

1 1978

ПРИРОДА



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик

Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик
А. И. БЕРГ

Академик
Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук
А. Л. БЫЗОВ

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

Заместитель главного редактора
В. А. ГОНЧАРОВ

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора
В. М. ПОЛЫНИН

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

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

На первой странице обложки. Стекланные волоконные световоды с малыми потерями, разработанные в лаборатории колебаний Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР. См. статью Б. Ф. Полковникова «Волоконные световоды с малыми потерями».

Фото Н. Н. Алексеева.

На четвертой странице обложки. Сотворение трав и деревьев. Миниатюра из «Исторической библии» Гийара де Мулена — переводчика «Схоластической истории» Петра Коместора (XIV в.). См. статью С. С. Неретиной «Мир в миниатюре».

Редакция рукописей не возвращает.

© Издательство «Наука»,
«Природа», 1978 г.

Январь 1978 года

В НОМЕРЕ

В. И. Масленников Вступая в седьмое десятилетие	3
В. Б. Козинер, В. С. Ярочкин Искусственные заменители крови	8
Н. А. Шило Находка мамонта на ручье Киргилях в Магаданской области	18
Н. К. Верещагин, И. А. Дуброво Палеонтологическое описание находки	21
И. Б. Хрипович Несохранение четности можно наблюдать в макро- скопических процессах	22
А. Л. Никитин Древние поселения и ритмы гидросферы	33
В. С. Голубев Динамика рудообразующих процессов	44
В. П. Зенкович Почему наступает море	50
Ю. Б. Пукинский О редких и малоизученных птицах бассейна реки Бикин	56
Человек и природа в структурном анализе	
В. В. Иванов Клод Леви-Стросс и структурная антропология	77
К. Леви-Стросс Миф, ритуал и генетика	90
С. С. Неретина Мир в миниатюре	107
А. А. Шамшурин Жуки-воднолыжники	115
Б. Ф. Полковников Волоконные световоды с малыми потерями	116
Р. Е. Гершберг, П. П. Петров Гидромагнитная модель активности звезд типа Т Тельца	118

**ЛАУРЕАТЫ
НОБЕЛЕВСКОЙ
ПРЕМИИ 1977 г.**

Б. И. Шкловский, А. Л. Эфрос, Е. А. Туров, М. И. Куркин По физике — Ф. У. Андерсон, Н. Ф. Мотт, Д. Х. Ван Флек	122
А. И. Зотин По химии — И. Пригожин	125
Ю. А. Панков По медицине — Р. Гилемин, Э. Шелли и Р. Ялоу	128

НОВОСТИ НАУКИ

«Вертикаль-5» (132) — «Прогноз-6» (133) — Гамма-просвечивание космических аппаратов (133) — Инфракрасные спектры лунного грунта (134) — Еще одна карта Марса (134) — Сверхновая Куликовского (134) — Оптическое излучение в об- ласти двойной радиогалактики 3C285 (135) — Самая тяжелая молекула в космосе (135) — Метеорит Ин- нисфри (136) — Получение пикосекундных импуль- сов лазерного излучения (137) — Открыта новая частица (137) — Световые лучи взаимодействуют на расстоянии (138) — «Вертикальные» перемещения мембранных белков (138) — Воздействие гербици- дов на почвенные микроорганизмы (139) — Биоло- гические структуры под рентгеновскими лучами (139) — Боливийский дельфин — самостоятельный вид (140) — «КПД» передвижения пингвинов (141) — Американская фреихия в Австралии (141) — Обработка тонкослойных хроматограмм с помощью мини-ЭВМ (141) — Уникальные кристал- лы кварца в Крыму (143) — Новая модель вулка- низма и сейсмичности Камчатки (144) — Пересмотр шкалы Рихтера (144) — Тихоокеанская сеть метео- рологических буев (145) — Пластмассовый песок (145) — Охрана Татр (146) — Камень в сооружениях Переславль-Залесского (146).	132
--	------------

РЕЦЕНЗИИ

С. Л. Мандельштам О рождении квантовой физики	148
В. Г. Закжевский Методология квантовой химии	154
Ю. А. Осипьян Популярно о квантовой теории твердого тела	156

НОВЫЕ КНИГИ

М. Рис, Р. Руффини, Дж. Уилер. Черные дыры, гра- витационные волны и космология (157) — Берг- нер, Гельбке, Мелисс. Практическая микрофото- графия (157) — Ю. А. Филиппенко. Эволюционная идея в биологии (158) — Л. В. Голованов. Созвучье полное в природе (158) — Э. Альбрехт. Критика современной лингвистической философии (158) — Акбар Турсунов. Философия и современная кос- мология (158).	157
---	------------

В КОНЦЕ НОМЕРА

Г. Е. Горелик Воланд и пятимерная теория поля	159
---	------------

Вступая в седьмое десятилетие

Наша страна вступила в седьмое десятилетие эры, начало которой было положено в незабываемые октябрьские дни 1917 года. Торжественно отметил советский народ 60-летие Великого Октября. «В истории Советского Союза,— отмечает Л. И. Брежнев,—шестидесятый год Великой Октябрьской социалистической революции займет особое место. Это — год принятия новой Конституции СССР, в которой отражены итоги всей революционно-преобразующей деятельности партии и народа после победы Октября и дана ясная перспектива дальнейшего коммунистического строительства»¹.

Конституция СССР с могучей силой показала творческий потенциал советского общества, реализуемый в условиях социалистической демократии, торжество ленинского принципа народовластия. В тексте Основного Закона зафиксированы главные завоевания Октября, которые воочию доказали истинность марксистско-ленинской научной теории, нераздельность социализма и науки.

«Перед союзом представителей науки, пролетариата и техники не устоит никакая темная сила»², — это ленинское предвидение исполнено глубокого смысла и пророческой силы. Опыт всемирной истории науки свидетельствует, что еще никогда и нигде она не получила столь мощной поддержки и признания от общества, не имела столь благоприятных условий для своего развития, какие появились в нашей стране благодаря победе Великой Октябрьской социалистической революции. В статье 6 новой Конституции, где дана развернутая характеристика руководящей и направляющей роли КПСС, сказано: «Вооруженная марксистско-ленинским учением, Коммунистическая партия определяет генеральную перспективу развития общества, линию внутренней и внешней политики СССР, руководит великой созидательной деятельностью советского народа, придает планомерный, научно обоснованный характер его борьбе за победу коммунизма». В другом конституционном положении, касающемся экономической системы, говорится о том, что «в интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования зем-

¹ Брежнев Л. И. Исторический рубеж на пути к коммунизму.— «Правда», 23 ноября 1977 г.

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 40, с. 189.

ли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды» (статья 18).

Новая Конституция СССР отражает фундаментальные преимущества социализма по сравнению с капитализмом, неотъемлемой чертой которого остается неспособность к рациональному, плановому и бескризисному социально-экономическому развитию. Узкие рамки буржуазных общественных отношений оказывают негативное воздействие на развитие науки, предопределяют то противоречивое и конфликтное состояние науки в странах капитала, которое нередко называют «кризисом науки», позволяют зачастую придавать антигуманный характер использованию научно-технических достижений. Одним из наиболее зримых проявлений хищнического, уродливого характера научно-технического развития при капитализме является экологический кризис. Особенно же пагубной для науки стало ее подчинение интересам военного государственно-монополистического комплекса, что сильнее всего проявляется в крупнейшей стране империализма — США.

В социалистическом обществе развитие науки, организация исследовательских работ и использование их результатов в народном хозяйстве подчинены служению народу. Связь науки и социализма в зрелом социалистическом обществе и в условиях современной научно-технической революции еще более углубляется. Происходящие под воздействием научных открытий кардинальные сдвиги в развитии производительных сил позволяют значительно ускорить создание материально-технической базы коммунизма. «Вдохновляющим стимулом творческого труда советских ученых,— говорится в письме участников юбилейного заседания Общего собрания АН СССР Центральному Комитету Коммунистической партии Советского Союза, Президиуму Верховного Совета СССР, Совету Министров СССР, Генеральному секретарю ЦК КПСС, Председателю Президиума Верховного Совета СССР товарищу Леониду Ильичу Брежневу,— служит сознание того, что фундаментальные исследования активно содействуют решению практических задач построения материально-технической базы коммунизма, всестороннего улучшения жизни народа, формированию коммунистического мировоззрения трудящихся»³.

Современный статус науки в нашем обществе четко определен в Основном Законе. Статья 26 гласит: «В соответствии с потребностями общества государство обеспечивает планомерное развитие науки и подготовку научных кадров, организует внедрение результатов научных исследований в народное хозяйство и другие сферы жизни». Статья 47 гарантирует советским гражданам свободу научного, технического и художественного творчества. Это право «обеспечивается широким развертыванием научных исследований, изобретательской и рационализаторской деятельности, развитием литературы и

³ «Правда», 16 ноября 1977 г.

искусства. Государство создает необходимые для этого материальные условия, оказывает поддержку добровольным обществам и творческим союзам, организует внедрение изобретений и рационализаторских предложений в народное хозяйство и другие сферы жизни.

Права авторов, изобретателей и рационализаторов охраняются государством».

Знаменуя переход к качественно новой научно-технической политике, социализм бережно сохраняет и развивает национальные особенности развития науки, ее лучшие традиции. Так, еще до революции в среде прогрессивных ученых России зрела идея общенациональной организации и координации научной деятельности. Ее высказывали академики В. И. Вернадский, А. П. Карпинский, Н. С. Курнаков и др. Советская власть поддержала эту идею и, при прямом участии ее авторов, превратила в жизнь в первые же послереволюционные годы⁴.

С победой Великого Октября развитие науки стало подлинно всенародным делом. Великая Октябрьская социалистическая революция открыла доступ к научным исследованиям людям всех слоев общества, всех национальностей нашей страны. Этот огромный творческий потенциал позволил решить большие и сложные задачи как в области фундаментальных проблем развития науки, так и в сфере прикладных, практических задач.

Благодаря всенародной заинтересованности в непрерывном развитии науки, неустанной заботе партии и государства, научные исследования в нашей стране ведутся широким фронтом по всем направлениям современного знания. Высокий уровень развития, достигнутый советской наукой и техникой, позволил нашей стране запуск первого искусственного спутника Земли, первым полетом человека на космическом корабле проложить путь в космос всему человечеству, открыть эру космических исследований. Создание атомного ледокола «Арктика», впервые достигшего в активном плавании Северного полюса, явилось новым свидетельством непрерывного прогресса науки и техники в СССР.

Сегодня советская наука занимает ведущее положение по многим важнейшим направлениям исследований. Обогатили науку новыми теоретическими результатами советские математики, открыты новые закономерности и явления при изучении элементарных частиц и атомного ядра, значительны достижения советских ученых в области ядерной энергетики. Передовые позиции занимает наша наука в решении важнейшей проблемы для энергетики будущего — управляемого термоядерного синтеза и методов прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Введением в строй двух крупнейших в мире телескопов — шестиметрового телескопа-рефлектора БТА и радиотелескопа «РАТАН-600» — расширены пределы познания Вселенной. Для проведения фундаментальных исследований в области

⁴ Подробнее об этом см.: Кольцов А. В. Академия наук в первые годы Советской власти. 1917—1925 гг.; Левшин Б. В. Деятельность Академии наук в первой пятилетке. — «Природа», 1977, № 11.

нейтринной астрофизики и физики космических лучей в канун Великого Октября создан уникальный экспериментальный комплекс — Баксанская нейтринная обсерватория.

Прогрессу наших знаний о природе активно содействуют исследования ученых в области химии, особенно таких ее разделов, как химическая кинетика сложных реакций, нефтехимия, электрохимия, радиохимия и др. Серьезных успехов в последние годы добилась отечественная биология в познании структуры и функций живой материи, в разработке основ микробиологического синтеза, в изучении растительного и животного мира. Углублены знания о геологической истории земной коры, являющиеся основой для наращивания минерально-сырьевого потенциала нашей страны. Имеются важные достижения в изучении Мирового океана, в исследовании проблем окружающей среды.

Каждый шаг вперед в области раскрытия фундаментальных тайн природы открывает широкие возможности для использования добытых знаний в практических целях, в интересах народного хозяйства, здравоохранения, охраны природы. Так, успехи в исследованиях по физике твердого тела содействуют прогрессу радиоэлектроники, вычислительной техники, электротехники и многих других областей техники. Советские ученые внесли большой вклад в создание промышленного производства новых синтетических кристаллов и конструкционных материалов, в создание и внедрение в практику оптических квантовых генераторов, в разработку более совершенных средств связи. С их помощью созданы новые органические и неорганические материалы, разработаны процессы специальной электрометаллургии и комплексные методы переработки природного сырья. Большое практическое значение имеют достижения биологии и наук о Земле. Развитие космических исследований открывает широкие возможности для использования средств космонавтики в научных и практических целях.

Вступление нашего общества в этап развитого социализма поставило перед теоретической мыслью, общественной наукой новые комплексные проблемы, от решения которых зависит дальнейшее продвижение к коммунизму. Ведь управление народным хозяйством, планирование, стимулирование экономического и социального развития, процессы всестороннего углубления демократии, дальнейшего подъема народного образования, здравоохранения, физического, нравственного и эстетического развития советского человека, утверждение научного мировоззрения — все эти задачи решаются с самым активным участием науки.

Советские ученые-обществоведы, опираясь на творческое наследие классиков марксизма-ленинизма, на разработку теоретических проблем социального развития общества в современную эпоху, содержащуюся в документах и материалах КПСС, анализируют коренные социальные и политические проблемы современности, обобщают опыт строительства социализма в нашей стране. Свидетельством плодотворности теоретической деятельности партии по обобщению опыта нашей страны и разработке проблем теории коммунизма, достижением советской общественной науки явилась новая Конститу-

ция Советского Союза. Признанием большого вклада Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР Л. И. Брежнева в развитие теории и практики марксизма-ленинизма в условиях современности явилось присуждение ему высшей награды Академии наук СССР в области общественных наук — Золотой медали имени Карла Маркса.

Выдающимся документом творческого марксизма-ленинизма является доклад Л. И. Брежнева на торжественном заседании ЦК КПСС, Верховного Совета СССР и Верховного Совета РСФСР, посвященном 60-летней годовщине Великой Октябрьской социалистической революции. В нем содержится научный анализ итогов героического пути Страны Советов, глубокая характеристика шестого десятилетия, определены широкие и ясные перспективы социально-экономического прогресса развитого социалистического общества, его огромные возможности.

60-я годовщина Великого Октября — важная веха в истории нашей страны, новый исторический рубеж в дальнейшем поступательном движении к коммунизму. Исходя из задач коммунистического строительства, партия и государство нацеливают советских ученых на самое активное участие в решении главных задач: создание материально-технической базы коммунизма, совершенствование социалистических производственных отношений, воспитание человека коммунистического общества, повышение материального и культурного уровня жизни трудящихся, обеспечение безопасности страны, содействие укреплению мира и развитию международного сотрудничества.

В. И. Масленников
Кандидат экономических наук
Москва

Искусственные заменители крови

В. Б. Козинер, В. С. Ярочкин



Владимир Борисович Козинер, доктор медицинских наук, руководитель группы по изучению кровезаменителей в лаборатории патологической физиологии Центрального института гематологии и переливания крови Академии медицинских наук СССР. Работает над проблемой патогенеза и экспериментальной терапии кровопотери и шока. Автор ряда работ по экспериментальному изучению кровезамещающих растворов, патологической физиологии кровоснабжения, гипоксии.



Валерий Сергеевич Ярочкин, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается вопросами кислородного снабжения организма при замещении части крови кровезаменителями, патологии дыхания и кровообращения.

Значение крови в жизнедеятельности организма общеизвестно. У человека общее количество крови составляет 8,5% от веса тела, а потеря половины этого количества вызывает смерть. Необходимость в создании заменителей крови сначала возникла в связи с ограниченностью ресурсов крови. Однако оказалось, что кровезамещающие растворы представляют собой самостоятельные лечебные препараты и в некоторых случаях их введение целесообразнее, чем переливание крови. Если взглянуть на вопрос более широко, то искусственные заменители крови, по существу, моделируют функцию крови и потому входят в общую проблему создания моделей важнейших органов, интен-

сивно разрабатываемую в последние годы. Сегодня уже успешно функционируют вживленные в сердце искусственные водители ритма, посылающие импульсы к сердечной мышце; на несколько часов подключают больного к аппарату искусственное сердце — легкие, и человек живет исключительно за счет работы аппарата; в опытах телята жили до суток с полностью искусственным сердцем; искусственная почка уже перестала быть сенсацией и выпускается промышленностью. Но первой моделью, имитирующей функцию живого органа, были кровезаменители, без участия которых, кстати, невозможна работа аппаратов искусственное сердце — легкие и искусственная

почка. Как же развивалось это направление, какие успехи достигнуты и чего можно ожидать в ближайшем будущем?

НЕМНОГО ТЕОРИИ И ИСТОРИИ

Как известно, кровь состоит из плазмы и клеток (форменных элементов), наиболее многочисленные из которых — эритроциты осуществляют дыхательную функцию, т. е. перенос кислорода и углекислого газа. Что же для организма более опасно, потеря эритроцитов или плазмы?

На первый взгляд может показаться, что гибель организма при сильном кровотечении обусловлена недостатком кислорода в клетках, поскольку количество эритроцитов резко падает. Но оказывается, что смерть от потери крови наступает уже тогда, когда эритроцитов еще вполне достаточно для поддержания дыхания. Американские хирурги М. Г. Вейль и Г. Шубин¹ приводят интересные цифры, дающие представление о резервных возможностях некоторых жизненно важных органов: человек может жить с 1/2 почки, с одним легким, с 1/3 частью эритроцитов, но потеря только 1/3 части плазмы представляет смертельную опасность.

При некоторых заболеваниях у человека количество эритроцитов в 1 мм³ крови падает до 1 млн, вместо 4—5 млн, находящихся в крови здорового человека. Тем не менее такие больные не умирают, хотя количество эритроцитов у них в организме меньше, чем у человека, погибающего от кровопотери.

Опыты на животных (особенно выносливы к кровопотере собаки) показали, что даже при потере 2/3 общего количества эритроцитов можно сохранить жизнь, если потерянную кровь заменить жидкой частью крови — плазмой.

Приведенные здесь примеры показывают, что при кровотечении организм погибает в результате уменьшения общей массы крови, падения кровяного давления и связанного с этим уменьшения кровоснабжения жизненно важных органов даже тогда, когда количество эритроцитов, остающихся в организме, достаточно для поддержания дыхания.

Какие же защитные механизмы использует организм в этих случаях для со-

хранения жизни? Вопрос этот изучен достаточно хорошо. Для сохранения нормальной жизни необходимо поддерживать на оптимальном уровне объем циркулирующей крови и артериальное давление, которые регулируются автоматически по принципу обратной связи.

В борьбе с нарушениями гемодинамики, вызванными уменьшением объема крови, организм располагает двумя регуляторными механизмами. Один из них — нервный — связан с повышением тонуса сосудов по мере их опустошения. Этот механизм действует довольно быстро, но только в том случае, если артериальное давление не падает ниже 50 мм рт. ст. Ниже этой границы компенсация гемодинамики путем повышения тонуса сосудов становится невозможной. У здорового человека кровопотеря до 1 л хорошо компенсируется с помощью этого механизма. У доноров берут 450 мл крови (полная доза), и такая потеря крови здоровым человеком вообще не ощущается, настолько быстро и совершенно она компенсируется.

Другой механизм — гуморальный — заключается в том, что при уменьшении объема циркулирующей крови жидкость из тканей поступает в кровеносное русло, что и способствует восстановлению первоначального объема крови. Этот механизм действует сравнительно медленно. Так, у людей, перенесших потерю крови до 1 л, начальная скорость поступления межклеточной жидкости составляет 0,5—2,0 мл/мин. Затем она существенно замедляется, и объем крови восстанавливается до нормы в течение 18—48 ч.

