии АН СССР). Фермент после предварительной специальной обработки расщепляли на отдельные полипептидные фрагменты и далее проводили выделение, очистку и анализ полученных пептидов, после чего восстанавливали всю последовательность аминокислот. Эта тонкая трудоемкая работа была выполнена с широким использованием классических и новейших методов белковой и пептидной химии. Установлено, что молекула аспартаминотрансферазы состоит из двух идентичных субъединиц, каждая из которых содержит 412 аминокислотных остатков. Кроме того, была получена точная информация о положении некоторых функционально важных аминокислотных остатков, присутствующих в области активного центра или вблизи него.

Аспартаминотрансфераза — первый из пиридоксальных ферментов, для которого расшифрована первичная структура. Знание полной аминокислотной последовательности этого фермента облегчит и ускорит определение местоположения других функционально важных групп белка и послужит основой при выяснении и сопоставлении структур родственных

¹ ДАН СССР, т. 207, 1972, № 1, стр. 728.

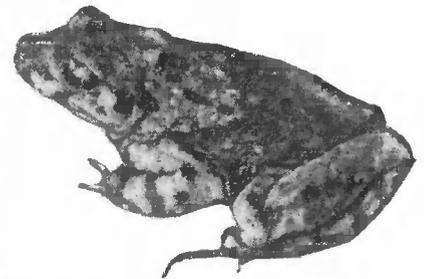
ферментов, а также при построении в дальнейшем трехмерной структуры аспартаминотрансферазы.

Г. К. К о в а л е в а
Кандидат химических наук
Москва

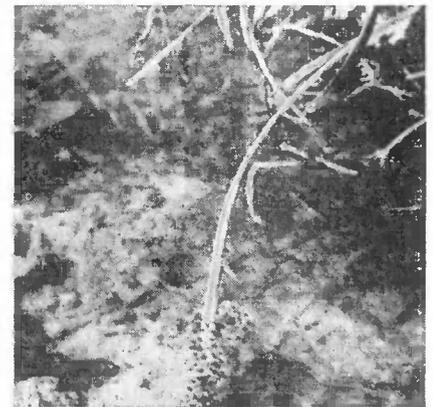
Земноводное из «Красной Книги»

Кавказская крестовка (*Pelodytes caucasicus*) — один из весьма редких видов нашей фауны, занесенный в международную «Красную Книгу». В Закатальском районе Азербайджанской ССР и в урочище Тигеня Кавказского заповедника авторы собрали новые данные по размещению и биологии размножения крестовки.

На высоте 500—600 м над ур. м., на восточном склоне над долиной реки Катех-чай в сильно затененном лесу, с редкой порослью в русле одного из горных ручейков, был обнаружен взрослый самец кавказской крестовки. Это первая находка крестовки в этом районе.



Кавказская крестовка (*Pelodytes caucasicus*).



Кладка яиц кавказской крестовки.

В соседней неглубокой заводи вскоре была найдена кладка яиц кавказской крестовки, в виде коротких и толстых слизистых гроздей (1—1,5 см в толщину и 5—6 см в длину). Одна порция яиц прикреплялась к подводному камню, а другая — к ветке ежевики, опустившейся под воду. Первая порция была свежей (зародыши на стадии «крупной точки»), другая — на стадии вылупления (разорванные, расщепленные слизистые нити, и в них — «новорожденные» головастики). Судя по находжению кладки, поимка самца не была случайной, и в этом районе существует постоянная возобновляющаяся популяция крестовки.

В урочище Тигеня Кавказского заповедника в последнюю неделю июля 1973 г. кавказские крестовки держались у ручья на высоте 1570 м над ур. м., протекающего в поясе светлых пихтово-буковых лесов с богатым подлеском из рододендрона и ежевики. Крестовок совершенно не было видно, и лишь голоса самцов выдавали их присутствие. На отрезке ручья примерно в 350 шагов было учтено 37 поющих самцов. В воде, на участках, где пели самцы, было найдено более 20 кладок икры в виде коротких и толстых слизистых гроздей, длиной 6—8 см и толщиной 1,5—2 см. Каждая гроздь содержала от 130 до 270 икринок, в среднем 191 икринка (из 8 гроздей). Слизистые грозди висели в воде, облепив листок осоки или упавшую в воду веточку. На мелководьях ручья со спокойным течением в воде было много головастиков крестовки. Среди них четко выделялись две возрастные группы: только что вылупившиеся и головастики на 26—27 стадии.

Детальное наблюдение за развитием крестовки в урочище Тигеня показало, что икреметание у этого вида начинается сравнительно поздно, не раньше июля, и закончится, видимо, в августе, если учесть температурные условия этого пояса гор. Крупные головастики, которых было много в водоеме, развиваются здесь второй год и вскоре (в августе) будут метаморфизировать. Таким образом, стал очевиден двухлетний срок развития личинок этого вида.

Профессор А. Г. Б а н н и к о в
Н. Н. Д р о з д о в
Кандидат географических наук
Москва

Сейсмотектонический «портрет» Памиро-Гиндукуша

Группа сотрудников Гармской экспедиции Института физики Земли АН СССР, обработав каталог слабых землетрясений Гармского района, предложила классификацию землетрясений по взаиморасположению осей основных напряжений в очагах толчков.

Типология механизмов землетрясений, предложенная А. А. Гангнусом, позволяет быстро свести любой достаточно представительный каталог механизмов землетрясений к простому набору из семи чисел (см. рис.) который можно назвать своеобразным сейсмотектоническим «портретом» района.

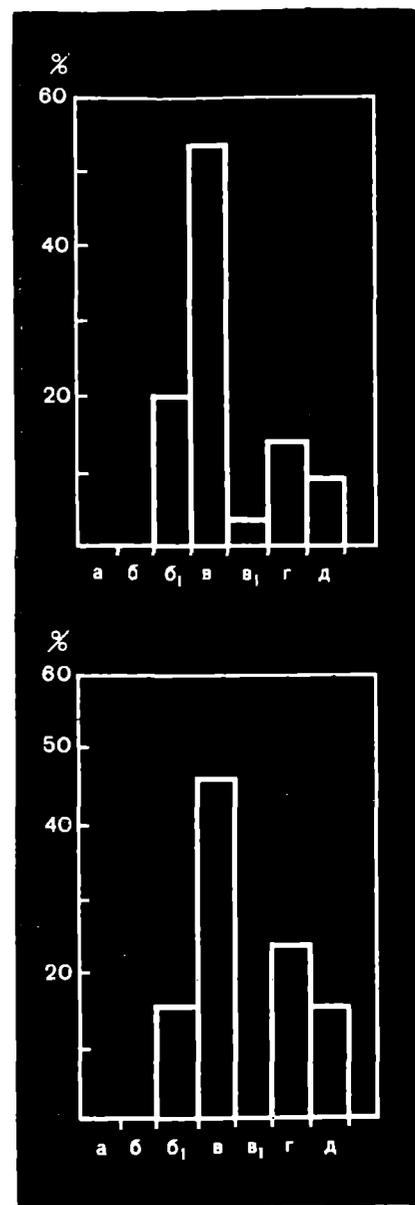
Каждый из выделенных семи типов землетрясений можно статистически однозначно интерпретировать как определенный вид подвижки в очаге. Чем выше энергия землетрясений, тем яснее выявляется на полученной гистограмме «чистый тип» тектонического движения в районе.

Очевидно сходство гистограмм, построенных, одна — по относительно сильным землетрясениям (с магнитудой — $M \sim 5$) Гармского района, вторая — по сильным ($M = 5-6$) землетрясениям всего Памиро-Гиндукуша. Это говорит о единстве тектонического процесса на всей территории Памира, Гиндукуша и южного Тянь-Шаня, и о преобладании типа «в», как в мелких, так и в глубоких землетрясениях района.

Такое статистически однозначное свидетельство подтверждает прежние реконструкции геологов о преимущественно надвиговой форме движения в районе (И. Е. Губин, В. Е. Хаин). По мнению исследователей, этот вывод согласуется и с реконструкцией характера контакта плит в районе Памиро-Гиндукуша¹. Этот преимущественно надвиговой основной контакт задает тон для всей сейсмотектоники обширной горной страны.

А. А. Л у к к
наук
Москва

Кандидат физико-математических наук



Гистограммы, характеризующие тектонические движения в Памиро-Гиндукуше (вверху) и в Гармском районе по статистике механизмов сильных землетрясений: а — сдвиг, б — вертикальный сброс (взброс) со сдвигом, б₁ — сброс (взброс), в — надвиг, в₁ — пологий сброс (растяжение), г — надвиг со сдвигом, д — пологий сброс со сдвигом.

¹ «Природа», 1974, № 4, стр. 65.

Химические элементы в грунте Луны

В 1971 г. Президиум АН СССР передал Президиуму Чехословацкой Академии наук образец лунного грунта (1,07 г), взятого на глубине примерно 30 см от поверхности Луны и доставленного на Землю советской автоматической станцией «Луна-16».

Учеными Чехословакии проведен химический анализ 12 обломков лунных пород первичного (породы базальтового типа) и вторичного (фракция 0,05 мм) происхождения, а также средних образцов реголита (брекчия, спекы и шлак).

В образцах было определено содержание 27 макро- и микроэлементов: Na, K, Mg, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Al, Si, Zr, Ni, Rb, Sr, Ba, V, Mo, W, Co, Zn, As, Sc, Cl, Sm, Eu, Dy, U.

Была обнаружена зависимость содержания химических элементов от типа породы. Например, содержание кальция и ванадия не зависит от содержания магния; содержание железа, титана, натрия, калия, бария и редкоземельных элементов уменьшается в зависимости от увеличения магния (за исключением спекы); содержание алюминия и кобальта увеличивается в зависимости от увеличения содержания магния (за исключением спекы) и т. д.

Исследования показали, что химический состав базальтовых кристаллических пород отличается от химического состава вторичных пород, т. е. брекчий и спеков. Породы Луны базальтового состава имеют более низкое содержание алюминия и кобальта и более высокое содержание железа, натрия, калия, бария. Различный химический состав первичных и вторичных пород Луны дает возможность судить о разных условиях их возникновения. Спекы имеют состав, подобный брекчиям, но химически они более однородны.

Оказалось, что содержание кальция и ванадия постоянно у всех изученных пород реголита. Тонкая фракция реголита ($< 0,05$ мм) содержит больше Sc, Zn, Ba, W, Dy, Sm и имеет более низкое содержание Co, чем средний образец реголита.

Выявленные зависимости содержания химических элементов от типа породы смогут служить основой генетической интерпретации вторичных пород Луны и окажут помощь при объяснении процессов, протекающих на лунной поверхности.

«Геохимия», 1973, № 9, стр. 1287—1293.

Валуны в пластах каменного угля

Среди пластов угля иногда встречаются валуны и гальки различных кристаллических горных пород, расположенных на большом расстоянии от угольных месторождений.

П. В. Зарицкий (Харьковский государственный университет им. М. Горького) собрал уникальную коллекцию таких валунов из углей Донбасса — более 200 образцов. Они сложены разными типами горных пород — гранитами, гнейсами, диоритами, андезитами, песчаниками, кварцитами. Преобладают идеально гладкие, хорошо окатанные эллипсоидальные и даже шаровидные валуны; вес некоторых из них превышает 60 кг! В то же время в пластах угля, содержащих валуны, совершенно отсутствует мелкий обломочный материал.

Каким образом валуны попали в пласты угля? Как столь крупные об-

ломки горных пород очутились в застойных торфяных болотах, послуживших основой для углеобразования?

Предполагают, что валуны были первоначально окатаны в руслах древних рек, а затем «приплыли» в болота, запутавшись в корнях деревьев. Изучение состава валунов позволяет сделать выводы о древних областях сноса обломочного материала в период угленакпления.