Изучение защитных реакций организма на уменьшение объема крови и послужило теоретическим обоснованием для применения кровезаменителей. В критической ситуации, вводя в организм кровезаменитель, мы, по существу, имитируем естественный защитный процесс только с большой скоростью. Очень важно, что переливание кровезаменителей быстро восстанавливает объем крови. Ведь сам организм не может своевременно справиться с этой задачей, поскольку эффективность первого механизма в случае сильной кровопотери приближается к нулю, а второй механизм действует очень медленно.

Первый кровезамещающий раствор был с успехом применен в Англии в 30-х годах прошлого столетия. Для борьбы с обезвоживанием организма больным холерой был введен раствор поваренной соли (0,9% NaCl), изотоничный раствору

¹ Вейль М. Г., Шубин Г. Диагностика и лечение шока. М., 1970.

селей плазмы. Этот, так называемый физиологический раствор до сих пор широко применяется в больницах, в том числе и для лечения кровопотери, хотя его лечебная ценность не велика, так как он не содержит необходимый набор электролитов, соответствующий плазме. Сейчас существует несколько солевых растворов: раствор Рингера, солевой инфузин Центрального института гематологии и переливания крови (Н. А. Федоров, П. С. Васильев) и раствор № 3 Ленинградского института гематологии и переливания крови (А. Н. Филатов)². Последние два широко применялись для лечения раненых во время Великой Отечественной войны.

Общий недостаток всех солевых растворов заключается в кратковременности их действия. Дело в том, что вода, находящаяся в крови, связывается и удерживается белками плазмы. Они создают коллоидно-осмотическое давление в сосудах, которое определяет направление движения воды через стенку капилляра: при повышении этого давления жидкость начинает переходить из тканей в кровь, при понижении — из крови в ткани. После вливания солевых растворов концентрация белков в плазме падает, уменьшается коллоидно-осмотическое давление, жидкость сквозь стенки покидает капилляры, и объем циркулирующей крови вновь снижается.

Задача, таким образом, состояла в том, чтобы придать кровезаменителям коллоидные свойства. Впервые такую попытку сделал в 1917 г. В. Бейлис³. В опытах на животных он применил коллоидный раствор гуммиарабика (застывший сок некоторых акаций) и убедился в его большом преимуществе по сравнению с соевыми растворами. Однако раствор гуммиарабика не получил практического применения по двум обстоятельствам: во-первых, он повреждал внутренние органы (почка, печень, лимфатические узлы), во-вторых, нельзя было приготовить стандартный раствор с заранее намеченными свойствами.

Поиски кровезаменителей затихли на много лет и возобновились лишь во время второй мировой войны и в послевоенный период. Война — эта «травматическая эпидемия», по определению

Н. И. Пирогова, — требовала громадного количества крови для переливания, и замена хотя бы части ее была жизненно необходимой. К этому времени определились основные требования, предъявляемые к кровезаменителям. Надо было найти коллоидные растворы с определенными и строго постоянными физико-химическими свойствами, которые, не повреждая клеток, своевременно удалялись бы из организма.

Весьма заманчивой казалась мысль использовать для замены плазмы природные коллоиды — белки. Пытались приготовить кровезаменители из плазмы крови крупного рогатого скота, лошадей, свиней, яичного белка, белка молока — казеина, белка бобовых растений, из животной и рыбьей желатины и даже из молодых лапок пихты. Но все попытки оказались неудачны. Дело в том, что чужой белок, введенный в кровь животного или человека, обладает токсическими свойствами, а при повторном введении вызывает тяжелую реакцию — анафилактический шок, который может привести к смерти.

Исследователи пытались разными способами изменить белковую молекулу, стремились создать какой-то усредненный белок, пригодный для всех животных и человека, но при этом молекулы белка частично разрушались. В результате белковые кровезаменители теряли в значительной мере свое лечебное действие, сохраняя, хотя и в ослабленном виде, способность вызывать анафилактический шок.

Другой путь получения кровезаменителей — синтез высокомолекулярных полимеров — оказался более успешным и привел к созданию весьма эффективных препаратов.

СОВРЕМЕННЫЕ КРОВЕЗАМЕНИТЕЛИ

Первый коллоидный кровезаменитель был синтезирован в Германии уже в 1939 г., перед началом второй мировой войны. Из аммиака, формальдегида и ацетилена был получен полимер поливинилпирролидон (ПВП). Под названием перистон 2,5% раствор ПВП в солевом растворе Рингера применялся в немецкой армии. После окончания войны ПВП был синтезирован и в других странах под разными названиями. Препарат ПВП, примененный для лечения кровопотери и шока, имел средний молекулярный вес 30 000 — 40 000, но содержал фракции с более высоким и более низким молекулярным ве-

² Кровезаменители. Сб. под ред. А. Н. Филатова. Л., 1975.

³ Bayliss V. M. Acacia for transfusion. — Amer. Med. Assoc. 1922, v. 781/24.

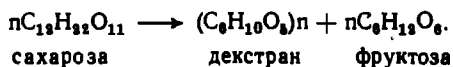
сом. Впоследствии было установлено, что этот препарат, будучи совершенно чуждым для организма, выводится в неизменном виде через почки, а крупные молекулы его поглощаются клетками ретикулоэндотелия и отлагаются в органах и тканях. В опытах на мышах было даже получено злокачественное перерождение тканей после повторных введений препарата.

Токсичность препарата ПВП, а также его низкая эффективность по сравнению с декстраном послужили причиной отказа от его применения. Зато широкое распространение получил низкомолекулярный поливинилпирролидон с молекулярным весом 10 000—12 000. Этот препарат, введенный в организм больного, присоединяет к себе различные вещества, в том числе и токсины, связывает их, а затем быстро выводится из организма. Таким образом, происходит как бы прижизненное промывание тканей (помимо токсинов низкомолекулярный ПВП связывает и удаляет красители, медикаменты, обломки молекул гемоглобина). Отечественный препарат низкомолекулярного ПВП, названный гемодезом, был синтезирован в результате совместной работы Института органической химии АН СССР и Центрального института гематологии и переливания крови АМН СССР М. Ф. Шостаковским, П. С. Васильевым, В. В. Суздальцевой и др.⁴

Однако самым распространенным коллоидным кровезаменителем стал декстран. Интересно, что открыт он был в сахарной промышленности. На сахарных заводах в фильтрах, где очищают сироп, накапливалась слизь — так называемый клек. Слизь забивала фильтры, выводила их из строя; это приносило большие убытки. Чтобы избавиться от нее, надо было узнать, что она собой представляет и откуда берется.

Эта загадка была разгадана в конце прошлого века на Украине. В 1874 г. в «Записках Киевского отделения Русского технического общества» химик К. Шейблер сообщил, что ему удалось установить химическую природу клека. Это оказался высокомолекулярный полисахарид, состоящий исключительно из молекул глюкозы

с эмпирической формулой $C_6H_{10}O_5$ и вращающий плоскость поляризации вправо. Шейблер назвал его декстраном. Немного позже профессор микробиологии Новороссийского университета и близкий друг И. И. Мечникова — Л. С. Ценковский⁵ доказал, что декстран вырабатывают микробы рода лейконосток (*Leuconostoc dextranicus*, *Leuconostoc mesenteroides*). Эти микробы разлагают сахарозу на фруктозу и глюкозу. Фруктоза идет на обеспечение жизнедеятельности микробов, а из глюкозы они синтезируют декстран:



Микробы рода лейконосток, образующие декстран, широко распространенные в природе, в течение многих лет были предметом изучения как вредители пищевой промышленности, а исследования свойств декстрана были направлены исключительно на то, чтобы от него избавиться. Но в 1943 г. шведские ученые Б. Ингельман и А. Гренвэлл обратили внимание, что водные растворы частично гидролизованного декстрана по некоторым физико-химическим показателям очень близки к плазме. Нативный (сырой) декстран вводить в кровь нельзя, поскольку он имеет большой молекулярный вес (десятки миллионов), слишком вязок и токсичен. После того как были найдены способы очистки и химической обработки декстрана, эти ученые предложили использовать его как кровезаменитель. Они же и получили из декстрана первый такой препарат, получивший название макродекс, превосходивший по своему лечебному эффекту все до него существовавшие. Декстран начал распространяться и в других странах. Теперь стали искать не только способы борьбы с микробами, образующими декстран, но и способы разведения и селекции микробов, для того чтобы получить большее количество декстрана.

Отечественный препарат декстрана — полиглюкин — был создан в нашем институте в 1954 г. большим коллективом исследователей, под руководством дирек-

⁴ Васильев П. С., Гроздов Д. М. Функциональная классификация кровезаменителей. — «Труды XII Международного конгресса по переливанию крови». М., 1972.

⁵ Козинер В. Б., Федоров Н. А. Механизм действия полиглюкина. М., 1974.

тора института А. А. Багдасарова. Прежде всего нужно было изучить разнообразные штаммы микробов, вырабатывающих декстран, и выбрать самый подходящий: ведь от штамма микроба зависит химическое строение и лечебные свойства декстрана. Выбор штамма имеет решающее значение, и не случайно зарубежные фирмы, производящие декстран, строго охраняют секрет своего штамма. Микробиологи К. М. Двойлацкая-Барышева и Г. С. Сельцовская начали настойчивые поиски нужного штамма. Ими было проверено свыше 30 штаммов микроба, выделенных из естественных мест его обитания: сатурационных соков, полученных на сахарных заводах, сахарного песка, кукурузного сока, огуречного рассола, молока, простокваши, кефира, творога, сырковой массы. Нужный штамм был, наконец, выделен из сахарного песка, привезенного с Украины сотрудником института А. А. Фромом. Была разработана специальная синтетическая питательная среда, на которую микроб пересевается уже более 20 лет, не меняя своих свойств.

Химическую обработку нативного декстрана и приготовление из него медицинского препарата разработали Г. Я. Розенберг и Т. В. Полушина. Сырой декстран очищают, частично гидролизуют и выделяют фракцию, которая по молекулярному весу ($60\,000 \pm 10\,000$) ближе всего к белку плазмы — альбумину. Ее разводят физиологическим раствором и получают готовый препарат — полиглюкин. Свойства полиглюкина и его влияние на организм были изучены на животных. Полиглюкин оказался безвредным и исключительно эффективным препаратом. На неподготовленного зрителя опыт с лечением кровопотери полиглюкином производит впечатление чуда. У собаки из артерии выпускают кровь до тех пор, пока артериальное давление не падает до нуля, наступают резкие расстройства ритма сердца и дыхания — и вот, когда до смерти остаются считанные секунды, в вену начинают вливать препарат. И хотя вливают не кровь, а бесцветную жидкость, животное на глазах начинает оживать, как будто ему вернули его собственную кровь. Собаки выживали, когда $2/3$ крови замещали полиглюкином. Ни один кровезаменитель не был столь эффективен.

Введенный в кровь полиглюкин довольно быстро выделяется из организма, главным образом почками, причем с той же скоростью, с какой поступают в кровь из печени вновь образующиеся белки. Это

очень ценное свойство препарата: благодаря ему объем циркулирующей крови и коллоидно-осмотическое давление плазмы остаются постоянными. Долгое время не знали судьбу тех немногих молекул декстрана и полиглюкина, которые остаются в организме. Не откладывается ли он в тканях, подобно ПВП? Ответ на этот вопрос дал эксперимент с радиоактивным декстраном. В теплице, атмосфера которой содержала углекислый газ, с меченым углеродом ($^{14}\text{C}_2$) американские исследователи вырастили сахарный тростник. Из выделенной затем сахарозы был получен радиоактивный клинический препарат декстрана. Введение такого декстрана животным и людям показало, что декстран в организме не отлагается, а расщепляется до глюкозы, которая потом окисляется до углекислого газа и воды (испытываемые выдыхали $^{14}\text{CO}_2$).

Но хотя опыты с радиоактивным декстраном помогли проследить путь декстрана в организме, его включение в обмен веществ, они не ответили на вопрос, как происходит расщепление декстрана. Этот вопрос решила Е. Л. Розенфельд⁶, открывшая в тканях животных и человека особый фермент α -1,6-глюкозидазу, расщепляющий декстран до глюкозы.

Положительные результаты экспериментального изучения полиглюкина позволили рекомендовать его для широкого применения. В настоящее время он выпускается в промышленном масштабе и прочно вошел в практику. Полиглюкин — стойкое соединение, его можно хранить при комнатной температуре много лет, перевозить любым транспортом, при замораживании и оттаивании он не теряет своих свойств. В отличие от переливания крови вливание полиглюкина — сравнительно простая операция, не требующая особой подготовки больного.

Полиглюкин представляет собой весьма эффективное противошоковое средство, нормализующее кровообращение. Кровопотеря, травматический шок, тяжелые ожоги, профилактика и лечение операционного шока — основные показания к его применению. Кроме того, его с успехом переливают и при некоторых других хирургических и терапевтических заболеваниях. Для заполнения аппаратов

⁶ Розенфельд Е. Л. Изучение процесса энзиматического расщепления декстранов экстрактами селезенки. — «Биохимия», 1956, т. 21, № 1.

искусственное сердце — легкие и искусственная почка перед началом операции нужно очень много крови, взятой у нескольких доноров, что увеличивает опасность осложнений. Положение облегчилось с появлением полиглюкина, которым можно в этих случаях заменить часть крови.

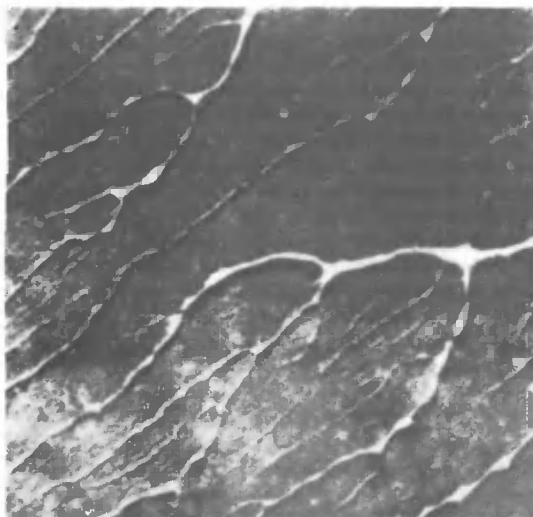
Введение полиглюкина не исключает необходимости переливания крови, особенно когда потеря крови велика и содержание гемоглобина сильно снижено. Но крови при этом нужно гораздо меньше, а иногда можно обойтись вообще без нее. Установлено, что у человека можно заменить полиглюкином до 2 л крови, т. е. приблизительно 1/3 часть ее объема, циркулирующего в сосудах.

Полиглюкин по молекулярному весу относится к среднемолекулярным соединениям. Поэтому для специальных целей был создан препарат декстрана (за рубежом реомакродекс, а у нас в стране реополиглюкин), с молекулярным весом, пониженным до 40 000.

Главная особенность низкомолекулярных растворов декстрана заключается в их способности уменьшать вязкость крови, препятствовать склеиванию эритроцитов и тем самым улучшать кровообращение в капиллярах и питание тканей. Именно поэтому реополиглюкин особенно эффективен при таких тяжелых состояниях, как поздняя стадия шока, тяжелые ожоги, разможение тканей, начальная стадия инфаркта миокарда, кишечная непроходимость, острое воспаление поджелудочной железы. Исследования декстрана и его производных еще продолжаются, и мы ждем появления новых лечебных препаратов, полученных из этого удивительного вещества.

К существующим в настоящее время коллоидным кровезаменителям относятся и препараты, полученные из желатины. Желатина — неполноценный белок, у нее отсутствуют специфические свойства, и повторные переливания не вызывают анафилаксию. Впервые как кровезаменитель желатину использовали во время первой мировой войны, но распространения она не получила из-за существенного недостатка: уже при относительно высокой температуре желатина застывала. Интерес к желатине возобновился уже после второй мировой войны, когда путем специальной обработки из нее удалось получить препараты, годные для переливания человеку.

В настоящее время кровезамени-



Молекула нативного декстрана под электронным микроскопом [увел. в 23 тыс. раз]. Длинные ветвистые нити — единичные гигантские молекулы декстрана.

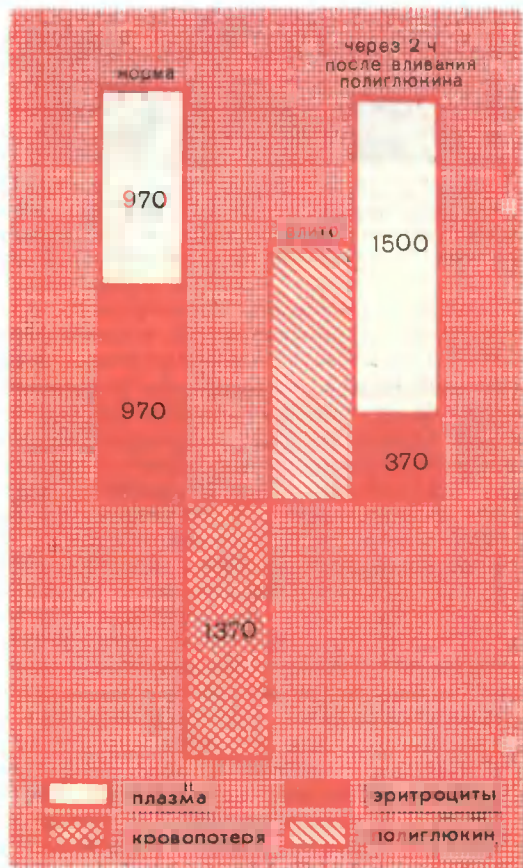
тели из желатины используют в Советском Союзе, Англии, Канаде. Отечественный препарат под названием желатиноль получен в Ленинградском институте гематологии и переливания крови Л. Г. Богомоловой и Т. В. Знаменской. Однако все желатиновые заменители менее эффективны, чем препараты декстрана, и потому их применяют в более легких случаях. Зато для заполнения аппарата искусственного кровообращения желатиноль оказался наиболее подходящим препаратом, так как он покидает организм больного к тому времени, когда больной уже не нуждается в препарате.

Несмотря на синтез высокоэффективных коллоидных кровезаменителей, в последние годы вновь был поднят вопрос о возможности лечения шока и кровопотерь раствором кристаллоидов, и многие специалисты, особенно американские, отдают им предпочтение перед коллоидными растворами. Наиболее распространен раствор Рингер-лактата, содержащий в физиологической концентрации основные электролиты плазмы с добавлением молочнокислого натрия. Этот раствор обладает буферной емкостью и, вступая в реакцию с кислотами, способствует нормализации кислотно-щелочного равновесия в организме, сдви-

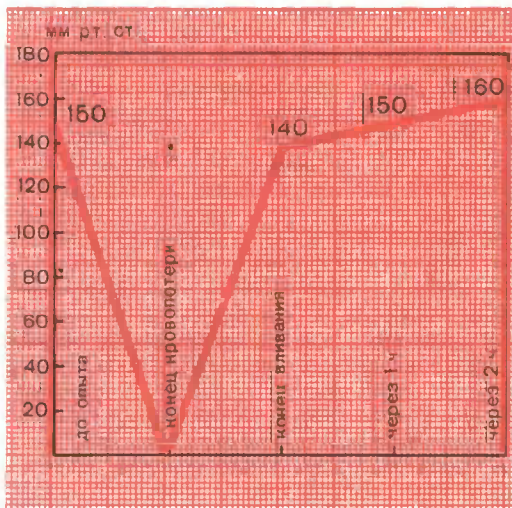
нутого при кровопотере и шоке в кислую сторону.

Теоретической предпосылкой для вновь возросшего интереса к кристаллоидам послужил давно известный в физиологии факт неравномерного распределения жидкости в организме. Существуют три так называемых водных пространства: вода находится внутри сосудистой системы (8%), в межтканевых щелях (33%) и внутри клеток (59%). Обмен воды между этими «пространствами» идет очень интенсивно, особенно между внутрисосу-

пешно замещена раствором Рингер-лактата, и животные выжили. В больших масштабах Рингер-лактат применяли в армии США во время войны во Вьетнаме. Однако оказалось, что введение чрезмерно большого количества жидкости не всегда проходит бесследно. Все чаще стали поступать сведения о развитии отека легких у таких раненых, что даже появился термин «легкое Дананга», по имени города, где находилась госпитальная база войск США во Вьетнаме. Затем подобные случаи были описаны и в других странах.