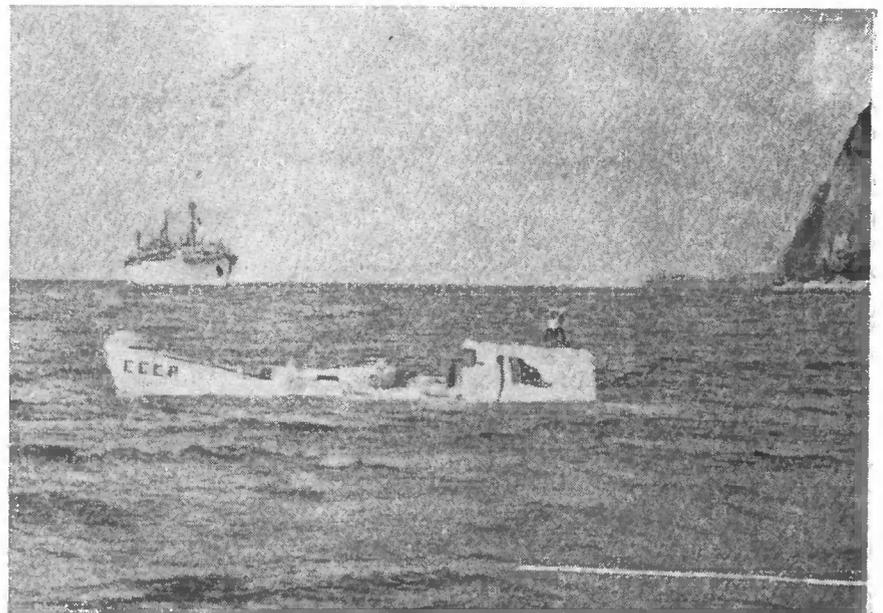
ДАН СССР, т. 213, 1973, № 1, стр. 187—189.

«Север-2» — новый подводный аппарат

Отечественный исследовательский флот пополнился уникальным комплексом — подводным аппаратом «Север-2» и базой-носителем «Одиссей».

Аппарат «Север-2» предназначен для решения рыбохозяйственных задач (поиск и изучение биологии традиционных и новых объектов промысла) и проведения широких океанографических исследований. От своего предшественника, гидростата «Север-1», новый аппарат отличается полной автономностью, размерами и оснащенностью научными приборами. Длина «Севера-2» — 12 м, ширина — 2,5 м, высота — 4 м, водоизмещение — 40 т. Экипаж нового аппарата, состоя-

Подводный аппарат «Север-2» и базой-носителем «Одиссей».



щий из пилота-командира, борт-инженера и одного-двух наблюдателей, может в течение 10 час. проводить непрерывные подводные работы.

Конструктивно аппарат «Север-2» выполнен в виде прочной цилиндрической гондолы, заключенной в легкий обтекаемый корпус. Внутри корпуса располагаются аккумуляторная батарея и многочисленные вспомогательные механизмы аппарата. «Север-2» имеет три двигателя, обеспечивающих его горизонтальное перемещение со скоростью 4 км/час и вертикальное маневрирование. Сочетание иллюминаторов и подводных светильников обеспечивает эффективное наблюдение и съемку объектов исследования.

База-носитель «Одиссей» — исследовательское судно, водоизмещением 3,8 тыс. т. Судно имеет мощное спуско-подъемное устройство, обеспечивающее прием на борт и спуск аппарата на воду. На судне имеется ряд лабораторий для комплексного исследования океана.

«Судостроение», 1973, № 10, стр. 16—17.

Семинар по методологии историко-научного исследования

19—21 декабря 1973 г. в Обнинске проходил общеакадемический семинар «Проблемы методологии историко-научного исследования», организованный Институтом истории естествознания и техники АН СССР. Центральными вопросами обсуждения были: соотношение «внешних» (социальных, организационных и т. п.) и «внутренних» (логических, теоретических) факторов развития науки, роль и значение историко-научных исследований, особенность историко-научного подхода и специфичность средств, которые в нем применяются.

В настоящее время многие историко-научные исследования ведутся в рамках науковедения. Одна из важнейших ее задач — раскрыть, каким образом внешние условия и факторы влияют на содержательную сторону развития науки (С. Р. Микулинский). Введение новых понятий («деятель-

ность» и «категориальный строй мышления») позволяет преодолеть традиционные противоречия в исследовании прошлого знания: в то время как одно направление оценивает прошлое знание лишь с позиций современного теоретического уровня, другое ставит целью только реконструкцию прошлого (М. Г. Ярошевский).

Требование исторической конкретности ставит задачу анализа не только содержания теорий и объективных условий их формирования, но и анализа их субъективных предпосылок. Важнейший момент, констатирующий конечный теоретический результат, — особенности «переживания» ученым своей деятельности как поисков истины, и себя — как ищущего ее (Б. С. Дынин). Кроме того, необходимо рассмотреть, каким образом возможно понимание современным историком психологии того, кто жил, работал, создавал научные теории в совершенно иных культурных, социальных, временных измерениях (П. П. Гайденко).

Несмотря на то что внешние факторы играют важнейшую роль в определении направления научных поисков, все же внутренний механизм преобразования теории не может быть этим объяснен. Важная методологическая проблема историко-научных исследований — рациональное объяснение изменения и развития научных знаний (Б. С. Грязнов).

Н. И. Кузнецова
Москва

Памяти Д. И. Щербакова

21 января 1974 г. в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР состоялось заседание научной геологической общественности, посвященное памяти известного советского геолога и путешественника, автора многих научно-популярных книг и главного редактора журнала «Природа» (1956—1966), академика Д. И. Щербакова. С докладом «Особенности геологии и металлогенеза Болгарии» выступил Л. В. Хорошилов. Своими воспоминаниями о Д. И. Щерба-



Д. И. Щербаков выступает в Политехническом музее. 1965 г. Публикуется впервые.

Фото Л. И. Парамоновой.

кове поделились В. И. Вольфсон, В. В. Щербина и др.

С именем Д. И. Щербакова связаны крупные открытия в Средней Азии, на Кавказе, в Казахстане и Забайкалье, имеющие большое значение для индустрии страны. В последние годы Д. И. Щербакова интересовали особенности молодой металлогении. На примере Большого Кавказа им были разработаны принципы металлогении. Здесь им впервые было обращено внимание на широкое развитие разломов антикавказского (северо-восточного) направления и на специфику связанных с ними оружений. Подобные разломы отмечены докладчиком и для территории Родоп. Поэтому выводы, сделанные Д. И. Щербаковым, теперь можно распространить значительно шире, а это может иметь большое значение для Болгарии.

Заседания, посвященные памяти Д. И. Щербакова, теперь будут проводиться ежегодно.

Программа ЮНИСИСТ в действии

Приняв участие в разработке программы ЮНИСИСТ (Всемирной системы научно-технической информации¹, предпринятой по инициативе ЮНЕСКО), Советский Союз приступил к практической реализации этой программы.

Созданная в СССР — впервые в мировой практике — Государственная система научно-технической информации (ГСНТИ) представляет собой совокупность взаимодействующих видовых, отраслевых, региональных (межотраслевых) и национальных (в союзных и автономных республиках) систем научно-технической информации, объединенных общностью цели, единством организационных принципов и совместимых по техническим средствам реализации. Поэтому ГСНТИ можно рассматривать как своеобразный прототип Всемирной системы научно-технической информации.

Примером реализации программы ЮНИСИСТ может служить Международный центр научной и технической информации, в состав которого входят Болгария, Венгрия, ГДР, Куба, Монголия, Польша, Румыния, СССР и Чехословакия. Основная задача Центра — поэтапное (1972—1975 гг.) создание Международной системы научно-технической информации стран-членов Центра на основе кооперирования национальных систем и организации международных систем по отраслям и видам информации. Ряд подсистем (по научно-техническим отчетам и диссертациям, по переводам и др.) уже практически начали действовать. Служба регистрации периодических изданий стран-членов СЭВ, действующая в Центре, рассматривается как региональная составная часть аналогичной службы, создаваемой в рамках ЮНИСИСТ.

Разработан перспективный план стандартизации и проведены работы по подготовке некоторых стандартов научной и технической информации для стран-членов СЭВ.

¹ «Новости ЮНЕСКО», 1973, № 11, стр. 2—7.

¹ См.: Проект ЮНИСИСТ. «Природа», 1971, № 9, стр. 107.

Новый метод консервации древесины

При раскопках средневековых, а иногда и более древних памятников встречаются остатки деревянных построек и изделий. Сохранить их очень трудно, и большая часть бревен после извлечения из раскопа окончательно погибает.

Группа ученых Белорусского технологического института (Ю. В. Вихров, В. А. Борисов, С. Ю. Казанская) разработала новый метод консервации древесины, примененный в Бресте на постройках XII—XIII вв.

Первый этап работ состоял в пропитке древесины специальными синтетическими смолами. Бревна многократно обмазывали водным раствором смолы. Глубинные слои пропитывались под давлением 4—10 атм из герметически закрытой емкости с отходящим от нее шлангом с пустотелыми иглами. Иглы вкалывались на глубину 10 см на расстоянии 20—30 см друг от друга. Последовавшая затем подсушка бревен осуществлялась при температуре 100—120° с помощью газовых горелок, и была достигнута полная полимеризация смолы в древесине.

В результате этих работ бревна приобрели плотный (до 0,9 г/см³) слой из модифицированной древесины толщи-

ной 4—5 мм, под которым следовал 60-миллиметровый слой плотностью 0,6 г/см³. Влажность наружного слоя до глубины 50 мм не превышала 5%. Древесина сохранила свою форму и фактуру.

Таким образом, первый опыт консервации остатков древних деревянных построек с использованием новых составов и приемов оказался вполне успешным. Одно из достоинств метода — древесина консервировалась непосредственно на месте, без разборки построек.

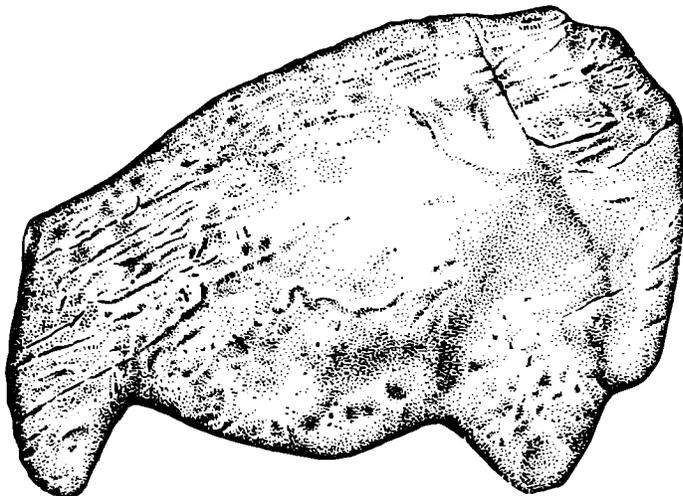
«Советская археология», 1973, № 4, стр. 277—279.