дистым и межтканевым. Поэтому лечение кровопотери растворами кристаллоидов будет успешно, если объем вводимой жидкости будет в 3—4 раза больше объема потерянной крови, а не равен ему. Тогда можно будет полностью насытить межтканевые пространства и удержать часть жидкости внутри сосуда. Опыты на животных подтвердили это положение: потеря 50—65% объема крови была ус-



Изменение объема циркулирующей крови в миллилитрах (слева) и артериального давления (справа) после абсолютно смертельной кровопотери (68,5 мл/кг) у собаки весом 20 кг. После замещения крови полиглюкином объем циркулирующей крови восстановился в результате увеличения объема плазмы. Несмотря на значительное уменьшение числа эритроцитов, собака выжила.

В Советском Союзе выпускается раствор Рингер-лактата под названием лактасол. Это очень ценный препарат для лечения нарушений водно-электролитного баланса и ацидоза (накопление в организме кислот). Он незаменим в случаях значительной потери жидкости, как, например, при холере и некоторых других кишечных инфекциях, неукротимой рвоте, тяжелых ожогах. И хотя в опытах на со-

баках И. Л. Смирновой⁷ было доказано, что лактасол спасает жизнь при смертельной кровопотере, в хирургической практике его применяют лишь в комплексе с коллоидными кровезаменителями и кровью.

КРОВЕЗАМЕНИТЕЛИ БУДУЩЕГО

При кровопотере и шоке организм страдает от недостатка кислорода, вызванного расстройством кровообращения. Вливая кровезаменители, кровообращение можно наладить, но при этом оставшиеся эритроциты разбавляются кровезаменителем и, хотя объем крови восстанавливается, эритроцитов содержится меньше. Поэтому в случаях значительной анемии после вливания кровезаменителей переливают дополнительно кровь. Можно ли вообще обойтись без крови и сделать кровезаменитель, способный переносить кислород и углекислый газ, т. е. моделировать дыхательную функцию крови, подобно тому как была смоделирована функция плазменных белков? В настоящее время такая задача вполне реальна, и первые шаги уже сделаны. Правда, до переливания больному дело еще не дошло, но экспериментальные работы интенсивно ведутся в самых различных направлениях.

Прежде всего внимание привлек естественный переносчик кислорода — гемоглобин. Извлеченный из эритроцитов гемоглобин сохраняет способность присоединять и отдавать кислород, а по молекулярному весу он приближается к альбумину плазмы и может поддерживать коллоидно-осмотическое давление. Попытки переливать растворы гемоглобина для замещения крови были сделаны уже около сорока лет назад, но они не увенчались успехом, так как вводить гемоглобин можно было лишь в очень небольших количествах, а с увеличением дозы серьезно поражались почки. Лишь за последнее время было выяснено, что поражение почек связано с плохой очисткой гемоглобина от факторов свертывания крови, находящихся в эритроцитах, и что полно-

стью очищенный гемоглобин безопасен при вливании.

С. Рабинер (США)⁸ считает, что раствор очищенного гемоглобина может быть кровезаменителем — переносчиком кислорода. В его опытах более половины собак, которым заменили 80% крови на раствор гемоглобина, выжили. В нашем институте Н. В. Покидова⁹ еще в 1956 г. получила очищенный гемоглобин из крови крупного рогатого скота. Тогда же ею и В. Б. Козинером были проведены опыты по полной замене крови на раствор гемоглобина у кошек. Кошки жили один-два часа за счет чужого гемоглобина, не имея собственной крови. В то время дальнейшего развития эти опыты не получили. Однако в последние годы вновь возрос интерес к растворенному гемоглобину. В Ленинградском институте гематологии и переливания крови под руководством З. А. Чаплыгиной был получен препарат эригем, содержащий 2,5—3 г% чистого гемоглобина. Этот препарат применяют как средство, стимулирующее кроветворение. Но заменить дыхательную функцию крови эригем не может, так как содержание гемоглобина и, следовательно, кислородная емкость его слишком малы и не обеспечивают переноса должного количества кислорода.

В нашем институте над получением кровезаменителя из растворенного гемоглобина работает группа исследователей под руководством Г. Я. Розенберга¹⁰. Полученный препарат, содержащий 7—8 г% гемоглобина, был исследован в физиологических опытах в лаборатории Н. А. Федорова авторами этих строк. Сперва на изолированном сердце кролика, перфузируемом раствором гемоглобина, было установлено, что живая ткань усваивает кислород из этого раствора. Затем у кошек полностью заменяли кровь на раствор гемоглобина: выпуская из артерии кровь, в вену с такой же скоростью вливали раствор. Для того чтобы полностью

⁸ Rabiner S. F. Hemoglobin solution as a plasma expander. — «Fed. Proc.», 1975, v. 34, № 6.

⁹ Покидова Н. В. О препарате гемоглобина из крови крупного рогатого скота: — В кн.: Современные проблемы гематологии и переливания крови. М., 1956.

¹⁰ Розенберг Г. Я., Вязова Е. П., Иванова Г. Н. и др. Получение очищенного препарата гемоглобина и изучение его свойств. — «Проблемы гематологии и переливания крови», 1975, № 11.

⁷ Смирнова И. Л., Козинер В. Б., Розенберг Г. Я. и др. Применение Рингер-лактатного раствора для лечения кровопотери в эксперименте. — «Проблемы гематологии и переливания крови», 1971, № 10.

отмыть животное от собственной крови, нужно четырежды сменить у него объем крови. В этих опытах нами подробно были изучены условия снабжения организма кислородом. За счет переноса газов раствором гемоглобина кошки жили несколько часов: при такой постановке опытов жить дольше они не могли. Несмотря на гибель животных, результаты этих опытов оставляют большое впечатление. Животные некоторое время жили без собственной крови, полностью на приготовлен-

ном растворе, который доставлял к тканям нужное количество кислорода.

Хотя эти опыты и дают некоторую надежду, для окончательного ответа предстоит еще много работы. Дело в том, что раствор гемоглобина быстро покидает кровяное русло. Следовательно, надо как-то изменить молекулу гемоглобина (укрупнить ее) или создать модель эритроцита. Именно по этому пути пошли японские исследователи В. Секигуши, А. Кандо, М. Китама. Они изготовили

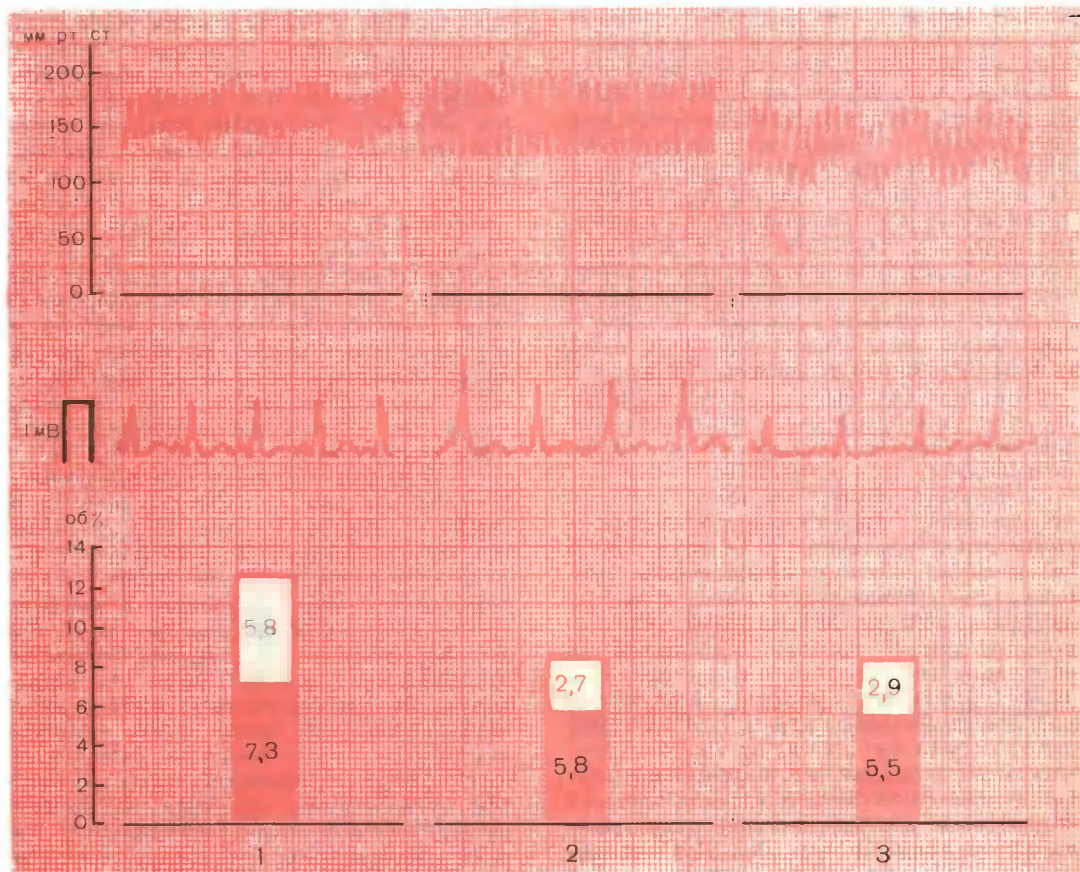


Схема опыта на кошке с полным замещением крови раствором гемоглобина.

Внизу — содержание кислорода в объемных процентах (мл/100 мл) крови или раствора гемоглобина, нижняя часть столбика — содержание кислорода в венозной крови, верхняя — разница между содержанием кислорода в артериальной и венозной крови, показывающая потребление кислорода тканями при прохождении через них каждые 100 мл крови; в середине — электрокардиограмма; вверху — запись артериального давления: 1 — до опыта, 2 — сразу после полного замещения крови, 3 — через час после замещения, когда кошка жила исключительно на растворе гемоглобина.

После замещения крови содержание кислорода (кислородная емкость) уменьшилось, так как концентрация влитого гемоглобина была меньше, чем концентрация гемоглобина, находящегося в сосудах кошки до опыта. Артериальное давление к этому времени немного снизилось, но было в пределах физиологической нормы, сохранялся нормальный ритм работы сердца. Каждые 100 мл раствора гемоглобина отдавали тканям 2,9 мл кислорода, но общее потребление кислорода поддерживалось за счет более быстрого кровотока.

искусственные эритроциты — микрокапсулы из полимеров в форме шариков диаметром в 6—8 мкм (размер эритроцита), заполненные человеческим гемоглобином¹¹. Такие искусственные эритроциты в модельных опытах присоединяли и отдавали кислород, но при введении животным оседали в селезенке и печени. Кроме того, они не так эластичны, как естественные, и поэтому плохо проходят через капилляры. Попытки усовершенствовать искусственные эритроциты продолжают.

Другой японский исследователь — И. Миносима решил создать полностью синтетическую кровь. Он обратил внимание на так называемые хелатные комплексы, содержащие металлы, способные обратимо связывать кислород. Комплекс кобальт-дигистидин послужил основой для искусственной крови, содержащей также декстран, аминокислоты, витамины и соли. В опытах на животных эта кровь давала очень кратковременный эффект, поскольку кобальт-дигистидин быстро выводился почками. Дальнейшие поиски, видимо, пойдут по пути соединения молекулы кобальт-дигистидина с высокомолекулярными полимерами, что позволит задержать его в крови более длительное время.

Очень интересны поиски и эксперименты Р. Гейера (США). Он обратил внимание на высокую способность фторуглеродов растворять газы, в том числе кислород (до 50 об.% при полном насыщении чистым кислородом). Поскольку фторуглерод нерастворим в воде, для биологических экспериментов готовят специальную эмульсию в низкомолекулярных полимерах. Капельки эмульсии размером около 2 мкм можно рассматривать как своеобразную модель эритроцита, где фторуглерод заменяет гемоглобин, а слой эмульгатора — оболочку эритроцита. Проходя через легкие, эмульсия насыщается кислородом, который она отдает в тканях в обмен на углекислый газ. В отличие от переноса газов гемоглобином, этот процесс целиком зависит только от парциального давления газа.

В опытах Гейера крысы выживали при полной замене крови на эмульсию фторуглерода, но первые дни они находились в атмосфере чистого кислорода. Собственная кровь у них восстанавлива-

лась за 7 дней. О перенесении опытов с фторуглеродом на человека думать еще рано. Во-первых, сначала надо убедиться в его полной безвредности для организма. Во-вторых, фторуглерод переносит достаточное количество кислорода лишь в том случае, если животное дышит чистым кислородом; переход же на дыхание атмосферным воздухом продолжается не менее 15 дней, что для практических целей неудобно.

В начале статьи мы говорили, что поиски кровезаменителей были вызваны недостатком крови и трудностями с ее хранением и доставкой. Но так было только на первых порах; дальнейшее развитие науки о переливании крови показало, что так называемые кровезаменители — это не заменители в собственном смысле слова, т. е. суррогат, а самостоятельные лечебные препараты, избирательно действующие на определенные функции организма. Они не исключают применения крови, а вместе с кровью, ее компонентами и препаратами составляют тот арсенал лечебных средств, который позволяет врачу выбрать именно то, что нужно данному больному в данный момент. С расширением знаний о составе и функции крови появятся новые препараты, которые позволят еще более эффективно вмешиваться в процессы, происходящие в больном организме, и направлять их течение в нужную нам сторону.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Козинер В. Б., Федоров Н. А. МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ПОЛИГЛЮКИНА. М., 1974.

Петров И. Р., Бондина В. А., Сенчило Б. А. ПЛАЗМОЗАМЕЩАЮЩИЕ РАСТВОРЫ ПРИ ЛЕЧЕНИИ КРОВОПОТЕРИ И ШОКА. Л., 1969.

Петров И. Р., Филатов А. Н. ПЛАЗМОЗАМЕЩАЮЩИЕ РАСТВОРЫ. Л., 1963; КРОВЕЗАМЕНИТЕЛИ. Л., 1975. Под ред. А. Н. Филатова.

¹¹ «Труды XII Международного конгресса по переливанию крови». М., 1972, с. 261.

Находка мамонта на ручье Киргилях в Магаданской области

Н. А. Шило



Николай Алексеевич Шило, академик, директор Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института Дальневосточного научного центра АН СССР. Автор фундаментальных исследований по четвертичным отложениям, геоморфологии и рудным месторождениям Северо-Востока СССР. Герой Социалистического Труда.

24 июня 1977 г. на ручье Киргилях, впадающем в р. Берелех (один из наиболее крупных притоков р. Колымы), бульдозерист А. В. Логачев, вскрывая торфы, обнаружил труп молодого мамонта. Его возраст, как определяют специалисты, изучающие млекопитающих, не более 5—7 месяцев. Он лишен бивней, которые еще не вышли из альвеол.

Когда мне сообщили по телефону об этой находке в Магадан, я попросил сотрудников нашего института палеонтолога А. В. Ложкина, ранее принимавшего участие в различных раскопках мамонтов, в частности на Берелехе Индигирском, на Новосибирских о-вах и т. д., геолога Ю. В. Шумилова, специалиста по четвертичной геологии Северо-Востока СССР, и молодого геоморфолога Э. Э. Титова выехать на место и по возможности тщательно зафиксировать условия захоронения мамонта, изучить геологическую и геоморфологическую обстановку места этой находки и со всеми предосторожностями, не размораживая труп, доставить его в Магадан.

Эта группа ученых прибыла на место находки мамонта на самолете на второй день после того, как было получено сообщение о ней.

Мамонт обнаружен в отложениях,

слагающих надпойменную террасу ручья Киргилях. Терраса имеет высоту около 10 м и протягивается в виде неясно выраженного в рельефе уступа, ее поверхность слабо наклонена к руслу ручья. Отложения представляют собой серые суглинки и супеси и имеют толщину около 2 м, в них содержится также щебень коренных пород. Они насыщены льдом в виде небольших жилок, пронизывающих отложения; встречаются ледяные линзы и неправильные ледяные тела. В основании одной из таких линз на глубине 1,8 м от поверхности и находился труп мамонта.

Эта ледяная линза имеет толщину около 0,6—0,8 м и диаметр 10 м. Лед и прослойки минерального вещества насыщены растительными остатками (обломками ветвей, стволами кустарниковой ивы, травой, мхом), которые сравнительно равномерно распределены в отложениях, но местами образуют небольшие прослои толщиной до 10 см.

Речные отложения, слагающие террасу, перекрыты сплошным плащом суглинков и супесей; они представляют собой делювиально-солифлюкционный покров, т. е. покров, сложенный стекающими продуктами выветривания. Аллювий (собственно водные осадки) имеет мощность 3—6 м и залегает непосредственно на коренных



Труп молодого мамонта, обнаруженный при земляных работах на ручье Киргилях.

Фото А. В. Ложкина.

породах. Самая верхняя часть разреза состоит из отложений, вынесенных ручьем Дима — притоком ручья Киргилях. В общем же все породы, слагающие террасу, включая и аллювий, переработаны мерзлотными процессами, галечники перемежаются со щебнем и суглинками, что указывает на преимущественную аккумуляцию материала в долине и пониженную

активность водотока по сравнению с современной его деятельностью.

Палеоботанический анализ растительных остатков указывает на господство во время гибели детеныша мамонта злаково-растительных ассоциаций, березки тощей, кустарниковых видов ивы; присутствовали также лиственница и некоторые другие элементы современной флоры. Наличие большого количества болотных осок свидетельствует о заболоченности долины ручья и наличии вечной мерзлоты, которая в верхней части (деятельный слой) при сезонном оттаивании подпитывала влагой почвенный горизонт.

По предварительным соображениям, время гибели мамонта определялось в 10—13 тыс. лет назад. Теперь получены радиоуглеродные датировки, показывающие, что мамонт жил и погиб более 40 тыс. лет назад. Этим же временем датируют большинство находок мамонтов на Северо-Востоке СССР. Когда были получены первые данные о растительных остатках, заключенных в отложениях, в которых находился мамонт, я обратился к спорово-пыльцевым комплексам из аллювия, которые мне приходилось в этом районе изучать в 50-х годах. Очень близким к ним оказался состав верхнеплейстоценового (ледникового) спорово-пыльцевого комплекса из аллювиальных отложений тызлянской серии. В них среднее соотношение групп следующее:

Споры — 53,5%

Древесная пыльца — 16,5%

Недревесная пыльца — 30,0%

Интересно, что в составе спорово-пыльцевых комплексов из голоценовых (последнеледниковых) отложений гораздо больше древесной пыльцы (среднее количество 59,0%), меньше спор (29,0%) и недревесной пыльцы (12%). Это свидетельствует о более сухом климате того времени, чем в последнеледниковом периоде, хотя 40 тыс. лет назад развивались ледники последнего оледенения в системе горных цепей Черского на северо-востоке Азии. На основании этих данных теперь можно утверждать, что на этой территории в ледниковый период климат был более сухой, чем в голоцене. Непокрывавшееся ледником пространство служило местом обитания мамонтов.

Дальнейшие тщательные исследования места находки трупа молодого мамонта могут дать неожиданные результаты в том числе и для геологов. Могут спросить: следовало бы публиковать материалы, имеющие предварительный харак-

тер? На этот вопрос нужно ответить только положительно. Разностороннее изучение ценной находки может продолжаться, и не исключено, что в ходе работы возникнут новые проблемы, которые потребуют дополнительных исследований.