Новые подарки Сунгирия

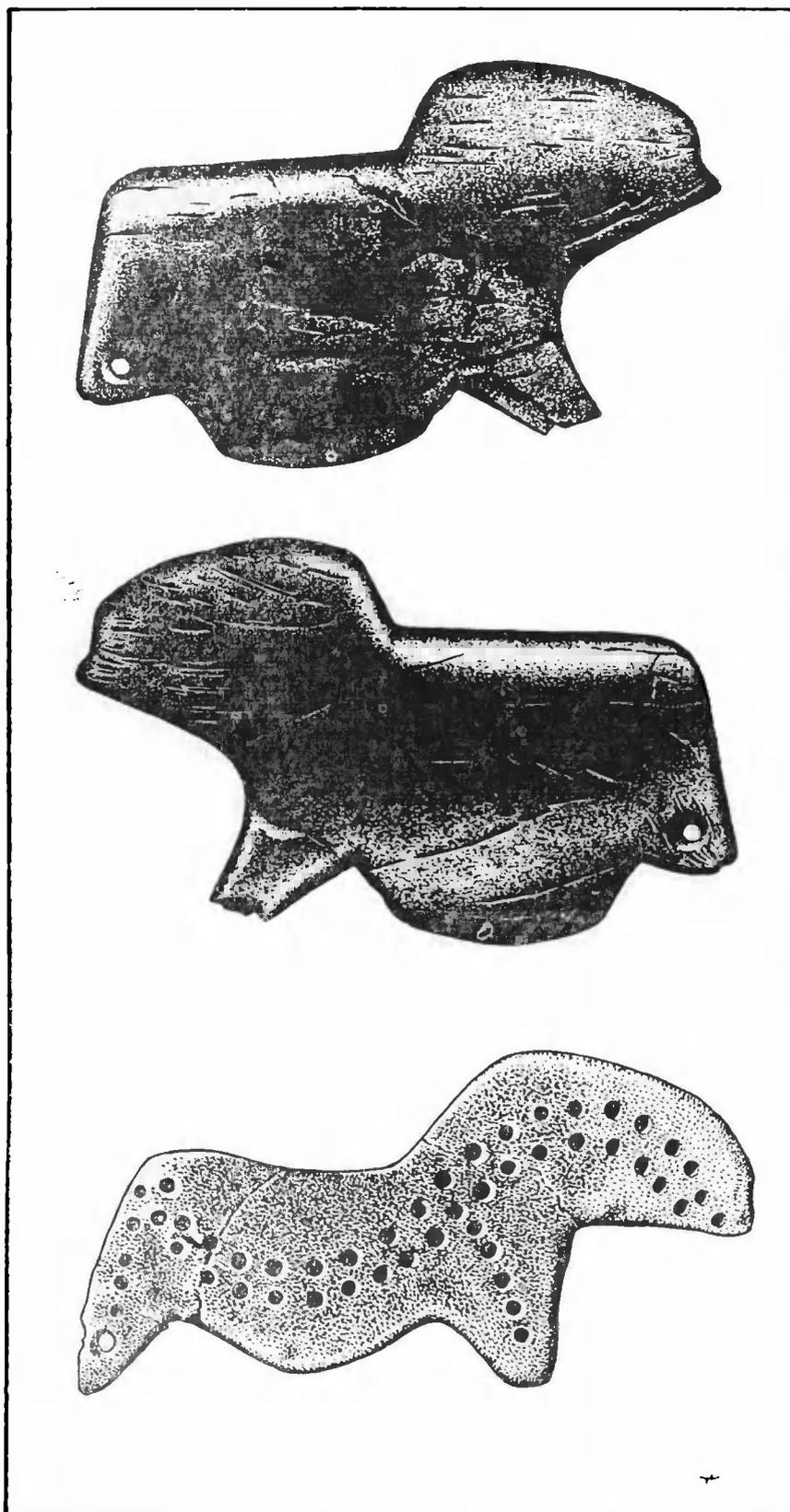
Из последних исследований палеолитической стоянки Сунгирь под Владимиром, раскопки которой ежегодно продолжаются Институтом археологии АН СССР и Владимиро-Суздальским музеем, особое внимание обращают на себя произведения искусства и среди них изображения животных, окружавших человека того времени в наших широтах.

При расчистке монолита, найденного в декабре 1969 г.¹, мы обнаружили множество предметов. Некоторые из них подчеркивают неразрывную

¹ «Природа», 1971, № 5, стр. 30.



Фигурка мамонта. Сунгирь. Выполнена из бивня мамонта.



Плоская фигурка лошади (лицевая и оборотная стороны). Сунгирь. Выполнена из бивня мамонта (вверху). Найденная ранее на Сунгире скульптурное изображение лошади (внизу).

связь людей палеолита с животным миром. Так, на тело мальчика¹ при захоронении были положены две когтевых фаланги пещерного льва, сзади к меховой (или кожаной) рубашке мальчика была пришита нитка бус, имитирующая хвост, на грудь была положена плоская скульптура лошади, а под левое плечо — крупная скульптура мамонта или бизона (обе скульптуры выполнены из бивня мамонта). Все эти вещи, так же как и все тело мальчика, были густо посыпаны красной охрой.

Фигурка лошади (ее наибольшая длина по диагонали 8,6 см) похожа на известную фигурку лошади из культурного слоя² отвислым животом и сквозным отверстием на задних ногах; выполнена она художником более общенно, с прямой спиной и лишь намеченным профилем задних ног; видимо, обе фигурки, изображающие жеребых кобыл, были символом размножения лошадей. Об этом говорит и схематически изображенная точками внутри контура скульптуры лошади из Сунгиря вторая фигура лошади.

Наиболее крупная скульптура (длина по диагонали 12,4 см и толщина 3,1 см), по определению В. И. Громова, изображает мамонта, на что указывает общий контур фигуры и старания художника изобразить хобот, а также относительно низкую по сравнению с бизоном заднюю часть.

Радиоуглеродный анализ образца со стоянки Сунгирь дал цифру 25,5 тыс. лет, что указывает на ее относительно ранний возраст среди палеолитических стоянок СССР, известных своими произведениями искусства.

В Средней и Западной Европе нет прямых аналогий сунгирским находкам — они уникальны в искусстве палеолита.

О. Н. Бадер
Доктор исторических наук
Москва

¹ При изучении костей двух погребенных в могиле подростков, оказалось, что северное погребение принадлежит девочке.

² «Природа», 1971, № 5, стр. 34.

Коротко

● Б. В. Шехватов и Э. В. Сувилов (Институт океанологии АН СССР) создали автономный прибор для измерения скорости, направления течения и температуры воды на глубине до 1,5 км. Герметичный корпус прибора снабжен стабилизатором, ориентирующим его по направлению течения. Данные измерений записываются на магнитную пленку в цифровой форме, что позволяет производить их обработку на ЭВМ (см. рис. вверху).

«Океанология», 1973, № 5, стр. 883—886.

● Сотрудники Института теоретических проблем техники Польской академии наук сконструировали акустический эхолот для соляных копей. Новый прибор сможет работать на глубине до 2 тыс. м под землей, радиус его действия — 35 м.

«Польское обозрение», 1973, № 50, стр. 17.

● Премией Калинга, присуждаемой за успехи в популяризации науки, в 1973 г. отмечены Д. Абельсон — президент Вашингтонского Института Карнеги и редактор американского журнала «Science» и английский писатель Н. Колдер — автор научно-популярных книг и телепередач.

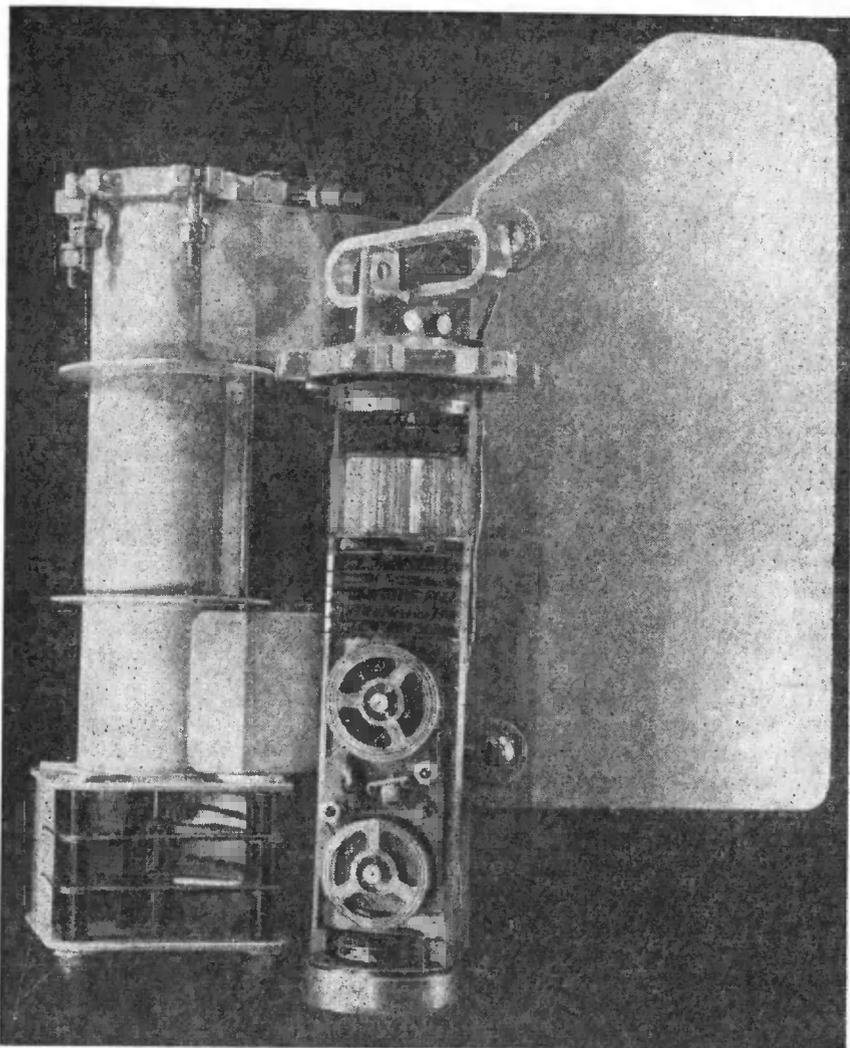
«Новости ЮНЕСКО», 1973, № 12, стр. 1.

● Археологи из Института истории материальной культуры Польской академии наук обнаружили недалеко от г. Шидловца древний рудник, в котором 20 тыс. лет назад добывался кремний; глубина рудника — 4 м, диаметр — 8 м.

«Польское обозрение», 1973, № 51, стр. 13.

● Медеплавильная печь эпохи бронзы, сложенная из плит розового песчаника. Открыта недавно в Сибири, в долине Кюг. Таких печей ранее в Сибири было найдено только две — одна в Туве (1962 г.) и другая в Хакасии (1968 г.) (см. рис. внизу).

«Советская археология», 1973, № 4, стр. 244.



Частное лунное затмение 4 июня 1974 г.

М. М. Дагаев
Москва

4 июня 1974 г. произойдет частное лунное затмение. Оно будет доступно наблюдениям в Европейской части и в западных районах Азиатской части Советского Союза, кроме местностей, лежащих за северным полярным кругом, где Луна в этот день не восходит над горизонтом. Все фазы частного лунного затмения будут видны западнее линии, проходящей примерно от Тбилиси через Волгоград, Саратов и Горький к Вологде. Восточнее этой

линии можно наблюдать не все фазы затмения, так как Луна зайдет за горизонт до его окончания. Восточнее линии, проходящей от Барнаула через Новосибирск и Сургут к Березову, ни одна фаза затмения видна не будет, поскольку там Луна зайдет за горизонт до начала затмения.

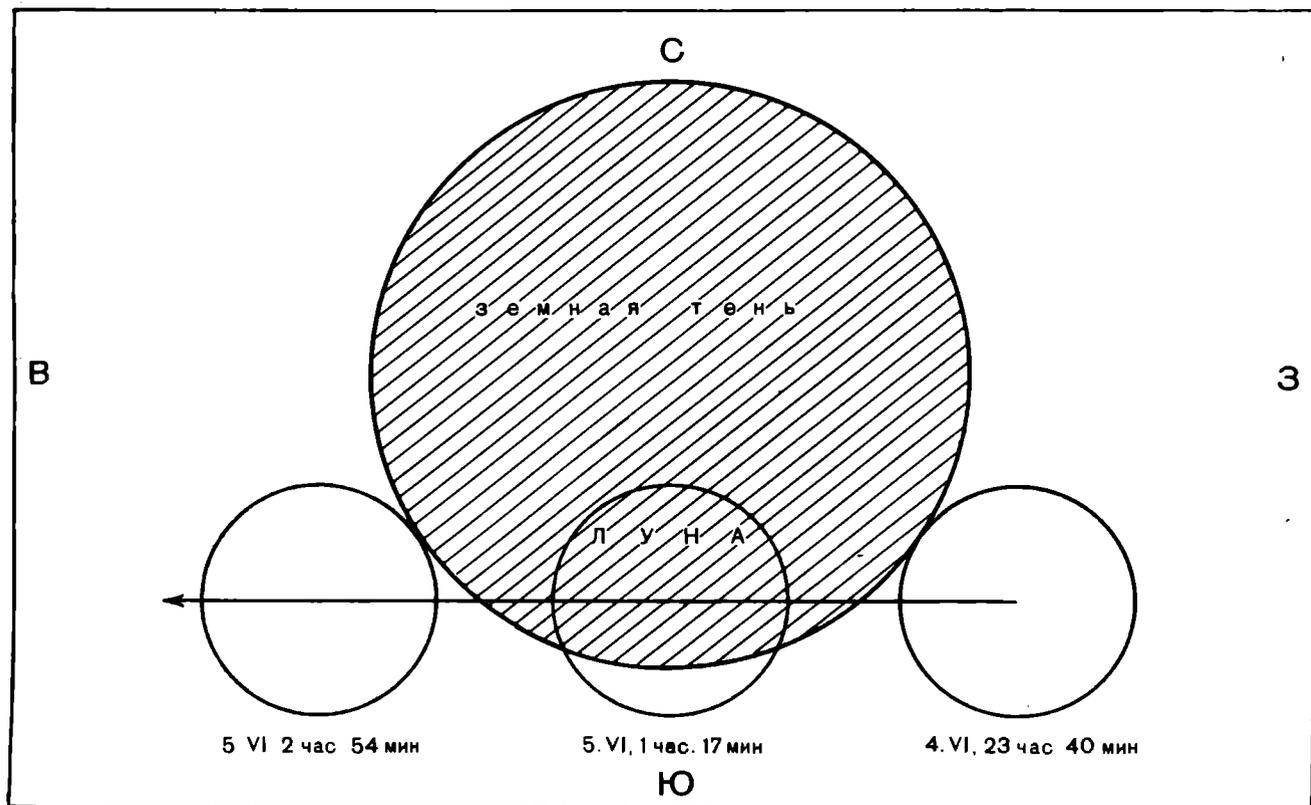
Наибольшая фаза лунного затме-

ния 0,83, т. е. лунный диск не весь покроется земной тенью — в ней окажется 83% его диаметра. Луна будет находиться в созвездии Змееносца, примерно в 6° северо-восточнее звезды Антарес (α Скорпиона), и пройдет сквозь южную область земной тени.

Ниже приводятся обстоятельства затмения по московскому времени:

начало частного затмения
момент наибольшей фазы
конец частного затмения

в 23 час. 40 мин. (4 июня);
в 1 час. 17 мин. (5 июня);
в 2 час. 54 мин. (5 июня).



Путь Луны сквозь земную тень 4—5 июня 1974 г.

К 250-летию нашей Академии

Б. А. Малькевич
И. А. Шафран
Ленинград

Издательство «Наука» подготовило к печати двухтомник «Академия наук СССР. 250 лет. Персональный состав», в котором представлены члены нашей Академии наук за все время ее существования. Ответственный редактор книги—член-корреспондент АН СССР Г. К. Скрябин. Книга создавалась в Архиве АН СССР. Составители юбилейного издания — Б. В. Левшин, Б. А. Малькевич,

Н. Г. Михайлова и И. П. Староверова. Подбором портретов занимались: И. З. Астафьева, В. М. Заливалова, П. Н. Корявов, Н. Н. Ростова, Н. В. Филиппова и И. А. Шафран. По просьбе «Природы» сотрудники Ленинградского отделения Архива рассказывают о работе, которую пришлось проделать коллективу составителей, и о содержании книги.

Впервые список членов Петербургской академии наук был составлен архивариусом В. П. Шемиотом и опубликован на французском языке в 1872 г. под названием: «Liste des Présidents et des Membres de l'Académie depuis sa fondation» («Список президентов и членов Академии с ее основания») ¹. В нем приводились краткие сведения о 1254 членах Академии. В следующем году этот список был дополнен автором и напечатан на русском языке ².

В дальнейшем, до начала 1900-х годов, работы по уточнению и дополнению данных об ученых—членах Академии не велось. В 1908 г. вышел в свет фундаментальный труд Б. Л. Модзалевского «Список членов Императорской Академии наук. 1725—1907», подготовленный им по предложению неперменного секретаря С. Ф. Ольденбурга и постановлению Общего собрания Академии в 1906 г. Это

справочное издание было значительно полнее списка В. П. Шемиота и шире по хронологическим границам. Кроме того, оно давало, как отмечал в предисловии Б. Л. Модзалевский, возглавлявший в то время Архив Академии наук, более точные сведения, основанные на архивных источниках.

После Великой Октябрьской социалистической революции, в период подготовки к 200-летию юбилею Академии наук СССР, Б. Л. Модзалевскому было поручено подготовить часть списка к переизданию, и в 1925 г. в Ленинграде был напечатан «Список действительных членов Академии наук СССР. 1725—1925».

В последующие годы в Архиве АН СССР продолжался систематический сбор материалов обо всех членах, избираемых в Академию. В 1945 г. была издана справочная книга «220 лет Академии наук СССР», один из разделов которой составляет список академиков, членов-корреспондентов, почетных и иностранных членов, значившихся к этой дате в Академии. А в середине 1950-х годов началась работа над максимально полным справочным изданием о членах Академии наук за период от ее основания до наших дней включительно.

Прежде всего, в Архиве АН СССР

был составлен список действительных членов за дореволюционный период и опубликован в двух первых томах «Истории Академии наук СССР», изданных Институтом истории естествознания и техники АН СССР при участии Архива АН СССР (М.—Л., «Наука», 1958—1964 гг.). Затем была продолжена работа по подготовке разделов об отечественных и иностранных членах-корреспондентах и почетных членах Академии, а также о ее руководящем составе. В результате многолетних поисков новых и уточнения имевшихся биографических сведений была составлена книга под названием «Академия наук СССР. 250 лет. Персональный состав». Составители использовали прежде всего материалы, хранящиеся в Архиве АН СССР: формулярные списки, автобиографии и другие личные документы ученых, биографические очерки, статьи, некрологи (рукописные и печатные), материалы по избранию в Академию—контракты, копии дипломов, переписку, подлинные протоколы заседаний Общего собрания (конференции) Академии. Если протоколы отсутствовали, данные проверялись по ежегодным отчетам о деятельности Академии наук. (В XVIII в. и в первой половине XIX в. все эти упомянутые документы составлялись на иностран-

¹ См. Приложение III в книге: *Tableau général méthodique et alphabétique des matières contenues dans les publications de l'Académie impériale des sciences de St.-Petersbourg depuis sa fondation. 1^{re} partie. St.-Pb., 1872, p. 407—499.*

² «Записки Императорской Академии наук», т. XXII, кн. 2, 1873, стр. 285—391.

ных языках — латинском, немецком, французском). Кроме того, были использованы материалы государственных архивов Ленинграда и Москвы; посылались запросы и в архивы других городов, а также в учреждения и отдельным ученым за рубежом. Широко привлекались печатные источники — как русские, так и иностранные.

Первая часть книги охватывает период с момента организации Академии до Великой Октябрьской социалистической революции; вторая отражает советские годы истории Академии наук, вплоть до настоящего времени. Это новое издание включает сведения почти о 3,5 тыс. русских, советских и иностранных ученых, состоявших и состоящих поныне действительными членами, членами-корреспондентами, почетными и иностранными членами АН СССР.

На протяжении всей своей истории Академия наук СССР поддерживала постоянные научные связи со многими зарубежными академиями наук, обществами, институтами и отдельными учеными. Одной из форм таких связей было избрание представителей этих учреждений иностранными членами (почетными или членами-корреспондентами) Академии, среди которых были М. Фарадей, Ч. Дарвин, Б. Франклин, А. Гумбольдт, Р. Реомюр, Ж. Кювье, П. Лаплас, Ф. Вольтер.

Эти международные научные связи сохраняются и развиваются в советские годы. Иностранцами членами Академии наук СССР были Э. Резерфорд, М. Планк, А. Эйнштейн, Н. Бор, П. Ланжевэн, Ф. Жолио-Кюри и М. Складовская-Кюри, П. Эренфест. И сейчас в ней состоят многие зарубежные ученые, пользующиеся мировым признанием.

В новой книге о каждом избранном в Академию ученом дается краткая биографическая справка, в которой указываются фамилия, имя, отчество (а для зарубежных ученых приводится транскрипция на иностранных языках), даты жизни, специальность и данные об избрании в Академию (разряд наук, а с 1837 г. — названия отделений, по которым ученые избирались). В справках об иностранных членах указывается название страны, в кото-

рой жил и работал ученый к моменту избрания.

В использованных составителями печатных источниках в ряде случаев содержались противоречивые или недостаточно точные биографические сведения, ошибки в транслитерации иностранных фамилий, имен и географических названий. Составители тщательно сверили эти данные с архивными документами и исправили ошибки, иногда очень грубые. Так, избранный в 1745 г. иностранным почетным членом Академии Жак Перар значился в справочнике Б. Л. Модзалевского как Жерар, имя его было неизвестно, а дата избрания указана неверно. Выявилась ошибка с медиком Германом Каау Бургаве (1668—1738), который значился почетным членом Академии с 1731 г. В действительности же почетным членом Академии наук был избран, притом в 1750 г., его племянник, тоже медик, Герман Каау Бургаве (1705—1753). Можно было бы привести ряд примеров о разноречивых данных в датах жизни ученых, которые пришлось тщательно сопоставлять.

Книгу о членах Академии наук было решено проиллюстрировать их портретами, что весьма осложнило подготовку издания. В иконографической коллекции Архива АН СССР было немало пробелов, особенно в портретах ученых XVIII в. и иностранных членов Академии. Поиски портретов велись в архивах, художественных и научных музеях и библиотеках Ленинграда, Москвы, Таллина, Риги, Вильнюса, Одессы и других городов. Наиболее плодотворные результаты дала работа в отделе эстампов Государственной публичной библиотеки им. М. Е. Салтыкова-Щедрина, где были, в частности, найдены портреты Х.-Э. Геллерта, адъюнкта по химии, руководившего первыми опытами М. В. Ломоносова, английского зоолога и палеонтолога Ричарда Оуэна и многих других членов Петербургской академии наук. Ряд портретов выявлен в литературном музее Института русской литературы (Пушкинского дома) АН СССР. В Государственном историческом музее обнаружен силуэт, изображающий, как предполагается, академика Г. Ф. Миллера. Малоизвестные портреты удалось разы-

скать и в зарубежных хранилищах.

Однако многих портретов членов Академии наук XVIII—XIX вв. пока еще найти не удалось. Поэтому в книге нет портретов ботаников И. Х. Бухсбаума и С. Г. Гмелина, зоолога В. Ф. Зуева, географов И. И. Исленьева и К. Г. Мертенса, химиков У.-Х. Сальхова и И.-Г. Сигезбека, медика Н. П. Соколова, астронома Ф. О. Черного, архангельского краеведа В. В. Крестинина, минералогов и специалистов по горному делу А. В. Раздеришина и И. М. Ренованца, профессора Харьковского университета физика А. И. Стойковича, профессора и ректора Московского университета П. И. Страхова и некоторых других.