В заключение хотелось бы обратить внимание читателей на факт исключительно высокой культуры и, я бы сказал, научного сознания, которые были проявлены рабочим Анатолием Владимировичем Логачевым, работавшим в тот момент на бульдозере. Он сразу же сообщил о находке; уже через час и мне в Магадане было известно о происшедшем. Сравните, пожалуйста, этот случай с недавним фактом находки в Тихом океане на траверзе новозеландского города Кристчерч трупа или скелета как можно судить по описаниям и фотографиям плезиозавра. Моряки, сфотографировав извлеченную драгой на борт судна диковинку, выбросили ее в море, тем самым лишив человечество возможности изучить единственный экземпляр животного, которое считается вымершим около 100 млн лет тому назад.

Наши товарищи не только проявили большое понимание значения находки, но своим отношением продемонстрировали высокую культуру, позволившую им сохранить эту находку для науки.

В настоящее время получены некоторые данные о трупе теленка мамонта; в частности, данные анатомического вскрытия и внешнего изучения его дают право считать, что в руки ученым попала уникальная находка. Морфологические особенности мамонта, его органов пищеварения, сердечно-сосудистой системы, дыхания и пр. указывают на удивительную приспособляемость мамонтов к суровым климатическим условиям. Тщательные и всесторонние исследования трупа мамонта учеными различных специальностей откроют одну из интереснейших страниц ледниковых эпох нашей планеты.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВЫ ПАЛЕОНТОЛОГИИ. Млекопитающие. М., 1962.

Томирдиаро С. В. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА И ОСВОЕНИЕ ГОРНЫХ СТРАН И НИЗМЕННОСТЕЙ. Магадан, 1974.

Верещагин Н. К. ГИБЕЛЬ МАМОНТОВОЙ ФАУНЫ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ.— «Природа», 1977, № 9.

Палеонтологическое описание находки

Н. К. Верещагин, И. А. Дубров

Захоронение мамонтенка уже по первому впечатлению оказалось столь необычным, что по праву стало подлинной сенсацией. Изучением находки занялись геологи и палеонтологи, микробиологи и гистологи.

Мамонтенок-самец погиб в возрасте 7—8 месяцев, вероятно, в конце лета или начале осени. Его рост в холке 100 см при косой длине туловища (от плеча до седалищного бугра) 75 см. Высота передних ног — 43 см, диаметр подошвы 14Х17 см на задних и 13Х15 на передних конечностях.

Найденный мамонтенок весил 70 кг. Учитывая мумификацию — высыхание тканей, его фактический вес перед гибелью, вероятно, составлял 90—100 кг минимум. Замеры головы позволяют сопоставлять череп этого зверя с фрагментами черепов из Берелехского «кладбища» в бассейне р. Индигирки. У мамонят сходных размеров молочные зубы бывают уже частично стертые, и начинают прорезаться постоянные бивни, т. е. возраст их около одного года. В левой резцовой альвеоле киргизского мамонтенка молочный бивень «наклеивается» через ткань десны, в правой — он не прорывается. Остальные зубы посмотреть пока нельзя.

Обильный волосной покров мамонтенка при извлечении его из породы уцелел только частично. Длина волос на ногах достигает 12,5 см, на боках и груди 21 см. Его светлокаштановые волосы при жизни были, возможно, чуть темнее. Оголенная кожа левого бока и шеи при отмывке оказалась гладкой, светло-коричневого цвета с желтизной. Ее толщина достигала на боку 5, а на брюхе 7 мм.

Спавшийся, усохший хобот длиной 58 см имел до 50

поперечных кожных складок. Длина верхнего «пальца» хобота около 50 мм, нижнего — 20 мм, обхват хобота в верхней части 26,5 см, конец хобота круглый в сечении с диаметром 3 см. Местами на хоботе сохранилась шерсть.

Мускульная ткань коричневого цвета, в размороженном виде податливая, сильно обезвоженная, с легким запахом тления. Существенно, что сами торфянистые слои верхов толщи склоновых отложений Киргизия при размораживании дают значительно более заметный запах разложения растительных остатков.

Все внутренние органы, сильно обезвоженные и сплюснутые, были грязновато-бурого цвета с отдельными осветленными пятнами.

На легких, сердце, печени резко отпечатались ребра правой стороны. Кольца трахеи и бронхов сплюснуты, с минимальным просветом. Легкие в виде простых треугольных лепестков со сторонами длиной 34 и 23 см весят 520 г. Печень весом 115 г сильно сплюснута, ее вертикальная длина 19 см, передне-задний поперечник 14 см, толщина 55 мм. Почки имеют вид плоских сплюснутых дорзо-вентрально (горизонтально), вытянутых блях размером 140Х20 мм, вес правой почки 40 г.

В небольшом спавшемся желудке найдено некоторое количество почвенных и травянистых частиц. Тонкий отдел кишечника длиной около 3,2 м был пустой. На брыжжейке, имевшей вид полупрозрачной пергаментной пленки, были хорошо видны дельтовидные группы кровеносных сосудов. Толстый отдел кишечника длиной около 1,4 м, местами сильно поврежденный ножом бульдозера, был заполнен черной бурой влажной землей с массой, содержащей до 8—10% по объему остатка стеблей и корешков травянистых расте-

ний. Общий вес содержимого кишечника и желудка достигал 3,5 кг.

Сейчас предварительно можно сказать, что мамонтенок погиб в возрасте меньше одного года, перед смертью он какое-то время голодал. Никаких механических повреждений на труп не, следовательно, нельзя говорить о насильственной смерти или гибели в селевом потоке. На это указывает и очень спокойная поза, в которой был захоронен труп. Отсутствие повреждений тела хищниками и заметных следов разложения мягких тканей говорит о его довольно быстром захоронении. Мумификация тканей позволяет предполагать, что труп мамонта какое-то время находился на морозе, возможно под слоем снега. Погребен мамонтенок был склоновыми отложениями — суглинками с большим количеством щебня.

Даже краткие сведения, приведенные здесь, показывают большое научное значение находки на ручье Киргизия. Ведь палеонтологи обычно имеют дело только с твердыми скелетными образованиями, сохраняющимися в ископаемом состоянии. Всемирно известные захоронения в янтаре, в озокерите и в асфальтовых слоях, когда сохраняются целые животные. Однако только находки в вечной мерзлоте дают полный материал для изучения органов вымерших животных, их тканей, остатков пищи, паразитов, обитавших в их теле, и т. д. В некоторых случаях возможна даже постановка микробиологических исследований в реальных и достаточно стерильных условиях.

Всего в СССР известно около сорока пунктов, где были найдены остатки мягких тканей мамонтов. Большая часть находок была сделана в бассейнах рек Индигирки и Колымы, в Якутской АССР и Магаданской области.

Для ряда захоронений частей трупов мамонтов в вечной мерзлоте методом радиоактивного углерода был определен абсолютный геологический возраст. Они датируются от 50 (теректяхский мамонт) до 4—10 (таймырский мамонт) тыс. лет.

Несохранение четности можно наблюдать в макроскопических процессах

И. Б. Хриплович



Иосиф Бенционович Хриплович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института ядерной физики Сибирского отделения АН СССР. Область научных интересов связана с физикой элементарных частиц.

ЭКСПЕРИМЕНТ, РЕЗУЛЬТАТОВ КОТОРОГО ЖДУТ С НЕТЕРПЕНИЕМ

Сейчас, когда пишется эта статья, несколько экспериментальных групп в США, Англии и СССР пытаются обнаружить и измерить оптическую активность паров висмута, т. е. вращение плоскости поляризации света, проходящего через эти пары. Следует сразу сказать, что речь идет о чрезвычайно малых углах поворота, составляющих в реальных условиях около 10^{-2} угловой секунды, так что эти опыты лежат на грани современных экспериментальных возможностей.

Что заставляет физиков прилагать большие усилия для измерения этой чрезвычайно слабой оптической активности?

Дело в том, что подобные эксперименты могут ответить на вопрос о несохранении четности в слабом взаимодействии электрона с ядром — вопрос очень существенный для физики элементарных частиц.

Разумеется, сама по себе оптическая активность — отнюдь не новое явление. Хорошо известно, например, что раствор сахара вращает плоскость поляризации проходящего света. Причина здесь в том, что молекула сахара обладает винтовой структурой. В зависимости от того, является ли световая волна лево- или правополя-

ризованной, винт, описываемый направлением ее электрического поля, совпадает с молекулярным или противоположен ему. Вполне естественно, что в этих двух случаях взаимодействие волны с молекулой будет различным. Поэтому для лево- и правополяризованной волны оказываются разными и коэффициенты преломления, которые определяются этим взаимодействием. Если же падающий свет поляризован линейно, то его можно представить, как наложение право- и левополяризованной волны, причем направление поляризации определяется разностью фаз этих двух волн. Различие в коэффициентах преломления приводит к тому, что при прохождении среды эта разность фаз меняется, а, следовательно, плоскость поляризации поворачивается¹.

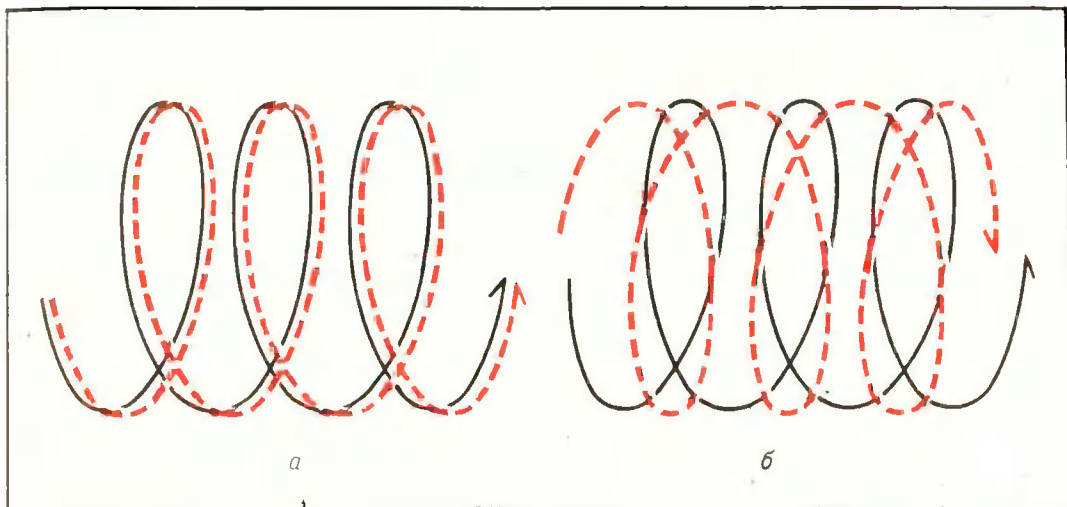
Но, конечно, не этот эффект пытаются найти в обсуждаемых экспериментах. Задача как раз состоит в том, чтобы избавиться от известных механизмов вращения плоскости поляризации, маскирующих искомое явление. Так, по характерной за-

¹ Подробнее об органических веществах, обладающих оптической активностью, см.: Морозов Л. Л. Несохраняющаяся четность в молекулярном мире организов. — «Природа», 1977, № 1.

висимости эффекта от длины волны света пытаются выделить оптическую активность, связанную с определенным переходом в атоме висмута, и тем самым исключить вращение плоскости поляризации за счет случайных примесей обычных оптически активных веществ типа сахара и за счет других паразитных эффектов. Особые меры принимаются для подавления случайного внешнего магнитного поля, которое тоже приводит к вращению плоскости поляризации света. Механизм этого явления, так называемого эффекта Фарадея,

Легко сообразить, что оптическая активность паров, состоящих из неполяризованных атомов, да еще в отсутствие внешнего магнитного поля, в самом деле была бы удивительным явлением. Действительно, в какую же сторону должна вращаться плоскость поляризации света — вправо или влево, иными словами, чем вообще может определяться в такой ситуации направление вращения?

И, пожалуй, не менее удивительно то обстоятельство, что результатов этого оптического эксперимента с нетерпением



Винт, описываемый вектором электрического поля световой волны, совпадает с винтовой структурой молекулы (а) или ей противоположен (б), в зависимости от того, является ли световая волна лево- или правополяризованной.

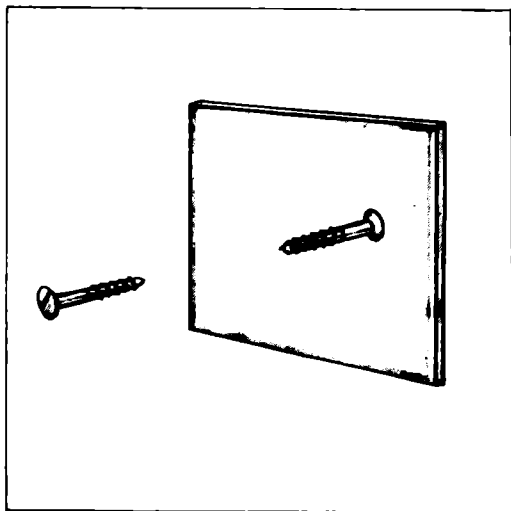
хорошо известен, однако мы не будем здесь на нем останавливаться². Стоит лишь отметить, что даже поле, составляющее 10^{-2} — 10^{-3} от магнитного поля Земли, достаточно для имитации искомого эффекта и поэтому оказывается опасным. Таким образом, эксперимент труден и с точки зрения защиты от случайного магнитного поля.

ждут физики, занимающиеся элементарными частицами. Нетерпение это столь велико, что, предвзято будущие результаты опытов или, по крайней мере, преувеличивая однозначность уже полученных результатов, примерно с апреля 1976 г. среди этих физиков циркулируют слухи о том, что эффект найден или, наоборот, на ожидаемом уровне отсутствует. На самом деле в настоящее время на основании имеющихся экспериментальных данных делать окончательные выводы о существовании или об отсутствии эффекта, может быть, рано.

В опытах, о которых идет речь, ищут слабое взаимодействие электрона с ядром, не сохраняющее четность. Несохранение четности в известных процессах слабого взаимодействия элементарных частиц — твердо установленный факт. Чтобы пояснить, в чем состоит этот эффект, рассмотрим следующий пример. В экспериментах по β -распаду ядер было обнаружено, что вылетающие электроны обладают левой продольной поляризацией. Это

² См.: Волькенштейн М. В., Шаронов Ю. А. Эффект Фарадея и его применение в биологии. — «Природа», 1977, № 5.

означает, что чаще рождаются электроны, у которых момент внутреннего вращения — спин — направлен противоположно скорости. Иными словами, внутреннее вращение и поступательное движение электронов чаще образуют левый винт, чем правый. Однако это утверждение меняется на обратное при переходе от правой системы координат к левой. Действительно, при таком зеркальном отражении направления поступательного движения скорость остается неизменной, в то время как направление вращения меняется на



При зеркальном отражении левый винт переходит в правый, и наоборот.

обратное, т. е. левый винт переходит в правый, и наоборот. (В этом проще всего, по-видимому, убедиться, рассматривая в зеркале обычный шуруп.) Если в физическом процессе правый и левый винт оказываются неравноправными, т. е. если описание этого процесса зависит от того, какой системой координат мы пользуемся — правой или левой, то принято говорить, что в нем нарушается инвариантность относительно отражения координат, или не сохраняется четность.

Но если несохранение четности в слабых взаимодействиях уже неоднократно наблюдалось ранее, то чем же обусловлен такой большой интерес к поискам оптиче-

ской активности паров висмута? Ответ состоит не только в том, что речь идет о наблюдении нового, очень красивого физического явления; трудно представить себе более яркое проявление несохранения четности, неравноправие правого и левого — плоскость поляризации света предпочитает, скажем, левый поворот правому. Чтобы полностью объяснить причину этого интереса, нужно хотя бы вкратце остановиться на некоторых представлениях, используемых в современной теории элементарных частиц, и на впечатляющих экспериментах с нейтрино, выполненных на больших ускорителях.

ЧТО ТАКОЕ НЕЙТРАЛЬНЫЕ ТОКИ

В настоящее время одним из центральных вопросов физики элементарных частиц оказался вопрос о существовании и структуре так называемых нейтральных слабых токов. Что такое нейтральные токи, можно пояснить на простых примерах. Рассмотрим сначала хорошо известный процесс слабого взаимодействия — обычный β -распад нейтрона

$$n \longrightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$

и тесно связанные с ним реакции

$$p + e^- \longrightarrow n + \bar{\nu}_e,$$

$$p + \bar{\nu}_e \longrightarrow n + e^+.$$

Все они сопровождаются изменением заряда ядерной частицы — нуклона и передачей его электрону или позитрону. Об этих процессах и вообще о всех процессах слабого взаимодействия, которые сопровождаются передачей заряда от адронов (протонов, нейтронов, π -мезонов) к лептонам (электронам, мюонам, электронным и мюонным нейтрино и антинейтрино), говорят, что они обусловлены слабым взаимодействием заряженных токов. Взаимодействие заряженных токов вызывает и чисто лептонные процессы, например распад мюона:

$$\mu^- \longrightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu.$$

Между тем известными нам законами сохранения не запрещены и процессы, не сопровождающиеся передачей заряда от адронов к лептонам, например упругое рассеяние на нуклоне за счет слабого взаимодействия нейтрино, электрона или мюона. В подобной реакции, скажем

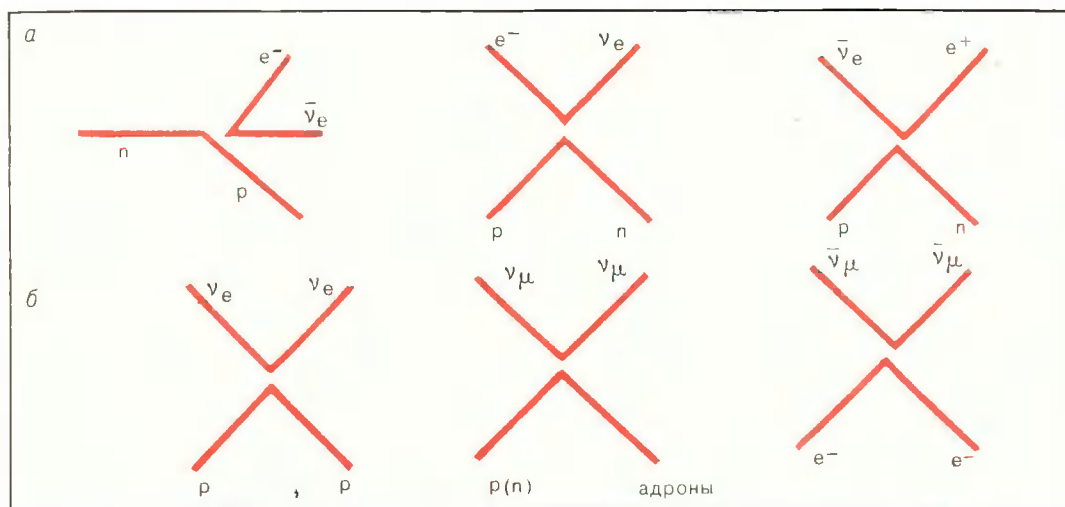
$$\nu_e + p \longrightarrow \nu_e + p,$$

нейтрино, рассеиваясь на протоне, просто

передает ему энергию и импульс. О процессах такого рода принято говорить, что они обусловлены нейтральными слабыми токами. Между прочим, электромагнитный ток, которым обусловлено, например, электромагнитное рассеяние электрона на протоне, также следует считать, с этой точки зрения, нейтральным током, только разумеется, не слабым. Нейтральные токи приводили бы и к чисто лептонным процессам, таким, как упругое рассеяние электрона на электроне или мюонного нейтрино на электроне.

Веллом единой теории электромагнитного поля вместо разрозненного описания электростатических и магнитных явлений, существовавшего до него. Так вот, большинство упомянутых единых моделей естественным образом содержит нейтральные токи. Вполне понятно, что в такой ситуации поиски нейтральных токов привлекли самое пристальное внимание экспериментаторов.

Однако на первых порах результаты опытов указывали скорее на отсутствие нейтральных токов. Соответственно, приобрели популярность те единые модели,



Процессы слабого взаимодействия: а — заряженных токов, б — нейтральных токов.

Предположение о существовании нейтральных токов было выдвинуто довольно давно. Однако на протяжении многих лет физика попросту не ощущала особой необходимости в этой гипотезе; вполне естественно, что относились к ней скорее как к ереси, хотя и довольно безобидной. Ситуация резко изменилась после появления теоретических моделей, единым образом описывающих слабые, электромагнитные и сильные взаимодействия элементарных частиц. Ясно, что создание подобной теории, не только внутренне непротиворечивой, но и подтвержденной экспериментально, оказалось бы достижением того же класса, что и создание Макс-

которые обходились без нейтральных токов. Но к концу 1973 г. в Европейском центре ядерных исследований (Швейцария) и в Фермиевской национальной ускорительной лаборатории (США) были получены первые экспериментальные свидетельства в пользу существования нейтральных токов. Опыты в этом направлении ведутся с неослабевающей интенсивностью, и в настоящее время существование нейтральных токов — твердо установленный факт. Вследствие этого, в частности, целый класс единых моделей взаимодействий элементарных частиц оказался закрытым. Стоит отметить, что для этого достижения экспериментальной физики, которое по праву следует считать выдающимся, помимо больших ускорителей понадобилось создание достаточно крупных и сложных установок для регистрации элементарных частиц.

Что же именно было найдено в этих экспериментах? Наблюдались реакции, в которых мюонное нейтрино, рассеиваясь на протоне или нейтроне, рождает адроны

с суммарным зарядом, равным заряду начального адрона, т. е. процессы вида

$$\nu_{\mu} + p(n) \rightarrow \nu_{\mu} + \text{адроны.}$$

Детальное исследование таких процессов показало, что оно обусловлено слабым взаимодействием между нейтральными токами мюонных нейтрино и адронов.

Недавно в Европейском центре ядерных исследований наблюдалось, по-видимому, и упругое рассеяние мюонного анти-нейтрино на электроны

$$\bar{\nu}_{\mu} + e^{-} \rightarrow \nu_{\mu} + e^{-},$$

что указывает на существование слабого взаимодействия между нейтральными токами мюонных нейтрино и электронов.

Не случайно все наблюдавшиеся до сих пор реакции с нейтральными токами — это реакции, идущие за счет нейтринных нейтральных токов. Дело в том, что нейтрино не обладает ни сильным (или ядерным), ни электромагнитным взаимодействием, так что любая реакция с участием нейтрино идет лишь за счет слабого взаимодействия, поэтому взаимодействия, обусловленные нейтральными нейтринными токами, легче обнаружить — они ничем не маскируются.

Как же можно было бы обнаружить слабое взаимодействие между электроном и протоном или нейтроном, обусловленное нейтральными токами? Как выделить вклад слабого взаимодействия в реакции

$$e + p(n) \rightarrow e + p(n)$$

на фоне взаимодействия электромагнитного, которое оказывается много большим слабого при достижимых в настоящее время энергиях? Даже взаимодействие электрона с магнитным моментом нейтрона, не обладающим, как известно, электрическим зарядом, много больше, чем слабое. Оговорка насчет энергий очень важна. Дело в том, что константы, характеризующие электромагнитное и слабое взаимодействия, имеют разные размерности. Так как размерность вероятности всегда одна и та же (с^{-1}), а, согласно квантовой механике, вероятности пропорциональны квадратам констант, то различие в размерности констант должны компенсироваться тем, что в вероятности слабых и электромагнитных процессов энергия процесса входит в различной степени. При этом оказывается, что вероятности электромагнитных процессов с ростом энергии падают, а вероятности

слабых — растут. Благодаря этому относительный вклад слабого взаимодействия в рассеяние электрона на протоне или нейтроне должен расти с энергией. Однако, как показывают простые оценки, слабое взаимодействие сравнивается с электромагнитным лишь при огромных энергиях порядка нескольких десятков ГэВ (в системе центра инерции электрона и протона). Таким образом, одно направление поиска слабого взаимодействия электрона с нуклоном за счет нейтральных токов — это эксперименты на строящихся и проектируемых ускорителях на сверхвысокие энергии.

С другой стороны, интересующее нас взаимодействие могло бы быть обнаружено и без перехода к таким энергиям путем повышения точности экспериментов.

И вот здесь-то на помощь физике элементарных частиц приходит оптика с ее прецизионной точностью измерений. Следует отметить, что впервые принципиальная возможность поиска нейтральных токов по оптическим эффектам обсуждалась еще в 1959 г. советским физиком Я. Б. Зельдовичем³.

ОПТИКА, СЛАБЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И НЕСОХРАНЕНИЕ ЧЕТНОСТИ

Как же может сказаться существование нейтральных токов на атомных явлениях? Прежде всего, слабое взаимодействие приведет к смещению энергии атомных состояний и, соответственно, повлияет на частоты переходов между ними. А как раз эти частоты измеряются в современной спектроскопии с огромной точностью. Простые оценки показывают, что в принципе уже достигнутые сейчас точности сами по себе были бы достаточны для обнаружения слабого взаимодействия. К сожалению, для соответствующей интерпретации результатов измерений нужно знать мировые постоянные (через которые выражаются частоты переходов без учета слабых взаимодействий) с точностью, недостижимой в настоящее время. Кроме того, совершенно недостаточной оказывается и точность теоретического расчета самих атомных частот в отсутствие слабых взаимодействий.

Поэтому единственная реальная надежда — наблюдение эффектов, которые сами по себе могут вызываться только слабыми взаимодействиями. Таким специ-

³ «ЖЭТФ», 1959, т. 36, с. 964.

фическим свойством слабых взаимодействий, которое могло бы проявиться в оптике, является несохранение четности.

Если несохранение четности в обычных слабых взаимодействиях, обусловленных заряженными токами, как уже отмечалось, — твердо установленный факт, то вопрос о том, сохраняется ли четность в слабом взаимодействии нейтральных токов, пока остается открытым. Более того, в последнее время особой популярностью пользуется класс довольно изящных единых моделей электромагнитных и слабых взаимодействий, в которых слабое взаимодействие нейтральных токов сохраняет четность. И хотя в нейтринных реакциях, обусловленных нейтральными токами, наблюдался эффект, который рассматривается как указание на несохранение четности, его интерпретация отнюдь не однозначна, так что ситуация здесь ни в коей мере не может считаться выясненной. Отсюда тот интерес, с которым физики, занимающиеся элементарными частицами, ожидают результатов экспериментов по поиску несохранения четности в оптических явлениях.

Подобно тому как это происходит в обычных слабых распадах, обусловленных заряженными токами, несохранение четности в атомных переходах могло бы проявиться, например, в циркулярной поляризации испускаемых фотонов. Иными словами, можно было бы ожидать, что при излучении света возбужденными атомами полное число фотонов, у которых направление вращения вектора поляризации образует левый винт с направлением скорости, отличается от числа фотонов, у которых эти направления образуют правый винт. Иначе, это значило бы, что число фотонов с отрицательной и положительной проекцией спина на направление движения было бы различно (как это имеет место у β -электронов). В качестве количественной характеристики несохранения четности в этом случае естественно выбрать безразмерную величину, называемую степенью циркулярной поляризации излучения, — отношение разности полных чисел право- и левовинтовых фотонов к их сумме.

Предположим, что константа, характеризующая обсуждаемое гипотетическое взаимодействие электрона с протоном или нейтроном, примерно такая же, как и у взаимодействия, вызывающего β -распад нейтрона. Тогда простые оценки показывают, что энергия этого взаимодействия, равная произведению упомянутой константы на плотность вероятности находде-

ния электрона вблизи ядра, составляет всего лишь около 10^{-14} от характерной энергии атомных уровней. Мало того, выражение для взаимодействия, не сохраняющее четность, обязательно содержит множитель v/c (v — скорость электрона, c — скорость света), равный примерно одной сотой. Таким образом, характерная величина нарушающего четность взаимодействия составляет около 10^{-16} атомных единиц энергии.

Совершенно ясно, что на наблюдение эффектов такого фантастически малого порядка величины рассчитывать не приходится. К счастью, однако, положение оказывается не столь уж безнадежным: существуют механизмы, приводящие к огромному усилению эффектов несохранения четности в атомных переходах.

Так, в атомарном водороде степень циркулярной поляризации излучения в переходе $1s_{1/2} \rightarrow 2s_{1/2}$ может достигать 10^{-4} . Циркулярная поляризация излучения возникает благодаря тому, что из-за взаимодействия, не сохраняющего четности, атомные состояния приобретают примесь состояний с тем же полным моментом, но с противоположной четностью. (У состояния $2s_{1/2}$ возникает примесь $2p_{1/2}$).

Тем не менее по ряду причин опыт на водороде из-за наличия фоновых эффектов оказывается крайне затруднительным, и эксперименты с водородом представляются в настоящее время мало реальными.

Однако теоретические исследования эффектов несохранения четности в атомарном водороде оказались не напрасными. Сходные механизмы усиления имеют место в μ -мезоатомах, т. е. атомах, в которых один из электронов замещен отрицательным мюоном — частицей, которая в 210 раз тяжелее электрона. Эксперименты по поиску в μ -мезоатомах эффектов слабого взаимодействия мюонов с ядром были предложены почти одновременно А. Н. Москалевым в СССР, Дж. Файнбергом и М. Ченом в США, Ж. Бернабо, Т. Эриксоном и С. Ярлског в Швейцарии, М. Бушиа и К. Бушиа во Франции. Эти чрезвычайно интересные опыты готовятся в настоящее время на ускорителе в Европейском центре ядерных исследований в Швейцарии. Однако их обсуждение выходит за рамки этой статьи.

Первый достаточно реальный эксперимент по наблюдению несохранения четности в обычных атомах был предложен

теми же французскими физиками Бушиа⁴. Они обратили внимание на то, что в тяжелых атомах смешивание уровней противоположной четности может быть усилено не меньше, чем в атоме водорода. Во-первых, взаимодействие электрона со всеми нуклонами ядра, грубо говоря, складывается, что приводит к усилению эффекта в тяжелом атоме примерно в 100 раз. Во-вторых, скорость электрона вблизи ядра с зарядом Z оказывается в Z раз больше характерной атомной, так что величина не сохраняющего четность слабого взаимодействия электрона с ядром, пропорциональная этой скорости, возрастает в тяжелом атоме еще приблизительно в 100 раз. И наконец, в-третьих, из-за возрастания обычного электростатического поля ядра в Z раз, сама вероятность нахождения внешнего атомного электрона вблизи ядра оказывается, как можно показать, в Z раз больше. (Точнее говоря, благодаря релятивистским эффектам, эта вероятность растет с Z даже быстрее, чем линейно.) В итоге, величина смешивания состояний с противоположной четностью в тяжелых атомах может достигать 10^{-9} — 10^{-10} .

Мы обсуждали пока слабое взаимодействие электрона с ядром, не зависящее от спина нуклонов. Именно для него можно говорить об аддитивности вклада всех нуклонов ядра. Между тем не меньший интерес представляло бы обнаружение эффектов несохранения четности, вызванных слабым взаимодействием электрона с нуклоном, которое зависит от спина нуклона. Однако, так как в ядрах среднее значение спина нуклонов сравнимо с единицей, первый фактор усиления, связанный с числом нуклонов ядра, для такого взаимодействия отсутствует. Соответственно, величина смешивания составляет здесь 10^{-11} — 10^{-12} . Поэтому поиски таких эффектов представляют гораздо более сложную задачу. В конце статьи мы еще остановимся на них вкратце.

Важно отметить, что в отличие от ситуации с водородом, усиление эффекта в тяжелых атомах не связано с аномальной близостью уровней противоположной четности. Поэтому исчезает самое главное препятствие для наблюдения эффекта в вынужденных переходах, обусловленное близостью разрешенного перехода.

Такого рода эксперимент и был пред-

ложен Бушиа. Речь идет о поисках отличия в вероятностях поглощения право- и левополяризованных фотонов, вызывающих переход $6s_{1/2} \rightarrow 7s_{1/2}$ в цезии ($Z=55$). Этот переход, так же как и переход $1s_{1/2} \rightarrow 2s_{1/2}$ в водороде, является сильно запрещенным. Ожидаемая степень циркулярной поляризации в этом переходе, или относительная разность сечений поглощения право- и левополяризованных фотонов, должна составлять примерно 10^{-4} , как и в водороде. В аналогичных переходах в ртуть и таллий, благодаря большому заряду ядра ($Z=80$ — 82), можно ожидать циркулярную поляризацию на уровне 10^{-3} .

Соответствующие эксперименты с цезием и таллием ведутся в настоящее время во Франции и в США. Они оказались чрезвычайно трудными и привели пока лишь к определению вероятности самих переходов. Что же касается степени циркулярной поляризации, то для нее получена только верхняя граница, которая все еще примерно в 100 раз больше ожидаемой величины.

ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПАРОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Мы переходим теперь к подробному рассказу об эффекте, упоминанием о поисках которого начинается статья. Эксперимент этот был предложен почти одновременно в СССР, Англии и США⁵. Впервые же обратил внимание на то, что несохранение четности в атомных переходах должно приводить к оптической активности вещества, Я. Б. Зельдович все в той же упоминавшейся ранее работе 1959 г.

Как уже отмечалось, коэффициент преломления света обусловлен его взаимодействием с атомами (или молекулами) среды. Рассмотрим так называемый резонансный случай, когда частота света близка к частоте перехода атома из основного состояния в некоторое возбужденное. В этой ситуации упомянутое взаимодействие может быть описано как поглощение фотона, а затем его испускание с той же энергией и в том же направлении. Пусть в таком переходе четность не сохраняется, т. е. вероятности как поглощения, так и

⁴ Bouchiat M. A., Bouchiat C. C.— «Phys. Lett.», 1974, v. 48B, p. 111.

⁵ Хриплович И. Б.— «Письма в ЖЭТФ», 1974, т. 20, с. 686; Sanders P. G. H. Atomic Physics, IV (Plenum Press), N. Y., 1975; Soreide D. C., Fortson E. N.— «Bull. Americ. Phys. Soc.», 1975, v. 20, p. 491.

испускания для право- и левополяризованных квантов оказываются разными. (Напомним, что относительная величина такой разности и есть степень циркулярной поляризации.) Вполне естественно, что разными окажутся и коэффициенты преломления для право- и левополяризованной волны, а у линейно поляризованного света плоскость поляризации будет вращаться. При этом направление вращения меняется в зависимости от того, лежит ли частота проходящего света выше или ниже резонансной частоты перехода, который дает основной вклад в коэффициент преломления n . Иными словами, угол поворота зависит от частоты света так же, как и величина $n-1$. В частности, при точном совпадении частоты света с резонансной эффект равен нулю.

Поскольку угол поворота растет линейно с длиной пути, пройденного светом в веществе, эффект, казалось бы, можно сделать сколь угодно большим. Однако (если только переход не является слишком сильно подавленным) длина пути, по существу, ограничена поглощением света в среде. Учитывая это, можно показать, что реально достижимый угол поворота (в радианах), как правило, не превышает по порядку величины степень циркулярной поляризации излучения в соответствующем переходе. Если же взять сильно запрещенные переходы (например, переходы в цезии или таллии, упоминавшиеся в предыдущем разделе), то из-за крайней малости взаимодействия углы поворота, сравнимые со степенью циркулярной поляризации, достигаются лишь при длине пути в сотни километров. При разумных же длинах порядка метра эффект оказывается малым.

Оптимальным объектом для поисков оптической активности являются атомы, в которых из основного состояния возможен магнитно-дипольный переход без сильного подавления. В такой ситуации угол поворота может оказаться сравнимым со степенью циркулярной поляризации уже на метровых длинах, а поглощение света на такой длине еще заметно меньше 100%.

Для наблюдения малых углов поворота крайне желательно, чтобы обсуждаемый переход из основного состояния лежал в видимой части спектра или вблизи нее. Это требование выполняется для тяжелых элементов. Затем вещество должно иметь заметное давление паров при разумной температуре, так как для слишком разреженного газа эффект, очевидно, падает. Если (несколько произвольно) счи-

тать «заметным» давление порядка 10 мм рт. ст. и «разумной» температуру порядка 1200°C, то круг удобных элементов сужается до таллия, свинца и висмута. Мы исключили из него чрезвычайно радиоактивный полоний, европий с недостаточно хорошо изученным спектром, иод и теллур, в парах которых атомов гораздо меньше, чем молекул, вызывающих паразитное поглощение света. Кроме того, иод и теллур имеют заметно меньший заряд ядра, чем указанные три элемента, и поэтому в них следует ожидать и гораздо меньшего эффекта.

Итак, таллий, свинец, висмут. Заряд ядра равен у этих элементов, соответственно, 81, 82, 83. Оценки того же типа, что делались выше для цезия, показывают, что ожидаемая степень циркулярной поляризации составляет в этих атомах примерно 10^{-6} — 10^{-7} . Соответственно, реально достижимые углы поворота в парах висмута составляют 10^{-6} — 10^{-7} радиан; в таллии и свинце, благодаря большой вероятности перехода и большому давлению паров, эти углы достигают в разумных условиях 10^{-5} .

Однако выбор вещества для эксперимента определяется не только ожидаемой величиной эффекта самой по себе, но и наличием источника света с длиной волны λ , соответствующей нужному переходу. Поскольку эффект становится тем меньше, чем больше разность между частотой проходящего света и резонансной, такой источник должен давать излучение в узком интервале частот с интенсивностью, достаточно большой для измерения малых углов поворота. Оценки показывают, что подходящим источником может служить только лазер. Если исключить возможность случайного совпадения частоты обычного неперестраиваемого лазера с резонансной, то для экспериментов нужен лазер с плавной перестройкой частоты.

Элементом, наиболее удобным в этом отношении для поисков эффекта, является пока висмут. Здесь один переход лежит в ближней инфракрасной области ($\lambda=0,88$ мкм), в которой действуют перестраиваемые полупроводниковые лазеры на арсениде галлия и оптические параметрические генераторы. Другой переход в висмуте лежит в красной области ($\lambda=0,65$ мкм), где надежно работают перестраиваемые лазеры непрерывного действия на красителях. Менее устойчиво работают эти лазеры на третьей, синей линии ($\lambda=0,46$ мкм). И наконец, для изучения четвертой, ультрафиолетовой линии висмута ($\lambda=$

$\approx 0,30$ мкм) требуется лазер на красителях с последующим удвоением частоты.

Ситуация с таллием и свинцом с этой точки зрения хуже. Каждый из этих элементов имеет по одному подходящему переходу в инфракрасной области ($\lambda = 1,283$ и $1,279$ мкм, соответственно), которые доступны в настоящее время для перестраиваемых параметрических генераторов. Определенные трудности возникают и для регистрации эффекта в связи с тем, что линии эти лежат в относительно длинноволновой области спектра. Поэтому, не-

те (Англия). На этой же линии ищут эффект сотрудники Института ядерной физики СО АН СССР в Новосибирске — Л. М. Барков и М. С. Золотарев. Активную подготовку к эксперименту такого рода ведет также группа И. И. Собельмана в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР в Москве.