Тем не менее новый справочник, отражающий изменения в основном научном составе высшего научного учреждения нашей страны за два с половиной века, — самое полное и точное из такого рода изданий. Мы надеемся, что эта книга, выпущенная к юбилею нашей Академии, принесет пользу широкому кругу читателей, интересующихся разными аспектами истории Академии наук СССР.

Какой быть книге о природе?

Б. А. Старостин
Кандидат биологических наук
Москва

С. А. Хлатин. Я ИДУ ПО ЛЕСУ. М., «Лесная промышленность», 1973, 142 стр.

Интерес к природоведению и природоведческим изданиям за последние годы чрезвычайно усилился. Независимо от тиража не задерживаются на прилавках ни определители, ни путеводители экскурсий, ни руководства, ни любые другие издания, так или иначе связанные с охраной природы. Интерес этот — одно из характерных явлений современности, он связан с усилением тяги к природе, и его следует всемерно поддерживать хотя бы потому, что без него не может быть успешным ни одно мероприятие по охране природы. Но поддерживать мало, его необходимо рационально направлять.

В современных концепциях охраны природы основная ставка делается обычно не на рост уровня осведомленности населения, а на организационные мероприятия и запреты. Несомненно, чтобы сохранить в естественном виде биосферу или хотя бы какие-то ее участки и спасти то, что можно спасти, необходимы установки очистных сооружений, создание заповедников и заказников, соблюдение их режима (контроль и штрафы за нарушение), координация между ведомствами и между странами. Эти меры проводятся, хотя еще не в тех масштабах, какие нужны. Однако для достижения конечных целей охраны природы все-таки нужнее всего, чтобы люди конкретно понимали смысл охраняемых мер.

Кроме того, следует учитывать, что имеется два одинаково опасных источника загрязнений и «порчи» природы: побочные эффекты, с одной стороны, промышленного производства, а с другой, — деятельности населения. Для устранения первого источ-

ника организационные меры и запреты более действенны, для второго — менее. Тут нужно другое, а именно, психологическая перестройка в отношении к природе. Иными словами, люди должны не только безотчетно любить ее, но и знать. Формулировка тривиальна, но ее нелегко осуществить на деле, хотя тенденция к новому, сознательному отношению к природе вполне реально усиливается во всем мире.

Намечающееся коренное изменение отношения к природе не будет чем-то совершенно новым. Скорее его можно рассматривать как естественное завершение процесса, шедшего уже многие века, но касавшегося до сих пор лишь отдельных природных комплексов. Когда наши предки бежали от татарского нашествия со степной Украины в лесную зону, они долгое время считали свою новую среду неисчерпаемой и даже в какой-то мере враждебной. Лес оттесняли, сводили на пашни, пока к XVIII в. не стали ясны отрицательные последствия. В связи с этим при Петре I и позже была принята стратегия активного лесоустройства и лесоразведения. Затем нечто аналогичное произошло и с отношением к степи. После сдвига государственного центра из Киева во Владимиро-Суздальскую и затем Московскую Русь степь стала восприниматься как «дикое поле» и источник беспокойства (кочевники), потом как объект колонизации и опять-таки сплошной распахки. У писателей XIX в. степь нередко еще символизировала бескрайнее однообразие и дикость; в XX же столетии стало несомненным (быть может, с опозданием), что это один из богатейших и ори-

гинальнейших ландшафтов, подлежащих усиленной охране. Таким же превращениям подверглось отношение и к тропическим лесам, и к океанам, а в последнее время даже к пустыням и болотам. Таким образом, сегодня речь идет о том, чтобы применить к биосфере в целом подход, выработанный ранее для тех или иных ее подсистем. Только тогда станет возможным равновесие между человечеством и биосферой.

Мы не можем полностью и во всех чертах знать, каким будет отношение к природе через несколько десятилетий, но нет сомнений, что оно будет, в частности, и научным. Основы его закладываются сейчас, и не в последнюю очередь массовыми природоведческими изданиями, решающими проблему распространения научных знаний о природе.

Поэтому надо приветствовать, что за последние годы к решению этой проблемы подключился ряд издательств, в том числе и «Лесная промышленность», выпустившая общедоступные книги по лесным ресурсам и лесному хозяйству в СССР. К ним относится и книга С. А. Хлатина, представляющая собой опыт популярного очерка жизни леса в связи с вопросами его разведения и охраны. Автор рецензируемой книги излагает начальные сведения об ярусном строении леса, о его микроклимате и почвах, о физиологии и размножении деревьев, о рациональных рубках, о влиянии леса на климат, сельское хозяйство и на здоровье человека.

Пожалуй, наиболее интересная часть книги — глава о животном населении леса, рассматриваемом под лесоводческим углом зрения. Эта глава

занимает 40% текста книги и содержит много увлекательного материала. Читатель узнает из нее, как и с какой пользой лесоводы расселяют по лесу муравейники, как жуки-могильщики зарывают трупы животных (в специальном опыте жук за два дня полностью зарыл труп крота), по какой геометрической схеме паук тклет свою паутину, о привычках основных лесных птиц и зверей. Перелеты птиц и их охрана в период перелетов, разные манеры ления, питания, гнездования, насиживания — все это освещается подробно и интересно для всех. Очень красочно автор описывает свою встречу с любопытным бурундуком, сцены охоты на лис и волков и в то же время приводит убедительные доводы в пользу ограничения этой охоты. Рассказано об отношениях лося и лосиного овода, об эхолокаторе летучей мыши, о разведении соболей в Баргузинском и Кроноцком заповедниках, о приручении лисят и лосей и т. д. К этой главе приложены цветные таблицы. Четыре из них, посвященные полезным и вредным лесным насекомым, наглядны и дают хорошее представление о различных фазах их превращения и основных видах повреждения ими различных органов растения. Вообще книга иллюстрирована хорошо, если не считать таблиц, в которых представлены грибы: изображено, притом не особенно удачно, всего девять видов.

Ценность представляет заключительная глава книги, «Лес и человек», особенно ее раздел «Из истории лесного хозяйства», поскольку в нашей научно-популярной литературе отсутствует общий очерк лесоразведения и динамики отечественных лесных площадей. Из этого раздела читатель узнает об истории русской засечной черты, о Ф. Х. Майере, В. Е. Граффе и других деятелях степного лесоразведения, а также о том, кто, когда и с каким эффектом рубил леса в дореволюционный и советский период. В следующем разделе «Организация хозяйства в лесу» читаем о планах лесхозов и расчетных лесосеках, о правилах нумерации лесных кварталов, о работе лесников и лесоводов, о средствах достижения равновесия между производительностью и эксплуатацией леса.

Автор старается по возможности всесторонне осветить жизнь леса, и это составляет преимущество книги. Но досадно, что приводя множество разнообразных сведений, автор допускает большое количество неточностей и ошибок.

Лес предотвращает смыв почвы, образование оврагов и наводнения, хотя в то же время лесистость (отметим, как и многие другие показатели, связанные с охраной природы) должна быть именно оптимальной, а не максимальной: на равнинах оптимум лесистости лежит, как сообщает С. А. Хлатин на стр. 58 (непонятно только, почему он считает это «очевидным»), в пределах 25—35%. Если этот показатель для окультуренной местности правдоподобен, то в других случаях автор явно злоупотребляет цифрами. Часто попадают фразы вроде следующей: «Опытами установлено, что в пихтовом лесу на уровне почвы находится 2290 бактерий и спор плесневых грибов, а на высоте 1,5 м их всего 890 экземпляров, в сосновом лесу — соответственно 2290 и 960, в березовом — 1840 и 960, на вырубках и в рединах — 3560 и 2100 экземпляров» (стр. 63). Надо было хотя бы указать повторность опытов, иначе создается впечатление, что достаточно взять кубометр воздуха в пихтарнике, чтобы там оказалось 682 бактерии и 208 спор плесени; и неужели для всех категорий вырубок характерно наличие именно 3560 бактерий и спор? Такая мнимая точность производит впечатление как раз противоположное тому, на которое она рассчитана, и составляет распространенный недостаток нашей популярной литературы.

Неудачен экскурс автора в систематику на стр. 4, где говорится, что различия между родами деревьев устанавливаются исключительно на основании вегетативных признаков, а различия цветков, плодов, шишек и т. д. не упоминаются. Встречается путаница с названиями растений. На той же стр. 4 лишайник кладонию автор зовет мхом, даже не «оленьим мхом», а просто «мхом кладонией». В таблице на стр. 27—28 «лилия дикая (саранка)» и «царские кудри» приводятся как два различных растения, между тем это одно и то же (*Lilium martagon* L.). Никогда не может быть в СССР «37 дико-

растущих видов черной смородины» (стр. 17). Похоже, что эта цифра взята из «Флоры СССР» (т. 9, М.—Л., 1939), где А. И. Полякова привела 36 видов смородины вообще, но отнюдь не только черной. В других случаях источник «сообщения» угадать труднее. Например, откуда автор взял, что арча встречается в южных районах Сибири (стр. 10) или что черешня участвует в третьем ярусе лесов Дальнего Востока (стр. 16), когда она там вообще дико не растет?

Во многих местах попадают странные фразы, неясный смысл которых можно объяснить лишь небрежным словоупотреблением: «...при наличии в лесу волка всегда (I) имеется нормальное по численности и здоровое поголовье лосиного стада» (стр. 64); на стр. 66 сказано, что всюду (подчеркивается, что и в квартире) обязательно «насекомые окружают нас... трудно указать место, где бы в теплое время года не присутствовали представители этой многочисленной армии животных. Большинство из них (II — Б. С.) постоянно сопутствует человеку». На стр. 43: «Лес необходимо отнести к основному, если не к единственному, регулятору стока и хранителю атмосферных вод».

На стр. 81—82 рассказывается о применении ядохимикатов для борьбы с вредными насекомыми, равно как и с травами, с «сорной» осинкой и березой и т. д., хотя и делаются оговорки о том, что для не имеющих вредного побочного эффекта рекомендаций еще «требуется большая экспериментальная работа». А на стр. 91 категорически утверждается: «Лесоводы развешивают вокруг лесных питомников десятки скворечников, поэтому не нуждаются в ядохимикатах для защиты посадочного материала от вредных насекомых». Между тем излишняя категоричность в этом вопросе принесла немало вреда: необдуманное применение биометодов оказывается не менее опасным, чем злоупотребление химикалиями, скорость разложения которых по крайней мере предсказуема. Иногда завезенный вредитель второго порядка, уничтожив вредителя первого порядка, сам становится таковым. Следовало бы больше рассказать о тонкости механизмов биологического равновесия.

На стр. 20 автор следующим образом описывает «рациональную организацию совместной жизни гриба и водоросли»: «Гриб составляет внешнюю часть, или оболочку, водоросль — ее содержимое... водоросли в лишайнике размножаются самостоятельно и, прорвав оболочку гриба, образуют колонии обычных зеленых водорослей». Здесь все неточно, начиная с «футлярного» строения лишайника (надо было сказать о гомеомерных и гетеромерных лишайниках) и кончая «обычными (? — Б. С.) зелеными водорослями», которые к тому же на самом деле очень часто не зеленые, а синезеленые или желтозеленые. Ареалы сосны (стр. 5), ели (стр. 8) и дуба (стр. 14) описаны так, что лучше было бы их совсем не давать. Говорить, что «воздух леса богат кислородом, фитонцидами» и «потребление кислорода, возможно, уже превысило количество его, поставляемое природой, поскольку значительная часть лесов и другой растительности на нашей планете уничтожена человеком» (стр. 62), значит отвлекать от действительных опасностей к мнимым. Кислорода в атмосфере сейчас тот же 21%, что и был до начала цивилизации, Разница не в количестве кислорода, а в содержании углекислоты и других примесей.