Прежде чем обсуждать уже полученные результаты, хотелось бы остановиться на способе измерения малых углов поворота плоскости поляризации. Казалось бы, все довольно просто. Пусть свет,

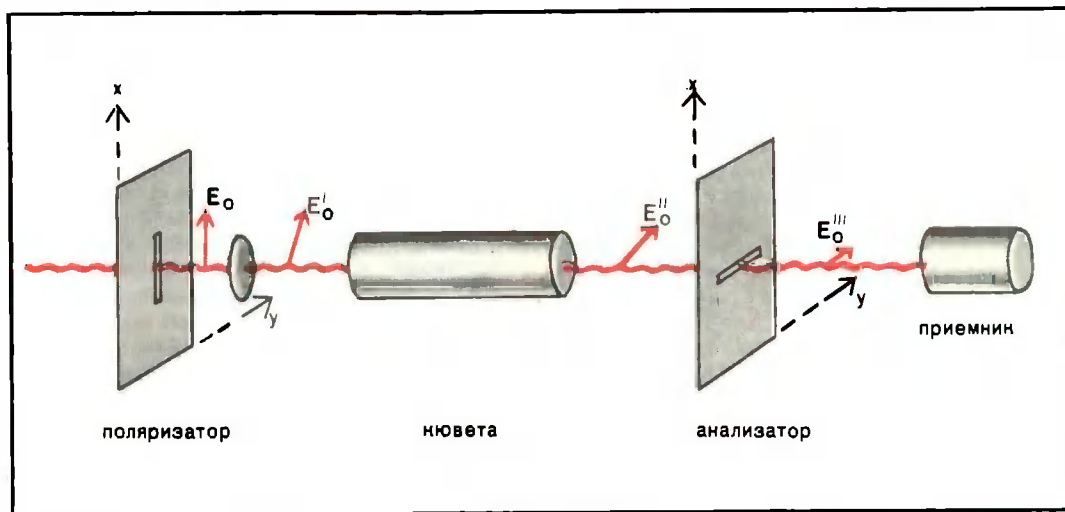


Схема измерения малых углов поворота плоскости поляризации. Амплитуды электрического поля после прохождения светом поляризатора (E_0), элемента, вызывающего дополнительный поворот плоскости поляризации (E'_0), кюветы с исследуемым веществом (E''_0), анализатора (E'''_0).

смотря на большую величину ожидаемых углов поворота, эксперименты с таллием и свинцом в настоящее время только планируются.

Опыты же с висмутом, как уже отмечалось в начале статьи, ведутся сейчас в нескольких местах. Группа Н. Фортсона в Университете штата Вашингтон (США) работает на инфракрасном переходе. Эксперимент на красной линии ведет группа П. Сандарса в Оксфордском университе-

те (Англия). На этой же линии ищут эффект сотрудники Института ядерной физики СО АН СССР в Новосибирске — Л. М. Барков и М. С. Золотарев. Активную подготовку к эксперименту такого рода ведет также группа И. И. Собельмана в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР в Москве.

Прежде чем обсуждать уже полученные результаты, хотелось бы остановиться на способе измерения малых углов поворота плоскости поляризации. Казалось бы, все довольно просто. Пусть свет, прошедший через поляризатор, поляризован вдоль оси x . Тогда, если анализатор ориентирован так, что он пропускает лишь свет, поляризованный вдоль оси y , то на приемник, расположенный за анализатором, свет вообще не поступает. Затем в промежуток между поляризатором и анализатором вносим кювету с исследуемым веществом, в которой плоскость поляризации света поворачивается на угол φ . Тогда, если амплитуда электрического поля волны после поляризатора равна E_0 , то амплитуда волны, прошедшей через анализатор составляет, при малых φ , как нетрудно видеть $E_0 \varphi$. Интенсивность же света на приемнике (в оптическом диапазоне непосредственно измеряется не амплитуда волны E , а именно ее интенсивность I , которая пропорциональна E^2) будет равна $I = I_0 \varphi^2$. Таким образом, для нахождения угла поворота φ достаточно, на первый взгляд, измерить интенсивность света, прошедшего через анализатор, установленный так, что в отсутствие оптически

активного вещества он полностью перекрывает свет от поляризатора.

Однако для измерения углов порядка 10^{-5} — 10^{-7} радиан такой метод непригоден. Дело в том, что призмы, используемые в качестве поляризаторов и анализаторов, отнюдь не идеальны. Даже для лучших образцов максимальное ослабление интенсивности света при скрещенных призмах составляет 10^{-6} — 10^{-7} . Лишь совсем недавно появились упоминания о призмах, для которых эта величина достигает 10^{-8} . Отсюда ясно, что рассчитывать на измерение таким способом углов, меньших 10^{-3} — 10^{-4} радиан, не приходится.

Поэтому поступают несколько иначе. В промежуток между скрещенными призмами, кроме кюветы с исследуемым веществом, вносят элемент, вызывающий поворот плоскости поляризации света на некоторый определенный угол φ_0 (или просто поворачивают на угол φ_0 одну из призм). Обычно угол φ_0 выбирается много меньшим единицы, но много большим ожидаемой величины искомого угла φ . В этом случае интенсивность света, поступающего на детектор, очевидно, равна

$$I = I_0 (\varphi_0 + \varphi)^2 \approx I_0 (\varphi_0^2 + 2\varphi_0\varphi).$$

Из этой формулы сразу видно первое преимущество такого способа: непосредственно измеряемая величина, интенсивность I , зависит от малого искомого угла φ линейно, а не квадратично. Кроме того, здесь возможна модуляция сигнала, а переменный сигнал с известной зависимостью от времени измерить гораздо легче, чем сигнал постоянный. Если φ_0 зависит от времени t по закону

$$\varphi_0(t) = \varphi_0 \cos \omega t,$$

где ω — некоторая заданная частота, то

$$I(t) = I_0 \left[\frac{1}{2} \varphi_0^2 (1 + \cos 2\omega t) + 2\varphi_0\varphi \cos \omega t \right].$$

Полезный эффект измеряется путем выделения сигнала, меняющегося во времени с частотой ω . Подобные ухищрения позволяют измерять малые углы поворота плоскости поляризации с помощью призм, неидеальность которых много больше искомым углам.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Что же реально удалось пока установить в обсуждаемых экспериментах с висмутом? К настоящему времени опубликованы результаты английской и американской групп: для инфракрасной линии ($\lambda=0,88$ мкм) степень циркулярной поляризации $P=(1,6 \pm 0,6) \cdot 10^{-7}$; для красной ($\lambda=0,65$ мкм) $P=-(2,0 \pm 1,6) \cdot 10^{-7}$. Указанные статистические ошибки соответствуют двум стандартным отклонениям; систематические ошибки, по мнению авторов, не превышают по абсолютной величине $2,0 \cdot 10^{-7}$. Эти результаты, приведенные в совместной публикации двух групп⁶, сами авторы называют промежуточными (interim).

Теоретические расчеты, выполненные в Институте ядерной физики в Новосибирске⁷, предсказывают для этих переходов $P=+3,3 \cdot 10^{-7}$ и $P=+4,2 \cdot 10^{-7}$, соответственно. Вычисления, проведенные в Оксфордском университете⁸ и в Университете штата Вашингтон⁹, дают для обоих переходов величины, которые примерно вдвое больше, чем полученные в Новосибирске. Во всех упомянутых расчетах для констант слабого взаимодействия электрона с протоном и нейтроном принимались значения, следующие из наиболее популярной в настоящее время модели электромагнитных и слабых взаимодействий, предложенной Вайнбергом и Саламом¹⁰. Знак эффекта зависит, разумеется, от модели слабого взаимодействия, однако все расчеты предсказывают, что он должен быть одним и тем же в обоих переходах. Поэтому приведенные экспериментальные данные, если их понимать буквально, противоречат друг другу. Понимая это, авторы обсуждаемой экспери-

⁶ Baird P. E. G. et al., Fortson E. N. et al. — «Nature», 1976, v. 264, p. 528.

⁷ Новиков В. Н., Сушков О. П., Фламбаум В. В., Хриплович И. Б. — «ЖЭТФ», 1976, т. 71, с. 1665.

⁸ Brimicombe M., Loving C. E., Sanders P. G. H. — «J. Phys.», 1976, v. B9, p. L237.

⁹ Henley E. M., Willets L. — «Phys. Rev.», 1976, v. A14, p. 1411.

¹⁰ О модели Вайнберга и Салама см.: Вайнберг С. Единая теория взаимодействия элементарных частиц. — «УФН», 1976, т. 118, с. 505.

ментальной статьи считают, что их результаты указывают на то, что эффект близок к нулю или, во всяком случае, много меньше предсказываемого моделью Вайнберга — Салама. Однако сами авторы, как уже отмечалось выше, ни в коей мере не считают свои результаты окончательными.

Естественно, возникает вопрос, насколько надежны теоретические расчеты эффекта для такой сложной системы, как многоэлектронный атом. Что касается расчетов, сделанных в Институте ядерной физики СО АН СССР, то различные атомные характеристики, используемые в них, либо извлекались из экспериментальных данных, либо, если они находились путем вычислений, сравнивались с опытом, причем согласие всегда оказывалось хорошим. Несмотря на отмеченное расхождение с результатами других расчетов, такое соответствие с экспериментальными данными позволяет надеяться на то, что погрешность в предсказаниях для модели Вайнберга — Салама, сделанных в Новосибирске, не превышает 20—30%.

Таким образом, несмотря на предварительный характер опубликованных экспериментальных результатов, они, во всяком случае, свидетельствуют о том, что величина не сохраняющего четность взаимодействия электрона с ядром не превышает предсказаний упомянутой модели. И это уже само по себе — чрезвычайно важный экспериментальный результат.

Впервые после определения магнитных моментов ядер оптическая спектроскопия начала приносить актуальные результаты, касающиеся фундаментальных свойств материи. Именно только начала, так как точность обсуждаемых экспериментов по поиску оптической активности паров висмута постоянно растет. Благодаря этому, в частности, несмотря на заметно меньшую величину ожидаемого в этом случае эффекта, представляются уже достаточно реальными поиски оптической активности, обусловленной слабым взаимодействием электрона с ядром, которое зависит от спина нуклона. Ведутся и продумываются другие эксперименты, направленные на обнаружение в атомах эффектов слабых взаимодействий. Вполне возможно, что возникает, по существу, целое новое направление в оптических исследованиях.

Вероятно, в течение ближайших нескольких месяцев будут получены надежные экспериментальные данные относительно слабого взаимодействия электро-

нов с ядром, которые позволят проверить существующие модели элементарных частиц. Хотелось бы надеяться, что это произойдет настолько скоро, что настоящая статья, в которой такие результаты не приведены, устареет в этом отношении уже к моменту своего выхода из печати.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Окунь Л. Б. НОВЫЕ МЕЗОНЫ.— «Природа», 1976, № 8.

Кафтанов В. С. НЕЙТРИННАЯ ФИЗИКА НА УСКОРИТЕЛЯХ.— «Природа», 1977, № 4.

Москалев А. Н., Рындин Р. М., Хриплович И. Б. ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ СЛАБЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В АТОМНОЙ ФИЗИКЕ.— «УФН», 1976, т. 119.

Алексеев В. А., Зельдович Б. Я., Собельман И. И. ОБ ЭФФЕКТАХ НЕСОХРАНЕНИЯ ЧЕТНОСТИ В АТОМАХ.— «УФН», 1976, т. 118, с. 385.

Шехтер В. М. СЛАБОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С НЕЙТРАЛЬНЫМИ ТОКАМИ.— «УФН», 1976, т. 119.

Клайн Д., Мани А., Руббин К. ОБНАРУЖЕНИЕ НЕЙТРАЛЬНЫХ СЛАБЫХ ТОКОВ.— «УФН», 1976, т. 120.

Древние поселения и ритмы гидросферы

А. Л. Никитин



Андрей Леонидович Никитин, археолог, писатель. Занимается вопросами первобытной археологии центра и севера Восточной Европы. Автор ряда научных статей и популярных книг: Голубые дороги веков. М., 1968; Распаханная земля. М., 1973.

Давно было замечено, что слои поселений древнего человека, начиная от мезолита (X—VI тыс. до н. э.) и кончая эпохой раннего железа (I тыс. до н. э.), занимают неодинаковое положение относительно современного уровня водоемов. Так или иначе этого вопроса касались все исследователи первобытности, от А. А. Иностранцева, В. А. Городцова, А. Я. Брюсова вплоть до М. Е. Фосс, О. Н. Бадера и многих других. Постепенно сложилось представление о зависимости местоположения каждого памятника от характера хозяйственной деятельности человека и климата соответствующей эпохи. Высокое положение стоянок эпохи мезолита и неолита (VI—I тыс. до н. э.) по сравнению с поселениями периода металлов (II—I тыс. до н. э.) объяснялось охотничье-рыболовческим характером хозяйства первых, в то время как возникновение земледелия и животноводства заставило человека спуститься в пойму, обильную травами и мягкой плодородной почвой.

Всеобщемлющая и гибкая, это концепция просуществовала до настоящего времени. Не опровергал ее и пыльцевой анализ, особенно широко применявшийся для археологического датирования и палеогеографических построений. Правда, с годами накапливались и другие факты. Чем под-

робнее изучали археологи какой-либо район, тем чаще обнаруживали неолитические поселения, слои которых были частично затоплены или вообще находились под водой.

Эти факты, наблюдаемые достаточно широко на территории центра и севера Восточной Европы, не находили объяснения в общей картине изменения климата в голоцене (последлениковское время), построенной на изменении состава растительных биоценозов. Наблюдения над замкнутыми или полужамкнутыми озерными системами, на первый взгляд, подтверждали постулат о постепенном и неуклонном снижении их уровней после отступления ледника с этих территорий, что было вызвано общим потеплением климата и понижением базиса эрозии. Те же данные были получены и на торфяниках верхового типа, развитие которых контролировалось как будто бы атмосферными осадками и не зависело от изменения уровня грунтовых вод.

Несколько иная картина складывалась при изучении строения торфяников низинного типа, развивающихся на зарастающем водоеме. Интерес к ним и к сериям мелких террас нижней части озерных котловин возник в начале 60-х годов, когда ряд археологов, в том числе и автор данной

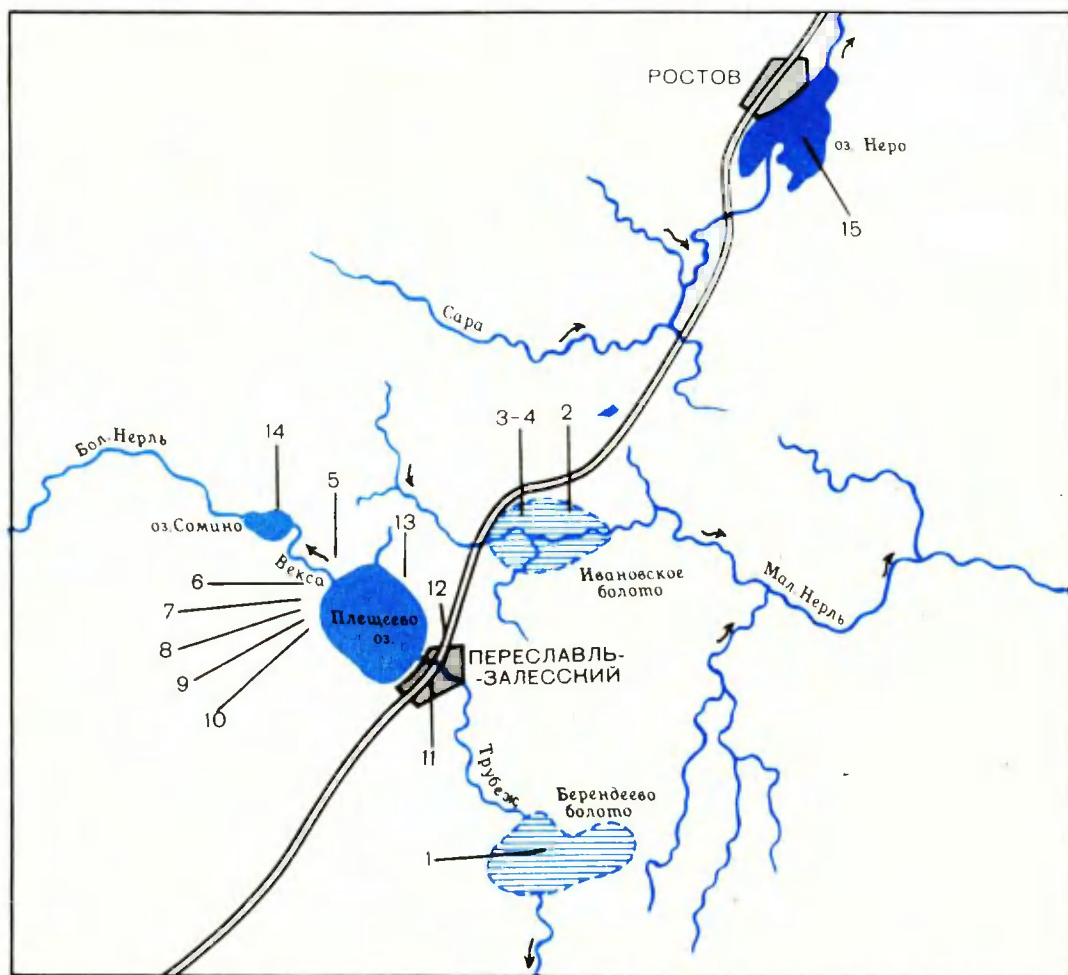
статьи, почти одновременно начали изучение природной среды в голоцене. Это потребовало несколько иной, чем прежде, методики раскопок, во время которых объектом изучения стал не только археологический материал, но и веер выноса золы

из ямы древнего очага, рисующий естественную «розу ветров» той эпохи, распространение и характер образующихся в почве прослоек железистых окислов, так называемых ортзандов, указывающих уровни стояния грунтовых вод, залегание археологических слоев относительно уровня водоема и многое другое.

Район Плещеева озера, составляющего вместе с озером Сомино равновесную гидросистему, окруженную многочисленными торфяниками, представлял собой идеальный полигон для таких комплексных исследований.

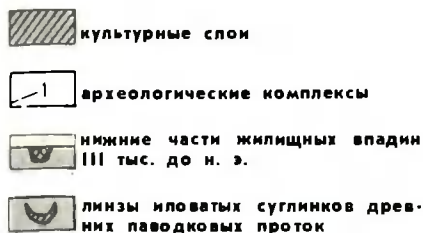
История этого озерного района была не совсем обычной. Как показали в своих работах географы А. А. Борзов и М. И. Нейштадт, в пребореальный период (VII—V тыс. до н. э.) на месте существующих в наше время озер возникли карстовые

Археологические памятники района Плещеева озера: 1 — Берендеево I, 2 — Ивановское III, 3—4 — Ивановские I и II, 5 — Польшо, 6 — Теремки, 7 — Плещеево I, 8 — Плещеево II, 9 — Плещеево III, 10 — Плещеево IV, 11 — Большая Песошница в Переславле-Залесском, 12 — погребенный торфяник у городской водоканчки, 13 — Дикариха, 14 — Челынь, 15 — Рождественская стоянка на оз. Неро.

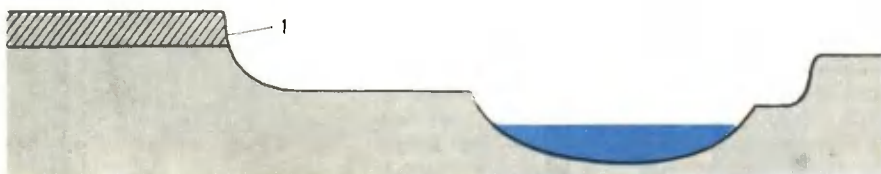


Динамика уровня р. Вексы в районе многослойного поселения Польцо: 1 — ямочно-гребенчатый неолит I, 2 — комплексы III тыс. до н. э. ямочно-гребенчатый неолит II, Берендеево, Волосово I), 3 — ямочно-гребенчатый неолит III и энеолит, 4 — комплексы эпохи бронзы и перекрывающий их слой ложнотекстильной керамики.

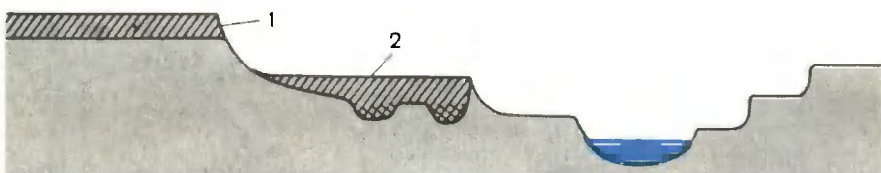
воронки, что вызвало резкое понижение уровня существовавшего здесь последникового водоема. Он разбился на ряд мелких, давших начало современным озерам и торфяникам; выступившие из-под воды древние береговые валы (современные дюны) стали доступны для поселений человека, а проток р. Вексы, связавшей озера Плещеево и Сомино, оказался естественным стабилизатором уровня новой гидросистемы. Сейчас здесь известно несколько десятков стоянок и поселений, начиная от эпохи мезолита и кончая эпохой раннего железа, в открытии и обследовании которых принимали участие такие археологи, как А. А. Спицын, М. И. Смирнов, П. Н. Третьяков, И. К. Цветкова, Д. А. Крайнов, а также автор данной статьи, возглавлявший в течение ряда лет работы Переславского неолитического отряда Верхне-



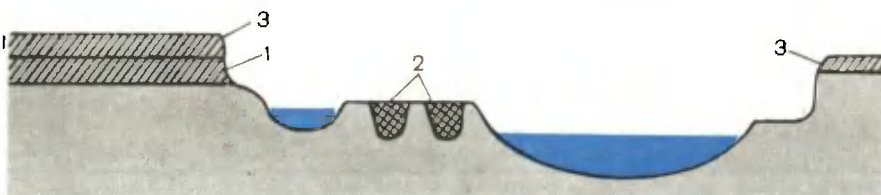
первая половина
IV тыс. до н. э.



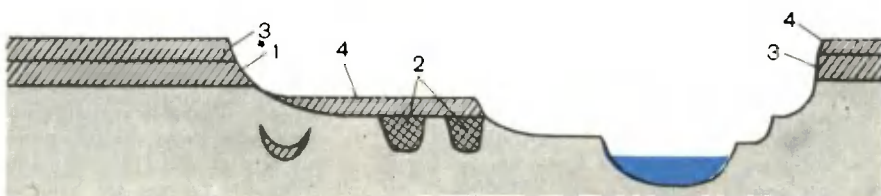
середина III тыс.
до н. э.

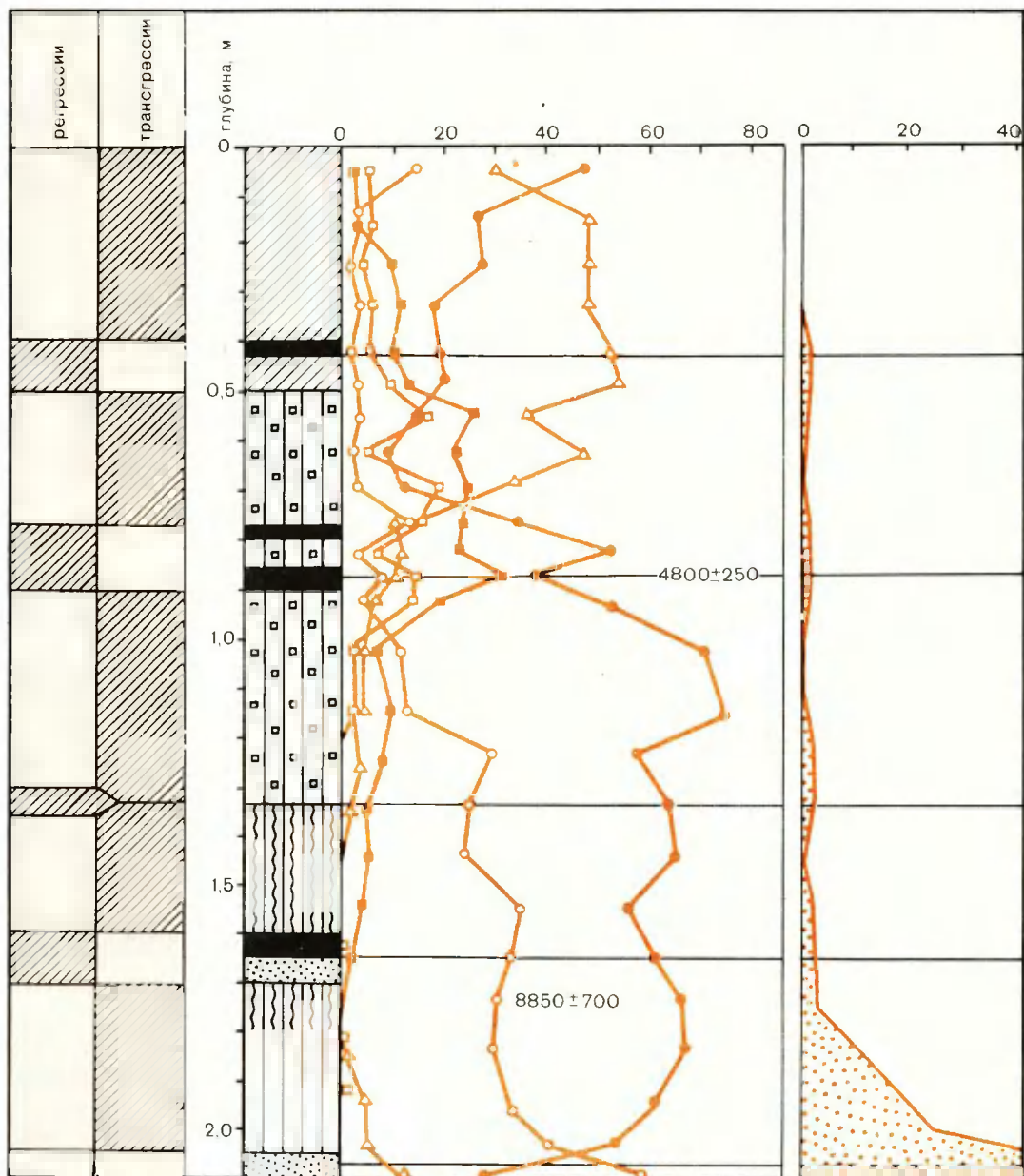


конец III — начало II
тыс. до н. э.



начало I тыс.
до н. э.





Волжской экспедиции Института археологии АН СССР.

В результате археологических исследований обнаружилась любопытная закономерность. Если различные археологические комплексы залегают на одной и той же высоте над современным уровнем Плещеева озера, то они, как правило, относятся к одному периоду, а если на одном и том же месте (двуслойный памятник), то

обязательно разделены значительным временным интервалом. Примером может служить стоянка Плещеево I, где над мезолитическим слоем залегают слои с керамикой эпохи ранней бронзы, поселение Плещеево II, где тоже над мезолитом залегают поздний комплекс неолитической керамики типа «берендеево», или поселения Плещеево III и Челынь, где над неолитическим слоем III тыс. до н. э. залегают

Опорный разрез и пыльцевая диаграмма торфяной залежи на поселении Ивановское III [по М. И. Нейштадту и др., 1969]. В левой колонке показаны чередования трансгрессий и регрессий на Ивановском болоте, определенные по составу торфяной залежи [показана в следующей колонке]. Здесь хорошо видно, как периоды обводнения, отмеченные мощными отложениями торфа, перебиваются тонкими прослойками разложившегося торфа (черные полосы), свидетельствующего о теплых и засушливых периодах. В центральной части рисунка приведена пыльцевая диаграмма разреза по ведущим видам растительности. По горизонтали — количество пыльцевых зерен в образце. В правой крайней части — пыльцевая диаграмма полыни. Здесь особенно хорошо видно, что наступление каждого засушливого периода отмечается появлением пыльцы полыни. Цифры на рисунке — радиоуглеродные датировки.

Торфы:



разложившийся



осоковый



древесный



ольховый



тростниковый



песок

Кривые пыльцевого спектра:



ель



сосна



береза



сумма широколиственных пород



ольха

слой эпохи поздней бронзы — раннего железа. Наоборот, если даты комплексов одной и той же культуры, существовавшей на протяжении долгого времени, оказываются различными, то различно и положение, занимаемое ими на шкале высотных отметок, как это можно видеть из табл. 1.

Подойти к разгадке странного явления помогли раскопки многослойного поселения Польцо на р. Вексе. На Польце

древнейший комплекс ямочно-гребенчатой керамики, связанный с мезолитическими традициями Волго-Окского междуречья, залегает на второй террасе, занимая то же положение, что и собственно мезолитические комплексы стоянок Плещеева озера (Плещеево I и II). Лежащие кое-где над ним орудия и обломки сосудов эпохи ранней бронзы сближают стратиграфию этой части Польца с поселением Плещеево I.

Иной характер носит последовательность археологических комплексов на первой террасе Польца. В глаза бросается резкий, без перехода контакт белого озерного песка, образующего тело террасы, в который оказались врезаны неглубокие впадины древних жилищ, содержащие предметы III тыс. до н. э., с перекрывающим его черным, обильным гумусом слоем, заключающим комплексы конца II — начала I тыс. до н. э.

Теперь, после раскопок, можно утверждать, что комплексы обнаруженных жилищных впадин — остатки мощных культурных напластований, смытых во время формирования современного уступа первой террасы. На это указывают линзы иловатых суглинков, вскрытые на «шве» первой и второй террас, — следы водных потоков, возникших в результате продолжительного поднятия уровня Плещеева озера в конце III тыс. до н. э. Таким образом, перед нами оказываются следы, по меньшей мере, двух трансгрессий Плещеева озера, отразившиеся на уровне р. Вексы, а следовательно, и на Польце в самом конце V — начале IV тысячелетий до н. э., когда на второй террасе отложился неолитический комплекс с ямочно-гребенчатой керамикой и характерными кремневыми орудиями на пластинках, и в конце III тыс. до н. э., после чего на окончательно сформировавшемся уступе первой террасы во II — начале I тыс. до н. э. отложились слои эпохи бронзы. Последовательность этих процессов можно видеть на одном из рисунков.

Определить причины, заставлявшие древних обитателей берега Вексы менять место поселения, оказалось сравнительно просто: при каждой трансгрессии первая терраса оказывалась над водой. Понять зависимость высотных отметок древних поселений на берегах Плещеева озера от колебаний его уровня помогли наблюдения А. Я. Брюсова в Вологодской области. Раскапывая в 50-х годах неолитические поселения на р. Модлоне, ученый обнаружил на территории одного из поселений неглубокий колодец того же времени. Подобные сооружения были уже известны в Северной



Берег р. Вексы с неолитическим поселением Векса III (черный слой в обрыве).

Современный весенний паводок на Вексе воспроизводит картину очередной трансгрессии.





Древний береговой вал Плещеева озера, на гребне которого возникали сезонные поселения человека.

Раскоп поселения Польцо.



Таблица 1

Залегание археологических комплексов на террасах Плещеева озера

Терраса	Высота залегания	Памятник	Археологические комплексы (культуры)	Время
Вторая терраса	3,36 м	Плещеево I	{ энеолит мезолит	начало II тыс. до н. э.
	4,20 м	Плещеево II	{ берендеево (позднее) мезолит	3870 ± 30 ?
	2,86 м	Плещеево III	{ ложнотекстильная кера- мика неолит окского типа	2480 ± 50 вторая половина III тыс. до н. э.
Первая терраса	1,96 м	Плещеево IV	{ волосово II (?) ямочно-гребенчатый не- олит II	вторая четверть II тыс. до н. э. 4720 ± 50
Пойма	0,85 м	Теремки	берендеево	первая половина — сере- дина III тыс. до н. э.
	0,53 м	Челынь	{ ложнотекстильная кера- мика ямочно-гребенчатый не- олит	начало I тыс. до н. э. начало III тыс. до н. э.
Уровень озера	0	Большая Песошница	ямочно-гребенчатый не- олит II	начало III тыс. до н. э.

Таблица 2

Последовательность трансгрессивно-регрессивных циклов и важнейших археологических комплексов для района Плещеева озера

Состояние водоемов	Археологические комплексы (культуры)	Время
Регрессия	ложнотекстильная керамика	2480 ± 50 конец II — первая половина I тыс. до н. э.
	ямочно-гребенчатый неолит III волосово II	первая половина II тыс. до н. э.
Трансгрессия	берендеево (позднее)	3870 ± 30
Регрессия	берендеево	4300 ± 40 4340 ± 40 4800 ± 250 4970 ± 95
	волосово I ямочно-гребенчатый неолит II	начало III тыс. до н. э. 4720 ± 50
Трансгрессия	ямочно-гребенчатый неолит I	первая половина IV тыс. до н. э.
Регрессия	?	конец VI — начало V тыс. до н. э.
Трансгрессия	мезолит	{ первая половина — середина VI тыс. до н. э.
Регрессия	мезолит	8550 ± 35 8810 ± 100 8850 ± 700

и Западной Европе, но особенного внимания исследователей не привлекали. Между тем именно в них заключалась разгадка проблемы.

Обитатели неолитических поселений, как правило, не пользовались водой ручья или озера, на берегах которых жили и куда сбрасывали отходы и нечистоты. Подобно современным рыбакам на Русском Севере, быт которых я мог наблюдать так же, как наблюдал его А. Я. Брюсов, они пользовались водой неглубоких колодцев, выкопанных на берегу на территории поселения. Так возникала жесткая зависимость стоянок и поселений лесного неолита не от кромки того или иного водоема, а от уровня грунтовых вод, питаемых и регулируемых этим водоемом. Люди селились на сухом месте, но пригодная для питья вода должна была находиться достаточно близко к поверхности. Даже при небольшом колебании уровня грунтовых вод с неизбежностью заставлял человека менять место поселения (выше — ниже), поскольку падение уровня приводило к осушению колодца, а его повышение — к подтоплению наземных жилищ.

Вот почему положение того или иного археологического комплекса над современным уровнем водоема является показателем состояния водоема в определенное время. И наоборот, цифра высотной отметки может служить своеобразным хронологическим указателем, если в трансгрессивно-регрессивных состояниях гидросистем проявляются определенные закономерности.

Чтобы выяснить этот важный вопрос, следовало обратиться к археологическим памятникам этого же района, но залегающих в иных природных условиях.

Представление о трансгрессиях и регрессиях Плещеева озера возникло из наблюдений над расположением археологических комплексов на террасах его котловины. Известную роль сыграли радиоуглеродные датировки, позволившие расчленить схожий, но не одновременный материал. Однако если гипотеза о пульсации уровня Плещеева озера была верна, возможность ее применения к другим водоемам требовала дополнительных наблюдений.

Развитие отечественной палеогеографии и палеоклиматологии послеледникового времени было тесно связано с изучением торфяников Ярославской области. Для большинства их уже имелись подробные пыльцевые диаграммы. Поэтому, когда в 1964 г. на Берендеевом болоте было най-

дено первое болотное поселение (Берендеево I), для центра Волго-Клязьминского междуречья был получен своего рода «маркирующий горизонт», определяемый несколькими параметрами: положением относительно регрессивного уровня, указывающего на пониженную влажность эпохи и иссушения торфяников, «пиком» пылецы широколиственных пород на пыльцевой диаграмме, комплексом характерных предметов человеческой культуры («берендеево») и датой — первой половиной III тыс. до н. э. Это позволяло датировать аналогичный комплекс стоянки Теремки и первой террасы Польша, уточнив время очередной трансгрессии Плещеева озера и сопоставив ее с датой позднего «берендеевского» комплекса на второй террасе (Плещеево II), указывающего время максимума очередной трансгрессии.

Другая столь же важная дата на Берендеевом болоте была получена для мезолитического комплекса, обнаруженного на песчано-глинистом всхолмлении под слоем торфа. Радиоуглеродный анализ археологического материала показал время раньше 8810 ± 100 . Такая дата вызвала исключительный интерес, поскольку столь раннего понижения уровня вод на ярославских торфяниках еще никто не отмечал. Между тем сходная дата — 8550 ± 35 — была получена в том же 1964 г. В. В. Чердынцевым для древесины, извлеченной из торфяника, погребенного в основании первой террасы Плещеева озера. Это указывало на синхронность природных процессов для обоих водоемов и меняло привычные представления о залегании мезолитических комплексов исключительно на высоких отметках берега.

Одновременность природных явлений на Плещеевом озере и Берендеевом болоте определила дальнейшие поиски. Уже в мае 1966 г. мне удалось обследовать памятник, известный теперь в литературе как поселение Ивановское III на Ивановском болоте. Оно занимало суходол, расположенный среди торфяной залежи, и, на первый взгляд, мало отличалось от других многочисленных поселений этого района, где все комплексы перемешаны друг с другом. По счастью, у южного края суходола проходила только что вырытая валовая канава прорезавшая торфяную залежь и представившая полную картину ее строения.

В палеоклиматологии хорошо известны регрессивные уровни (поверхности обратного развития) — слои сильно разложившегося торфа, возникающие в период осушения торфяника. На разрезе поселе-

ния Ивановское III можно было видеть пять таких уровней, причем четыре из них содержали предметы определенных археологических комплексов. Каждый раз, когда болото пересыхало, накопление торфа прекращалось и начиналось его разрушение. В это время на суходоле появлялся человек со своим скарбом. То, что на суходоле было перемешано, здесь представляло в своей чистоте и последовательности, разделенное слоями торфа без находок. Пыльцевой анализ подтвердил такое заключение. Как можно видеть на правой стороне пыльцевой диаграммы, каждому регрессивному уровню соответствует увеличение пыльцы полыни, полностью исчезающей в последующие периоды обводнений и накопления торфа.

Наиболее древний регрессивный уровень Ивановского болота на глубине 1,60—1,70 м содержал предметы мезолитического облика и по своей дате (после 8850 ± 700) одновременен такому же комплексу на Берендеевом болоте. Следующий период осушения отмечен на глубине 1,35 м сменой видового состава торфа и подтверждается появлением полыни в пыльцевом спектре. Третий период, отмеченный на большинстве торфяников, отмечен двумя регрессивными уровнями, отвечающими двум максимальным фазам осушения. Первый на глубине 0,85—0,90 м содержит керамику типа «берендеево». Подобно своему аналогу, он также связан с максимумом пыльцы широколиственных пород, и его радиоуглеродная дата — 4800 ± 250 — соответствует датировке «пика» пыльцы широколиственных пород на спорово-пыльцевой диаграмме Берендеева болота (4730 ± 190 , 4720 ± 190). Другой уровень на глубине 0,78—0,80 м содержал ранний комплекс «волосово II» и приходился на первую половину суббореального периода (конец III — начало II тыс. до н. э.). Правильность такого определения подтвердилась условиями залегания культурного слоя Рождественской стоянки на оз. Неро, содержащей аналогичный комплекс несколько более позднего времени. Последний уровень регрессивного развития на глубине 0,40—0,43 м содержал комплекс «ложнокотельной керамики» и приходился на первую половину I тыс. до н. э., что согласуется с радиоуглеродной датой такого же комплекса на поселении Плещеево III (табл. 1).

Итак, факты согласно указывали, что, несмотря на индивидуальные особенности водоемов, на четырех из них — Берендееве, Ивановском, Плещееве и Неро — по-

нижения и повышения уровня происходили неоднократно и синхронно. Приведенные в систему, они показывают, что чередование трансгрессий и регрессий (для торфяников — обводнений и иссушений) в центре Волго-Окского междуречья довольно точно соответствует таким же колебаниям, отмеченным в торфяниках Швеции Е. Гранлундом, а также кривой увлажненности материков Северного полушария, ритм которой в свое время был определен А. В. Шнитниковым в 1850—1900 гг. Иными словами, любой из указанных водоемов можно рассматривать как ритмично пульсирующий организм, отмечающий трансгрессивно-регрессивными циклами глобальные колебания общей увлажненности. Это тот ритм, который определил для данной зоны направленность в развитии биосферы и обусловил столь же определенное развитие хозяйственной деятельности человека.

Важность подобного заключения для практики археологии трудно переоценить. Следы многовековых ритмов, прослеживаемые на берегах озер и в толщах торфяников, дают возможность определять не «точечную» дату слоя или памятника, а длительность существования того или иного археологического комплекса (культуры) на определенной территории, что в ином случае потребовало бы многих дорогостоящих анализов, не всегда возможных. С другой стороны, изучение этих следов надежно связывает историю человеческого общества с динамикой природной среды. Следя за сменой археологических комплексов (табл. 2), можно видеть, что в эпоху перехода от увлажнения к засушливой фазе в конце IV тыс. до н. э., наряду с культурой ямочно-гребенчатого неолита, широко распространяются поселения «берендеевцев» и одновременно или чуть позже — комплекс «волосово I». Оба последних компонента сохраняются и в следующем трансгрессивном периоде конца III тыс., когда поселения поднимаются на самые высокие отметки второй террасы и там же оказываются следы новых, пришлых культур.