Управление в растительном организме — вопрос сложный. Если автор решил затронуть его в популярной книге о лесе, надо было привлечь концепцию систем с пассивным управлением и теорию регуляции на индивидуальном и ценоотическом уровне, а не ссылаться на анонимные и очень сомнительные «предположения, что при раздражении растения принимают сигнал, передают его по особым каналам в какой-то центр, где информация принимается и обрабатывается. После этого растение дает команду исполнительным элементам» (стр. 52).

Проблема ссылок в научно-популярной литературе трудна. Очевидно, что их изобилие не соответствует жанру, но и недостаток ведет к обеднению интересной для читателя информации. Автор решает проблему просто: у него вообще нет никаких ссылок, никакого научного аппарата. И это мешает установить причину неясности многих мест, понять, как проникла в кни-

гу биологическая безграмотность.

Не вполне логично и само построение книги. Глава «Обитатели леса» далеко оторвана от описания растительных компонентов ценоза («Зеленый мир»), в связи с чем не создается совокупной ценоотической картины леса как системы. А в пределах «Обитателей леса» материал подается следующим образом: сначала раздел о насекомых, потом «Комары, клещи и пауки», потом позвоночные, а затем... черви. К тому же после червей следует еще раздел «Микроорганизмы», которому место не здесь, а гораздо раньше, среди биоценоотических разделов, рядом с бесхлорофильными растениями.

Все это тем более досадно, что замысел книги хорош, написана она живым языком и в целом читается с интересом. Тираж книги (175 тыс. экз.) очень неплох для научно-популярной литературы. Готовя издание, рассчитанное и по характеру, и по тиражу на самого массового читателя, издательство обязано было организовать научное редактирование книги, в котором она несомненно нуждается. И сделать это было совсем нетрудно, ведь издательство «Лесная промышленность» находится в Москве, где буквально под рукой специалисты по самым разным биологическим дисциплинам.

»

В заключение нам хотелось бы подчеркнуть еще одно обстоятельство, повышающее значение книг о строении леса и других биоценозов (и обязательно в связи с их охраной). Теоретические исследования в наше время чаще всего не рассматриваются как самоцель, а требуют для своего оправдания выхода в практику. Для биологии всегда было два таких основных выхода, или сферы прикладных исследований: медицина и сельское хозяйство. Сейчас к ним присоединяется охрана природы как «индустрия будущего» — третья прикладная область. Третья, но в то же время очень важная и для первых двух как средство консервации сырья и среды. Между прочим в сельском хозяйстве, по подсчетам американских экономистов, затраты на исследовательскую работу и особенно на разнообразные формы пропаганды дают, сравнитель-

но со всеми другими затратами (внедрение техники, химизация и т. д.), наибольшую экономическую отдачу. В охране природы это еще заметнее. Образованию в области биологии и наук о Земле должно уделяться такое же внимание, как образованию в точных или гуманитарных дисциплинах, и это тем более осуществимо, что естественнонаучное образование легко сочетается с различными формами общения с природой и даже отдыха. Сейчас, к сожалению, утрачена традиция 20-х годов, когда наши ведущие биологи-теоретики считали своим долгом писать популярные очерки по проблемам познания и охраны живой природы. Вспомним хотя бы «Животное и растение» (1925) и «Внешкольные биологические экскурсии» (четыре издания в 1922—1924 гг.) Б. М. Завадовского; «Как изучаются жизненные явления» Н. К. Кольцова (1928); «Беседы о живых существах» (1926) и «Общедоступную биологию» Ю. А. Филипченко (1923; 15-е издание в 1929 г.) или переизданные недавно, к сожалению, в сокращенном виде «Биологические прогулки» А. С. Серебровского (1923, 1947, 1973). Увеличение выпуска природоведческой литературы и, в особенности, повышение ее уровня является сейчас одной из важнейших задач естественных наук, потому что от решения этой задачи в какой-то мере зависит самое сохранение их объекта.

Биосфера глазами геохимика

С. Л. Шварцев

Кандидат геолого-минералогических наук

Томск

А. И. Перельман. ГЕОХИМИЯ БИОСФЕРЫ. М., «Наука», 1973, 168 стр.

Учение о биосфере, основы которого были заложены в трудах В. И. Вернадского около 50 лет назад, долгое время являлось достоянием сравнительно узкого круга специалистов. И только в последнее десятилетие в связи с обострившейся проблемой загрязнения окружающей среды это учение стало привлекать внимание представителей многих естественных и общественных наук. Весьма актуально изучение биосферы и на «атомарном уровне» с позиций геохимии — науки об истории атомов земной коры и Земли в целом. Данному вопросу посвящена небольшая, но весьма интересная популярная книга А. И. Перельмана «Геохимия биосферы».

В своих построениях автор исходит из концепции В. И. Вернадского о ведущей роли совокупности живых организмов (живого вещества) в геохимических процессах на поверхности Земли.

Автор рассматривает пути накопления, превращения и разрушения в биосфере не только вещества, но и энергии, а также изменение информативности природных систем. Можно сказать, что основная цель книги и ее лейтмотив — раскрытие взаимосвязи, которая существует между превращением вещества, изменением энергии и накоплением информации в биосфере. Если два первых аспекта исследований более или менее традиционны, то третий — информативный — для геохимии совершенно нов.

Много места в книге уделено биологическому круговороту атомов. В зависимости от масштабов этого круговорота формируются те или иные

типы ландшафтов, многочисленные примеры которых прекрасно описаны в рецензируемой книге.

Вся совокупность ландшафтов нашей планеты представляет собой могучий саморегулирующийся, но не замкнутый механизм. Через эту биологическую систему, как через сито, ежегодно фильтруется 36,3 тыс. км³ атмосферных осадков, причем каждый литр фильтрующейся воды выносит только в растворенном состоянии примерно 0,1 г вещества (или 36,3 · 10⁸ т в год). Огромная масса материала, выносимого из ландшафтов, накапливается прежде всего в морских бассейнах. Следовательно, система «почва — растение», с одной стороны, постоянно разрушает горные породы, используя их в качестве источника своего питания, с другой, — снабжает морские бассейны биогенным веществом, заряженным большим количеством солнечной энергии. Захороняющиеся на дне морского бассейна биогенные вещества, и прежде всего органические соединения, играют решающую роль в создании здесь восстановительной геохимической обстановки (в отличие от окислительной, характерной для континентов).

Влияние продуктов биосферы на геологические процессы настолько велико, что даже на глубинах в несколько десятков километров мы находим, по выражению В. И. Вернадского, «следы былых биосфер». Следовательно, атомы химических элементов участвуют не только в биологическом, но и в более грандиозном геологическом круговороте вещества

и энергии. Суть последнего состоит в захоронении огромных масс вещества в обширных морских впадинах, глубоко его преобразовании под действием высокой температуры и давления и выводе измененных пород на поверхность Земли под действием наиболее мощных из известных человеку тектонических сил с последующим вовлечением атомов горных пород в биологический круговорот.

Взаимодействие геологического круговорота с биологическим, живой материи с неживой — одна из величайших особенностей развития нашей планеты. Поэтому положение о круговороте атомов поднято А. И. Перельманом до уровня основного закона геохимии биосферы, который им сформулирован следующим образом: «В биосфере атомы участвуют в биологических круговоротах, в ходе которых они поглощаются живым веществом и заряжаются энергией, затем покидают живое вещество, отдавая накопленную энергию в окружающую среду. За счет этой биогенной энергии осуществляются многие химические реакции. Главными носителями энергии являются природные воды. В результате биологического круговорота атомов происходит изменение химического состава биосферы, само поступательное развитие биосферы осуществляется через систему круговоротов» (стр. 27).

В современную геологическую эпоху рассмотренная система круговорота атомов получила дальнейшее развитие в связи с появлением принципиально новой силы — общественной деятельности людей. Добывая полез-

ные ископаемые, обрабатывая землю, развивая металлургические процессы, человек не только ускорил миграцию атомов, но и, что особенно важно, создал новые пути этой миграции, новые соединения атомов. В результате этого происходит глубочайшее изменение биосферы. Такая измененная биосфера получила название ноосферы, или сферы разума. В последние годы изучение ноосферы приобрело особое значение в связи с проблемой охраны окружающей среды. Анализируя социальные аспекты возникновения ноосферы и техносферы, автор справедливо подчеркивает, что нежелательные последствия хозяйственной деятельности не следует считать неизбежным порождением самой ноосферы. Человечество в состоянии ликвидировать эти последствия, и один из путей — это создание оптимального геохимического режима ландшафта.

В книге рассматриваются многие проблемы глобального значения, час-

то обсуждаемые в литературе: охрана внешней среды, создание культурных ландшафтов, освоение пустынных и заболоченных земель, «покорение» мерзлоты и др. Однако автор подводит читателя к пониманию этих проблем особым путем — через объяснение механизма развития ландшафта, описание эволюции окружающего нас мира. При этом читатель получает представление об уровнях организации материи и их классификации, информативности природных систем, путях прогрессивного и регрессивного развития биосферы, связях поверхностных и магматических процессов, зональности глубинных явлений и т. д.

Оценивая книгу как весьма своевременную и полезную, все же следует отметить, что, по нашему мнению, цельность ее в некоторой мере теряется из-за отсутствия заключительной главы. Нам представляется, что в этой главе автору следовало бы суммировать отдельные высказанные в книге мысли о путях становления

биосферы, ее усложняющемся взаимодействии с литосферой, раскрыть историю борьбы живого с неживым. Здесь же имело смысл затронуть спорный вопрос о взаимоотношениях биологической и геологической форм движения материи. Это, в свою очередь, позволило бы автору высказать свои взгляды на механизм формирования земной коры. Все это сделало бы книгу логически более законченной.

Нам представляется что книга А. И. Перельмана — пример того, как нужно излагать научные проблемы, чтобы они оказались доступными широким кругам читателей, но в то же время и для специалистов не выглядели прописными истинами. Популярное изложение не помешало автору раскрыть «структуру» своего мышления и высказать ряд принципиально новых научных положений, которые, безусловно, в дальнейшем будут разрабатываться.

НОВЫЕ КНИГИ

БУДУЩЕЕ НАУКИ. Ежегодник. Выпуск шестой. М., «Знание», 1973, 284 стр., ц. 61 к.

В очередном выпуске международного ежегодника помещено 25 статей видных советских и зарубежных ученых. Что даст наука людям через год, десять, сто лет? Над чем будут работать исследователи? Что будет наиболее важным в науке? Каковы предвидимые достижения и их применение на практике? Какую технику принесет нам будущее? На эти вопросы в популярной форме отвечают авторы ежегодника.

Современная научно-техническая революция, ускорение общественного развития требуют от ученых умения предвидеть. И чем выше темпы развития науки, социального прогресса, тем большую роль играют научные прогнозы; без них в наше время невозможно движение вперед. Познакомить широкие круги читателей с перспективами развития науки и техни-

ки — важная задача, последовательно осуществляемая издательством «Знание». Разумеется, в одном ежегоднике невозможно отразить перспективы всех научных направлений. Но каждый следующий ежегодник, дополняя предыдущие, делает картину будущего науки все более полной.

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. Ежегодник, 1973. М., «Наука», 1973, 268 стр., ц. 1 р. 16 к.

Очередной (пятый) выпуск ежегодника представляет собой попытку не только рассмотреть некоторые актуальные проблемы системных исследований, но и бросить ретроспективный взгляд на их развитие в последние годы, а также выявить отношения между системным подходом и другими методологическими направлениями современной науки. Часть материалов выпуска, в том числе статьи зарубежных авторов, получена в связи с работой подсекии «История и перспективы развития системного

подхода и общей теории систем» в рамках XIII Международного конгресса по истории науки (Москва, август 1971 г.).

Первый раздел ежегодника посвящен преимущественно общим методологическим принципам системного подхода, их тесной связи с функционализмом и теоретической кибернетикой. Особое внимание уделено гносеологической специфике системного исследования. Во втором разделе рассматриваются пути и принципы построения общей теории систем как метатеории. В третьем разделе обсуждаются возможности системного подхода для изучения науки. Анализируется специфика современных концепций «науки в целом», методологическая функция понятия системы в науковедческом исследовании, математический аппарат исследования систем и т. п. Заключительный раздел показывает развитие системных представлений в современной биологии и теории автоматического регулирования.

Новый выпуск ежегодника «Системные исследования» рассчитан на специалистов в области методологии науки, на студентов и аспирантов. Он доступен также для широкого круга читателей, интересующихся методологическими проблемами современной науки.

И. С. Нарский. ДАВИД ЮМ. М., «Мысль», серия «Мыслители прошлого», 1973, 184 стр., ц. 19 к.

Творческая деятельность Давида Юма (1711—1776) совпала по времени с расцветом могущества Англии. По словам И. С. Нарского, Юм, идеи которого на многие годы стали своеобразным «эталоном» английского буржуазного мышления, отразил «в теоретической области тот компромисс, к которому пришли в итоге событий 1688 г. две основные фракции британской буржуазии во многих областях жизни».

Связь между теорией и практикой общественной жизни строго не детерминирована. Не склонен упрощать ситуацию и автор анализируемой монографии. Философия Юма дана в книге как единство противоречий, внутренний компромисс. Юм — непримиримый враг религии, во многом идущий дальше французских атеистов, особенно в вопросе о природе религии. Но Юм выступает и как противник материализма в области философии и демократических настроений в общественной жизни. Великий шотландец стремился примирить вечно враждующие стороны — материализм и идеализм. И хотя эта попытка, как убедительно показывает И. С. Нарский, не имела успеха — Юм сам перешел на позиции скептицизма и агностицизма, — названная тенденция была унаследована всей последующей британской философией. Под воздействием идей Юма формировались позитивизм, эмпириокритицизм и другие течения буржуазной мысли, где «борьба» против идеализма и сглаживание «крайностей» материализма во многом схожа с позицией Юма.

Хорошо аргументированная, запоминающаяся работа И. С. Нарского, несомненно, найдет широкий круг читателей.

■ **НАУКА СЕГОДНЯ.** Справочник лектора. Вып. 1, М., «Знание», 1973, 288 стр., ц. 43 к.

В справочнике в популярной форме рассказывается о важнейших достижениях современной науки и техники. Первый выпуск охватывает события научной жизни за 1971 г. и первую половину 1972 г.

Справочник содержит следующие разделы: «Наука: ключевые проблемы управления» (XXIV съезд КПСС и развитие марксистско-ленинской теории, применение вычислительной техники и автоматизированных систем управления в народном хозяйстве, прогнозирование, организация новых научных центров в СССР и т. д.), «Научные исследования. Премии ученым» (космические исследования, астрономия, математика, физика, сельское хозяйство, биология и медицина и ряд других направлений науки и техники), «Лектору о науке. Издательство «Знание» в 1973 г.» (библиографический раздел, где помещены сведения о готовящейся к изданию литературы о развитии и пропаганде различных отраслей знаний).

Составителям и коллективу авторов удалось в сжатой форме отразить события научной жизни за указанный период и, не претендуя на полноту, привести необходимый минимум сведений о развитии целого ряда направлений науки и техники.

Справочник предназначен для широкого круга читателей — лекторов, пропагандистов и всех, кого интересует современная научно-техническая революция. Второй выпуск справочника планируется издать в 1974 г.; в нем найдут отражение события научной жизни за второе полугодие 1972 г. и за 1973 г.

■ **Е. Рыбка, П. Рыбка.** КОПЕРНИК. ЧЕЛОВЕК И МЫСЛЬ. Перев. с польского Ю. Данилова и А. Бондарева, М., «Мир», 1973, 326 стр., ц. 1 р. 96 к.

Книга состоит из трех частей. В первой излагается история докоперниковой астрономии. В эту часть авторы включили лишь те фрагменты истории астрономии, которые важны с точки зрения объяснения существа задач, стоявших перед Коперником и успешно разрешенных им. Вторая часть по-

священа личности Коперника и его теории.

Книга представляет собой увлекательный рассказ о построении научной картины мира, знакомит читателей с перипетиями драматического столкновения идей, острой борьбы мнений, взлетами и падениями пылливой человеческой мысли. История астрономии представлена в книге как единый, неразрывный процесс, одним из важнейших звеньев которого явилась созданная Коперником гелиоцентрическая система мира.

В обширной литературе, научной и популярной, опубликованной к юбилею Коперника, эта книга, несомненно, займет достойное место.

■ **А. А. Борисяк.** ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. К столетию со дня рождения. Предисловие Ф. Ф. Геккера. М., «Наука», 1973, 358 стр. ц. 2 р. 48 к.

Алексей Алексеевич Борисяк (1872—1944) — одна из крупнейших фигур в русской и советской палеонтологии. До него, несмотря на работы В. О. Ковалевского, большинство ученых продолжало рассматривать палеонтологию как геологическую дисциплину. А. А. Борисяк стал поборником и трибуном биологической, а точнее, эволюционной палеонтологии. Его энтузиазмом и трудами были созданы Палеонтологический институт АН СССР и Палеонтологический музей, под его руководством проведено множество палеонтологических исследований и разработаны курсы преподавания палеонтологии в вузах.

Работы, вошедшие в эту книгу, позволяют судить не только о непосредственном вкладе А. А. Борисяка в палеонтологию и геологию, но и о широте его кругозора, таланте организатора, публициста и популяризатора науки. В первый раздел сборника вошли статьи, посвященные поискам, раскопкам и изучению ископаемых позвоночных; во второй раздел включены теоретические работы А. А. Борисяка; в заключительной части, посвященной в основном классикам науки, главное место занимает работа об основателе эволюционной палеонтологии В. О. Ковалевском. Несомненный интерес представляют публикуемые здесь статьи А. А. Борисяка о его учителе А. П. Карпинском, Ж. Кювье, Ч. Дарвине и другие.

Юбилей Жана Анри Фабра

В. В. Левик
Москва

Общество СССР — Франция, Национальный комитет советских биологов, Всесоюзное энтомологическое общество и Московское общество испытателей природы 20 декабря 1973 г. в Доме Дружбы провели заседание, посвященное 150-летию со дня рождения известного французского натуралиста-энтомолога Жана Анри Казимира Фабра (1823—1915). Заседание открыл президент общества СССР — Франция советский психолог А. Н. Леонтьев. С докладом о жизненном пути и значении работ Фабра в становлении современной энтомологии выступил президент Всесоюзного энтомологического общества, почетный член французского энтомо-

логического общества М. С. Гиляров. О большой популярности Фабра во многих странах мира рассказал энтомолог И. А. Халифман, один из авторов книги о Фабре, в которой были собраны уникальные и неизвестные ранее материалы (Е. Н. Васильева, И. А. Халифман. Фабр. М., «Молодая гвардия», 1966). На юбилейном заседании впервые прозвучали на русском языке стихи Э. Ростана о Фабре в переводе В. В. Левика.

В. Б. Чернышов
Ученый секретарь Московского отделения
Всесоюзного энтомологического общества

Перелистывая восьмитомные «Энтомологические воспоминания» Фабра, нельзя не восхищаться поразительной сочностью языка, народным провансальским юмором, поэзией, веющей от каждой страницы, а главное той изобразительной силой, тем бальзаковским размахом, с которым Фабр умел написать литературный портрет насекомого. Как жаль, что советский читатель знаком с этим трудом знаменитого энтомолога только по кратким переложениям, из которых начисто выпало нечто очень важное: то, что заставило четырех выдающихся французских писателей — Ромена Роллана, Эдмона Ростана, Фредерика Мистрала и бельгийца Мориса Метерлинка¹ — поднять вопрос о присуждении Фабру Нобелевской премии по литературе.

Премии Фабр не получил. Но эту премию (по биологии) уже в наши дни, в 1973 г., получили трое ученых, изучающие, как и Фабр, поведение животных и в этом смысле идущие по его стопам: К. Фриш, Н. Тинберген и К. Лоренц.

Недавно мне довелось побывать на

родине Фабра — в Провансе. Прованс уже, конечно, не тот, каким был при Фабре. Непрерывно мчащиеся по узким средневековым улочкам Арля и других городов и селений автомобили изгнали прежнюю тишину и безмятежность. Теперь невозможно представить себе Мистрала, который, как рассказывают, сочинял стихи, шагая по улицам Арля в широкополой черной шляпе и развевающимся плаще, заложив руки за спину и не разбирая, где мостовая, где тротуар. Но все так же пламенеют кипарисы и платаны, прославленные Ван-Гогом, все так же сияет десятки раз написанная Сезанном гора Св. Виктории, как прежде величавы и прекрасны античные руины, напоминающие о легионах Юлия Цезаря, проходивших по этим дорогам. А в последнюю пятницу июня все так же празднуют освобождение Тараскона от чудовища Тараски, чучело которой возят по улицам провансальских городов. И по-прежнему 25 октября — только теперь уже не на конях и в повозках, а в автомобилях — съезжаются в средневековый городок Сент-Мари-де-ля-Мер цыгане

всего мира, чтобы помолиться и принести дары своей покровительнице святой Саре.

Эту красочную народную жизнь маленький Фабр застал еще в полном расцвете. Но ему было не до развлечений. Сыну бедного провансальского крестьянина, вынужденному с двенадцати лет зарабатывать себе на пропитание, суждено было не только скудное детство, но и голодная юность, бездомное мыкание бродяги, перебивающегося случайным заработком.

Однако блистательные способности и упорство гения помогли ему все преодолеть «и в просвещении стать с веком наравне». Этот самоучка, получивший только начальное образование и не имевший денег, чтобы его продолжить, к двадцати пяти годам оказывается дважды бакалавром — по литературе и по наукам — и дважды лицензиатом по математике и физике. Не дает ему покоя и литературный талант. Молодой ученый пишет лирические стихи и большие поэмы социально-философского содержания. Судьба бросает его в разные стороны. Фабру исполняется 26 лет, и вот

мы видим его преподавателем лица в Аяччо на Корсике. Фабру 28 лет, и он перебирается в богатый историческим прошлым, когда-то ставший на многие годы вторым Ватиканом и второй родиной великого Петрарки прекрасный город Авиньон. Здесь он останется почти на двадцать лет в должности помощника старшего преподавателя физики и химии. Когда ему исполняется 31 год, он сдает в Тулузе экзамен на звание лиценциата по естественным наукам. В следующем году он защищает — теперь уже в Париже — докторские диссертации по зоологии и ботанике. И вот, наконец, первая статья, предвещающая великое будущее. Фабр пишет знаменитое исследование об осе церцерис.

Каждый свободный час, каждую незанятую минуту Фабр отдает изнурительным экскурсиям. Им владеет одно стремление, одна всепоглощающая страсть, суть которой прекрасно выразило его собственное перо: «Через ваше плечо перекинута тяжелая крестьянская лопата. Поясницу ломит от долгого копания в земле, которым вы занимались, согнувшись или сидя на корточках. От августовского полуденного жара у вас плавится мозг, нестерпимо чешутся глаза, воспаленные ослепительным солнечным светом, вас терзает жажда и от желанного отдыха отделяют километры пыльной дороги. И все-таки в вашем сердце что-то поет... вы нашли кусочек истлевшей шкурки». Этот лоскуток, прилипший к кокону сколии,—все, что осталось от парализованного жука, съеденного ее личинкой.

В своих размышлениях Фабр иногда касается общих вопросов естествознания, его интересует теория инстинкта. Но он никогда не становится теоретиком. И более того — не принимает теории трансформизма. Его стихия — наблюдение, эксперимент. Но открытия, одно другого неожиданней, одно другого значительней, следуют непрерывной цепью. Они обогащают именно ту теорию, с которой он спорит, открывают перед ней блестящие перспективы.

Имя Фабра начинает приобретать известность в ученом мире, не только во Франции, но и в других странах. С огромным уважением отзывается о его работах Дарвин.

Научные труды Фабра привлекают внимание Виктора Дюрюи, единственной светлой фигуры в правительстве Луи Наполеона. Дюрюи предлагает Фабру свою помощь, он вызывает его в Париж и представляет императору. Но Фабр, этот смелый новатор на страницах книг, в жизни нелюдим и бесконечно скромен. А главное, в нем говорит крестьянская гордость. Он отказывается от всякой помощи и спешит покинуть императорский дворец.

В 60-х годах во Франции возникло мощное движение за эмансипацию женщин. По всей стране стали открываться курсы, ставившие своей целью приобщение женщин к образованности и просвещению. Фабр с радостью принял приглашение на должность преподавателя на таких курсах в Авиньоне и в течение нескольких лет с успехом вел эту работу. Но против женского просвещения восстала католическая церковь. Заодно пострадал и Фабр. Отстраненный от всех должностей в Авиньоне, он вместе со всей семьей оказался на грани голода и полной нищеты. Только дружеская помощь английского ученого Дж. Стюарта Милля спасла семью от гибели.

Вскоре издатель Шарль Делаграв, проникшийся верой в гений Фабра, сказал ученому, что будет печатать все, что бы ни вышло из-под его пера. В короткий срок Фабр создал целую библиотеку научно-популярных книг по самым различным вопросам.

В 1879 г. Фабр купил дом и прилегающий к нему каменистый пустырь в селении Сериньян, недалеко от Оранжа, где и провел последние тридцать шесть лет своей жизни. Он так и назвал свое имение — Гармас, что по-провансальски означает «пустырь». Он сумел превратить этот пустырь в заповедник дикой растительности южных стран и населить его разнообразными видами насекомых и членистоногих, создав для себя живую лабораторию. Здесь великий ученый и скончался через год после того, как началась первая мировая война.

Теперь Сериньян стал местом паломничества всех, кому дорога память Фабра и дело его жизни. Здесь посетителю показывают не только сад, не только предметы и книги, которые

ми пользовался этот «Гомер насекомых», но и борозду, протоптанную его шагами в полу рабочего кабинета, где Фабр любил ходить вокруг маленького стола, размышляя над своими «Энтомологическими воспоминаниями».

Я хочу закончить этот краткий очерк цитатой из «Gazette Apicole», «Журнала пчеловодства», издающегося в Монфавэ и основанного в 1900 г. Вот что пишет обозреватель журнала в ноябрьском номере 1973 г., посвященном 150-летию со дня рождения Фабра:

«В Соединенных Штатах доктор Эдвин Вей Тиле опубликовал работу «Мир насекомых Ж. А. Фабра».

В Англии знаменитый писатель Даррелл создал фильм о жизни Фабра.

Но в Советском Союзе торжества в честь Жана Анри Фабра проходят с особым блеском — в значительной степени благодаря многолетней вдумчивой работе, проводимой в Москве И. А. Халифманом.

В числе советских мероприятий назовем выставку Фабра в Зоологическом музее¹ Ухты (республика Коми); выставку, которая откроется в Москве 15 декабря; торжественное собрание, организованное Обществом дружбы СССР — Франция, Национальным комитетом биологов и Обществом испытателей природы; речь профессора Гилярова, председателя Общества энтомологов; диафильм о Фабре для школьников, снятый супругами Халифманами; конверт с портретом Фабра, выпущенный советским Министерством связи... Повсюду в Советском Союзе студенты, натуралисты, друзья насекомых и природы готовят великолепные торжества в память Фабра».

¹ Имеется в виду школьный музей. (Прим. ред.)

Фабр — поэт насекомых

Эдмон Ростан

1

Он знал: клочок земли, пустырь с травой сорной
Скрывает столько тайн, что нам и невдомек.
Простым отшельником жил беден, одинок
И, как Мистраль, ходил в большущей шляпе черной.

Упорный труженик, он шел тропой неторной,
Он думал лишь над тем, что ясно видеть мог,
И звезд не наблюдал. Ему любой жучок
Под камнем открывал познания мир просторный.

Он знал, как крылышки под пальцами дрожат.
Философ, почестям он предпочел цикад.
(Не чтоб возвыситься, к вершинам рвется гений.)

Он жизни описал, достойные поэм,
И дал живой пример для подражания всем,
Кто жмет, что не читал его произведений.

2

Без брыжжей, без манжет — о сельский наш Бюффон! —
Не над коллекцией, на кладбище похожей,
Не за столом писал, а если день погожий —
В саду, где солнца свет, где стрекот и трезвон.

Страницы он росой кропил со всех сторон.
«Он выжил из ума!» — ворчал педант прохожий.
Но Фабр травинку взял, поколдовал — и что же?
Энтомологии дал силу крыльев он.

И Слава низошла. Но Слава от смущенья
Теперь нам говорит, как бы прося прощенья:
«А что ж мне не сказал никто про старика?»

О, дьявол! Как же к ней не доходили слухи
О том, кто лишь тогда умел лежать на брюхе,
Когда он наблюдал бой сфекса² и сверчка!

3

Он понял, обзрев проблем несчетных ряд,
Как действует инстинкт и как молчит, беспечный,
Как хлопок, шелк и тюль в своей заботе вечной
Психея³ делает, оса иль шелкопряд.

О, эти существа, чей сказочен наряд!
Там, крохотный Катулл⁴, поет сверчок запечный,
Помпил⁵ тарантула разит в атаке встречной,
Верцингеторикса⁶ или Роланда⁷ брат.

Тут места хватит всем — бойцам и паразитам.
Тот подвигом живет, тот — воровским визитом.
Гончар, кузнец, портной — кого здесь только нет!

Тки, клото⁸! Слоник⁹, ешь — орех твоя отрада!
Катай, навозник, шар! От сердца пой, цикада!
А ты, ты жди: твой час настанет, трупоед!

4

Он с насекомого мог написать портрет.
Их инструменты знал, повадки, нравы, лица.
Надкрылий золото держал, но ни крупница
Оставить не могла на пальцах Фабра след.

Ты ждешь, о Франция, что скажет гордый Швед^{10?}
Но ветхим стал порог, он может развалиться.
Отдай же Фабру долг, ведь ты его должница,
Не медли, Франция, уже он стар и сед.

Ведь это среди нас, мудрец необычайный,
Он на коленях жил, разгадывая тайны.
Так если он встает, шатаясь,— подойдем,

Поддержим старика, когда, уже слабея,
В наставших сумерках он ищет скарабея,
И пыль с его колен заботливо стяхнем.

5

[Насекомые говорят Фабру:]
На твой апофеоз к тебе мы прилетели,
Твои друзья навек, веселая орда.
Мы, насекомые Воклюза¹¹, мы всегда
Хоть чем-нибудь блистать в твоём венце хотели.

Вот муравьиный дом среди осенней прели,
Вот улей строится, вон соткана звезда.
Ты знаешь: чудеса творим мы без труда.
А помнишь, Фабр, зарю на розовой капелле?

Ты помнишь этот день, вершину Мон-Венту,
Тот одинокий храм, глядящий в высоту,
И сонмы божиих коровок там, на храме?

Как розовый коралл, он пред тобой сиял,
Ты в одиночестве задумчивом стоял,
И нимб живой тебе мы создали крылами.

Перевод В. Левика

Примечания

¹ Эдмон Ростан (1868—1918) — поэт и драматург. Его пьеса «Сирано де Бержерак» неоднократно ставилась на русской сцене. Фредерик Мистраль (1830—1914) — провансальский поэт, автор знаменитых поэм «Мирей», «Календаль» и др., составитель двухтомного провансальского словаря, основатель и главный представитель общества филибров, поставившего своей целью возрождение национальной провансальской культуры. Морис Метерлинк (1862—1949) — бельгийский писатель-символист (писал на французском языке), основоположник драматургии символизма. Автор знаменитой книги «Жизнь пчел», переведенной на мно-

гие языки, в том числе и на русский. Автор широко известной у нас пьесы «Синяя птица».

² Сфекс — род насекомых из группы роющих ос. Питаются гусеницами совок, крупными саранчовыми, сверчками. Парализуют их ядом, вкалывая жало в область основных нервных узлов, и откладывают на этих насекомых яйца. Развивающаяся личинка питается парализованной жертвой.

³ Психеи — семейство бабочек; то же, что мешочницы. Гусеницы психей плетут чехлики, захватывая мелкие кусочки дерева, веточки и травинки.

⁴ Катулл, Гай Валерий (ок. 84—54 до н. э.) — древнеримский поэт.

⁵ Помпил, или дорожная оса, — пред-

ставитель перепончатокрылых. Дорожные осы, как и роющие, откладывают яйца на пауках, парализованных укусом жала.

⁶ Верцингеторикс — вождь древних галлов, отважно сопротивлявшийся наступлению Юлия Цезаря (50—51 до н. э.).

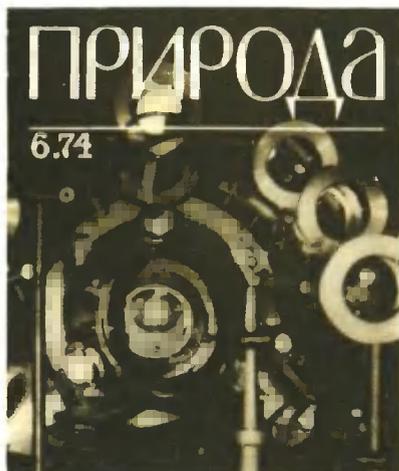
⁷ Роланд — герой средневекового эпоса «Песнь о Роланде».

⁸ Клото — вид пауков.

⁹ Слоник (долгоносик), трупоед — жуки.

¹⁰ Гордый Швед — намек на выдвижение Фабра на Нобелевскую премию.

¹¹ Воклюз — департамент в северной части Прованса и одноименное селение на берегу р. Сорг.



В следующем номере

Чтобы овладеть термоядерной энергией, надо научиться добывать ее «малыми порциями». Весьма перспективны для этого импульсные термоядерные реакции, вызываемые сжатием плазмы лазерными лучами.

Ю. В. АФАНАСЬЕВ, Н. Г. БАСОВ, О. Н. КРОХИН, В. Б. РОЗАНОВ. *Проблемы лазерного управляемого термоядерного синтеза.*



Сейсмически благополучный Большой Кавказ при палеосейсмологическом его изучении оказался весьма опасным. Намеченные к строительству гидростанции должны быть готовы к 9 и 10-балльным землетрясениям.

В. П. СОЛОНЕНКО, В. С. ХРОМОВСКИХ. *Сильные землетрясения Большого Кавказа.*



Техника физического эксперимента позволила уменьшить достижимую температуру в тысячу раз: от одного до тысячных долей градуса Кельвина. В этой новой области следовало ожидать новых открытий — и, действительно, была открыта сверхтекучесть гелия-3.

И. А. ФОМИН, И. М. ХАЛАТНИКОВ. *Сверхтекучесть и фазовые переходы в жидком гелии-3.*



В 1972 г. в Кении было сделано сенсационное открытие: экспедиция Ричарда Лики обнаружила череп ископаемого человека, возраст которого, по данным калий-аргонового анализа, оказался равным почти 3 млн. лет.

М. И. УРЫСОН. *Неужели человеку 3 млн лет?*



Морские берега катастрофически быстро разрушаются из-за технического воздействия человека и загрязнения океана. Лучшее средство защиты берега — не массивные и дорогостоящие берегозащитные укрепления, а широкий устойчивый пляж и оптимальные условия для жизни бентоса — источника береговых наносов.

Г. А. САФЬЯНОВ. *Как защитить береговую зону?*

Цена 50 коп.
Индекс 70707