Иное сочетание культур прослеживается в Волго-Клязьменском междуречье со второй четверти II тыс. до н. э., когда явления высыхания распространены особенно широко и, как считают некоторые исследователи, происходит сдвиг растительных зон к северу, подготовленный предшествующим увлажнением и общей более высокой температурой атлантического периода. Исследования последних лет

поставили под сомнение такое заключение. По-видимому, средняя температура второй половины суббореального периода (II тыс. до н. э.) была значительно ниже, чем в предшествующем атлантическом. Именно похолодание в сочетании с возрастающей сухостью могли сдвинуть северную границу широколиственных лесов к югу и привести к образованию в лесной зоне обширных псевдостепных пространств, примером чего может служить реликтовое Владимирское Ополе с его двумя горизонтами «чернозема».

Это время, иногда называемое эпохой «первого великого переселения народов», оказало решающее влияние на развитие общества, хозяйственную деятельность человека и процессы биосферы. Именно с этого момента места поселений в лесной зоне Восточной Европы оказываются более стабильными, меньше зависят от колебания уровня грунтовых вод, а кости домашних животных в их слоях свидетельствуют об удачном освоении пойменных земель, освобожденных природой от излишней влаги не только для земледелия, но и для животноводства.

С другой стороны, использование следов природных ритмов в археологии позволяет вести направленный поиск памятников определенного периода, положение которых в свете озерных террас или в толще торфяников может быть точно предсказано по расчетам трансгрессивно-регрессивной амплитуды близлежащего водоема. Например, для котловины Плесеева озера залегание памятника в пойме или ниже современного уровня воды свидетельствует о его синхронности одной из регрессивных фаз, приходящихся на VII, конец VI — первую половину V, вторую половину IV — первую половину III, II — начало I тыс. до н. э., в то время как залегание слоя в наивысшей позиции на второй террасе будет отвечать времени максимальной трансгрессии.

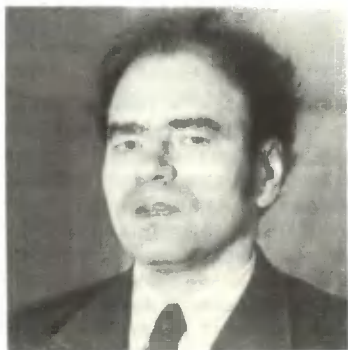
Каковы бы ни были причины колебаний общей увлажненности, существование этих ритмов и их проявление на территории Северной и Восточной Европы сомнений не вызывает. Аналогичный материал имеется теперь по Балтийской провинции, территории Коми АССР, среднего течения Оки и Волги. Они столь же реальны, как современный ландшафт, несущий на себе их отпечаток, как динамика замкнутых и полузамкнутых гидросистем, ритмично пульсирующих на протяжении тысячелетий, как археологические памятники, следующие за этими колебаниями. Приведу

один пример, подтверждающий ход кривой общей увлажненности за последние столетия, основанный на динамике зеркала Плесеева озера. Так, если в 1675—1676 гг., т. е. в конце последнего трансгрессивного периода, согласно писцовым книгам, площадь Плесеева озера оценивалась в 6680 десятин 1410 сажень (72,986 км²), то в 1929 г. она составляла только 4606 десятин (50,321 км²), а к началу 70-х годов уже не превышала 40—42 км². Картина могла быть еще разительней, если бы уровень озера не поддерживался искусственной плотинной на Вексе у с. Усолье, где перепад уровней достигает теперь почти 4,0 м по вертикали.

К сожалению подобный синтез археологии, геоморфологии и палеографии в изучении взаимной связи природной среды и человека пока еще мало используется. А между тем это один из перспективных путей решения более важной и сложной задачи: изучения и прогнозирования процессов развития гидросферы, от понимания и овладения которыми в значительной мере зависит будущее самого человека.

Динамика рудообразующих процессов

В. С. Голубев



Владимир Степанович Голубев, доктор геолого-минералогических наук. Занимается динамикой физико-химических и геохимических процессов. Автор монографий: Гетерогенные процессы геохимической миграции. М., 1968 (совместно с А. А. Гарибянцем); Динамика эндогенного рудообразования (совместно с В. Н. Шараповым). М., 1974.

Расшифровка процесса образования руды — чрезвычайно трудная, но очень важная задача геологических исследований. Зная, как формировались руды, исследователь научно обоснованно прогнозирует месторождения полезных ископаемых и целенаправленно осуществляет их поиски.

О природных процессах, которые протекали в далеком прошлом и привели к формированию месторождений полезных ископаемых, геолог судит по конечным результатам рудообразующих процессов, наблюдаемым в настоящее время. Всесторонне изучив месторождение и используя данные геологических и смежных наук, он строит генетическую модель рудообразующего процесса, которая согласуется с наблюдениями и отвечает на вопрос — как сформировалось месторождение. Непосредственно изучить рудообразующий процесс, его развитие в пространстве и времени, т. е. изучить динамику процесса, невозможно из-за его длительности — многие рудные месторождения формируются в течение миллионов лет и более.

Именно поэтому в геологии зачас-

тую одновременно существуют совершенно противоположные теории и гипотезы происхождения горных пород и руд.

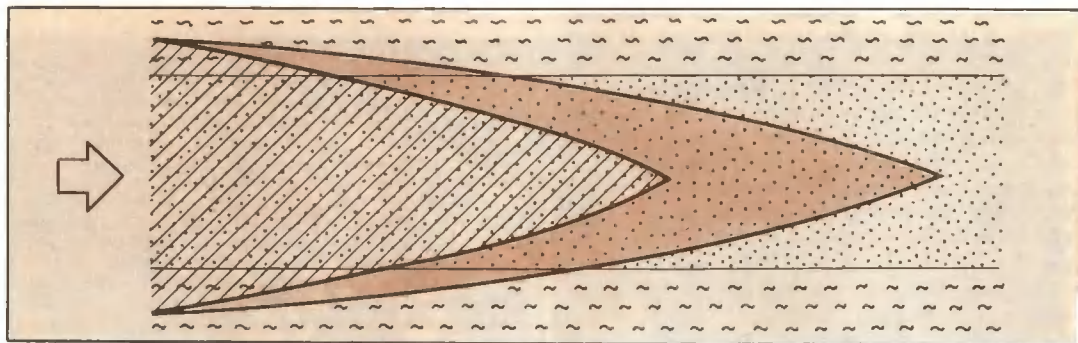
До последнего времени строились лишь качественные (неформализованные) схемы рудных процессов на основе сопоставления наблюдаемых результатов с известными процессами, которые приводят к аналогичным результатам. Так, формирование гидротермальных рудных месторождений считали аналогичным кристаллизации вещества из нагретого раствора при его охлаждении. Такие аналогии были по преимуществу качественными, количественные закономерности процесса не учитывались, к тому же зачастую они и не были установлены.

В геологии количественными теориями различных физических и химических процессов (теплопроводности, диффузии, фильтрации, динамики сорбции, кристаллизации и др.) стали пользоваться сравнительно недавно. В 1950—1960-х годах Д. С. Коржинский предпринял попытку построить теорию взаимодействия природных растворов с горными породами (метасоматоза), ведущего к закономерному пространственному изме-

нению минерального состава горных пород. Позже автором этих строк теория динамики метасоматоза была развита на основе методов физической химии. Проведенные в последние годы мною и рядом других авторов исследования в основном относятся к построению детерминированных математических моделей геохимических процессов, т. е. химических реакций, сопровождающихся существенной миграцией химических элементов Земли. К геохимическим в первую очередь относят магматические, метаморфические,

МОДЕЛЬ СОВРЕМЕННОГО ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО РУДООБРАЗУЮЩЕГО ПРОЦЕССА

При течении (инфильтрации) поверхностных кислородсодержащих вод в песчаные водоносные горизонты, заключенные внутри глинистых слабопроницаемых пород, в породах развивается зона окисления. Растворенный кислород окисляет органические вещества и сульфиды железа, содержащиеся в песчаниках водоносного пласта, в результате породы зо-



проницаемые песчаные породы



зона пластового окисления



слабопроницаемые глинистые породы



рудная залежь

Схематический разрез рудной залежи в водоносном горизонте. Рудная залежь образуется там, где выклинивается зона пластового окисления.

гипергенные, гидротермальные и другие процессы формирования горных пород.

При моделировании целесообразно сначала построить математические модели современных природных процессов, поскольку имеется возможность проверить некоторые следствия из них непосредственно при геологических исследованиях. Обратимся к одному из современных процессов рудообразования и, зная его механизм, построим модель рудообразующего процесса.

ны окисления приобретают бурый или красноватый цвет. Граница окисленных и неокисленных пород на фронте взаимодействия кислородсодержащих вод с породами перемещается со временем в направлении движения раствора. Здесь концентрация кислорода в водах резко уменьшается, поскольку он уже израсходован на окисление пород.

Там, где кончается (выклинивается) зона пластового окисления, отлагается рудное вещество — уран, селен и др., в результате чего формируются промышленные месторождения. Процесс происходит и в настоящее время. Эта исключительная ситуация позволяет непосредственно изучить сам рудообразующий процесс (а не только его результаты, как в

случае палео процессов рудообразования) и более полно проверить следствия из теоретических моделей рудообразования.

Рудное вещество осаждается за счет резкого изменения его миграционной способности на границе окисленных и неокисленных пород, играющей роль геохимического барьера. Действительно, на этой границе значительно снижается окислительно-восстановительный потенциал системы. Кислородные воды, поступающие на эту границу, содержат различные растворенные компоненты. На геохимическом барьере растворенный уран, а также селен и некоторые другие элементы восстанавливаются. И поскольку растворимость восстановленных соединений этих металлов весьма мала, они откладываются в виде различных рудных минералов. В результате формируется промышленная зона концентрации, форма которой в значительной степени зависит от степени однородности пласта. В разрезе наиболее типична (особенно в случае достаточно однородных пластов) мешковидная форма залежи, отражающая форму восстановительного геохимического барьера.

Такова сущность процесса рудообразования, установленная на основе геологических исследований. Математическая модель этого процесса, основанная в данном случае на уже известном механизме явления, позволит нам определить длительность процесса, скорость отложения вещества и более глубоко понять происхождение руд. Такая модель показана на одном из наших рисунков. Кислородсодержащий раствор фильтруется в хорошо проницаемом изотропном пласте, заключенном внутри слабопроницаемых пород. Миграция раствора в слабопроницаемые породы осуществляется путем поперечной диффузии.

Динамика формирования зоны пластового окисления и оруденения на выклинивании этой зоны анализируется на основе законов сохранения и кинетики переноса массы растворенных кислорода и рудного компонента (урана) в фильтрующемся потоке. Поскольку растворенный кислород расходуется на окисление пород, то скорость перемещения фронта концентрации кислорода, являющегося восстановительным геохимическим барьером, меньше скорости потока. На этот барьер со скоростью, равной скорости потока, поступает растворенный уран с начальной концентрацией 10^{-5} г/л,

типичной для большинства месторождений. Уран осаждается на барьере.

Таким образом, геохимический барьер играет роль своеобразной подвижной полупроницаемой перегородки, пропускающей воду и задерживающей растворенное вещество. Исходный раствор далек от насыщения по металлу (концентрация насыщения по урану — порядка нескольких грамм на литр раствора). Поэтому осаждающийся на барьере

Модель [вертикальный разрез] и графики [слева] распределения содержания различных элементов по глубине [по А. П. Соловову и др., 1972]. По вертикальной оси — расстояние Z по падению рудного тела, по горизонтальной оси — содержание q указанных на графике химических элементов в породе, которые для простоты заданы в относительном масштабе [последнее не означает совпадения их абсолютных содержаний]. По отношению к содержанию Cu верхние и нижние горизонты рудного тела обогащены Zn , с глубиной убывает содержание As и возрастает содержание Co . Условные горизонты рудного тела [O—III] отвечают надрудному первичному [O—I] и подрудному ореолам [II—III] и собственно рудному телу [I—II].

Наблюдаемые распределения содержания химических элементов в рудных телах, обобщенно представленные на рисунке, совпадают с рассчитанными на основе теоретической модели гидротермального рудообразования.

металл вновь растворяется при поступлении окислительного раствора.

В результате непрерывно протекающих процессов отложения — растворения — переотложения концентрация металла на барьере (как в жидком, так и в твердом состоянии) непрерывно возрастает со временем. Таков механизм формирования зоны оруденения и наблюдаемых в настоящее время повышенных кон-

центраций растворенного металла (10^{-3} г/л для урана) в этой зоне.

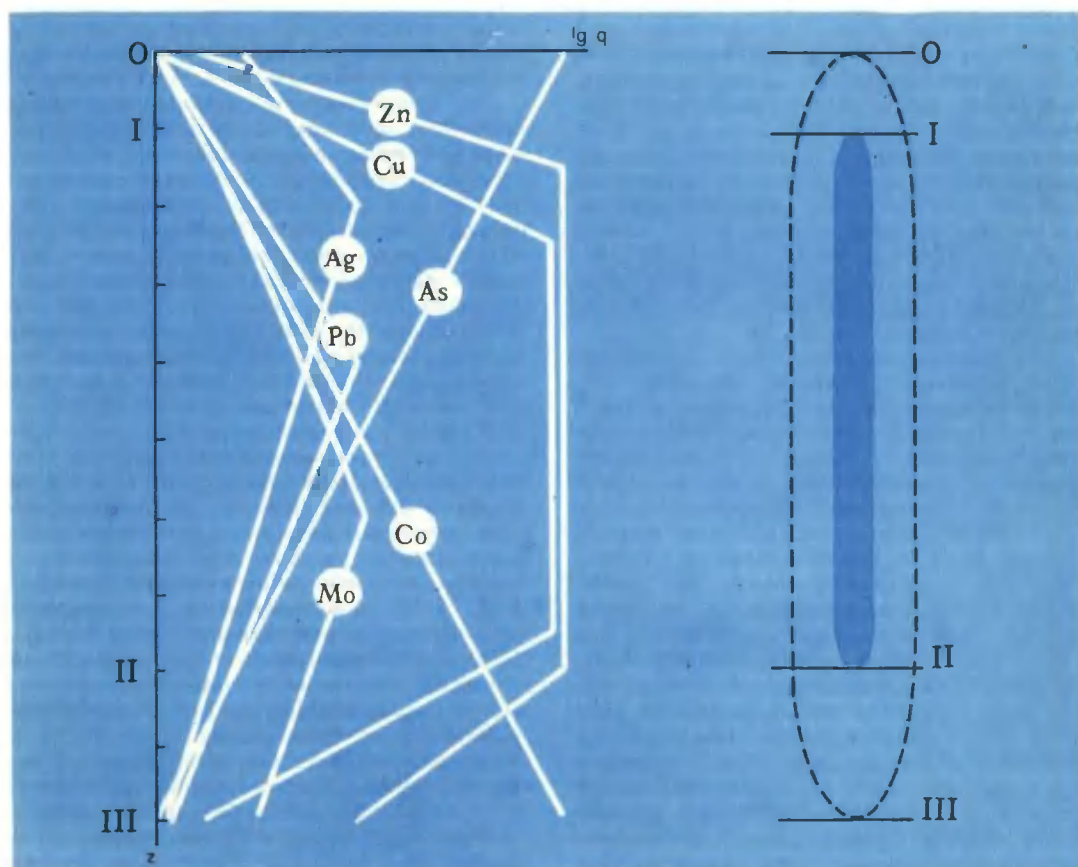
Распределение концентраций металла в системе в любой момент времени с начала развития процесса определяется на основе решения дифференциальных уравнений баланса массы и кинетики переноса растворенного компонента при начальных и граничных условиях развития процесса. При совпадении полученных теоретических решений с на-

блюдаемым распределением металла в зоне оруденения имеется возможность определить скорость движения зоны пластового окисления, длительность рудообразования, константы скорости отложения металла.

Таким образом для одной из типичных залежей были определены параметры рудообразования: длительность — 10^7 лет, константа скорости отложения урана

— 10^{-2} л/год, скорость движения геохимического барьера — 10^{-4} м/год, причем распределение содержания в залежи металла соответствовало теоретическому.

В теории рудообразования весьма дискуссионным является вопрос об источниках рудного вещества, который не всегда удается однозначно решить обычными методами. Исследование этого вопроса возможно на основе анализа динамических моделей рудообразования. Так,



блюдаемым распределением металла в зоне оруденения имеется возможность определить скорость движения зоны пластового окисления, длительность рудообразования, константы скорости отложения металла.

Таким образом для одной из типичных залежей были определены параметры рудообразования: длительность — 10^7 лет, константа скорости отложения урана

для одной из рудных залежей рассматриваемого типа рассчитанная длительность рудообразования оказалась равной $5 \cdot 10^7$ лет. Эта величина не приемлема, поскольку на основе геологических данных длительность процесса не может превышать 10^6 лет. Значит, современное пластово-инфильтрационное оруденение сформировалось при участии некоторых «первичных» руд, возможно иного происхождения. Ма-

тематическая модель дает нам возможность рассчитать количество этих первичных руд.

ДИНАМИКА ПАЛЕОПРОЦЕССОВ РУДООБРАЗОВАНИЯ

Изучение современного рудообразования важно для познания процессов формирования оруденения в предшествующее геологическое время. Действительно, рассмотренная модель характеризует динамику рудообразования из потока рудоносных растворов на подвижном геохимическом барьере любого типа (температурном, щелочном и т. д.) и поэтому применима для описания динамики палео процессов рудообразования. Благодаря растворению предварительно осажденного рудного компонента (при движении барьера) и выщелачиванию его из пород зоны фильтрации, на подвижном барьере устойчиво концентрируются растворенные компоненты. Этим можно объяснить образование концентрированных рудоносных растворов из первоначально разбавленных или же из рассеянного вещества горных пород.

Можно так представить эволюцию палео процессов гидротермального рудообразования из фильтрующихся растворов. Сначала имеет место стадия рудообразования, когда геохимический барьер, а следовательно, и вся зона оруденения подвижны. По-видимому, на этом этапе богатое оруденение формируется лишь в исключительных случаях. При благоприятных условиях геохимический барьер останавливается и образуется стационарное, наиболее богатое оруденение. Геохимический барьер становится неподвижным, если на путях миграции рудоносных растворов имеются определенные экраны (структурные, литологические и др.). При отсутствии экранов, после того как передовой фронт отложения вещества достигает поверхности земли, тыловая граница зоны минерализации в общем случае имеет подвижный характер. В ходе дальнейшей фильтрации ранее отложенное вещество полностью растворяется и выносятся на поверхность литосферы. Именно поэтому рудные тела примыкают к различного рода экранам, в проницаемых же зонах земной коры, даже если в них в прошлом существовал устойчивый поток глубинных растворов, нет богатых гидротермальных месторождений.

Теоретическая модель рудообразо-

вания показывает, что формирование зоны концентрации элементов на путях фильтрации раствора неизбежно и закономерно происходит на определенном этапе существования потока гидротермальных растворов. Если в современном растворе нет рудных элементов, весьма вероятно, что они отложились на геохимических барьерах, которые еще не достигли поверхности земли и, следовательно, на глубине существуют зоны минерализации. Наоборот, незначительные концентрации рудных элементов в гидротермальных растворах свидетельствуют, что зона минерализации на путях фильтрации раствора отсутствует, а вещество ранее вынесено фильтрующимся раствором на поверхность литосферы.

Теоретическая модель рудообразования на подвижном геохимическом барьере позволяет интерпретировать некоторые особенности состава современных гидротермальных растворов. Например, геологи Г. А. Карпов и А. Л. Павлов определили состав гидротермального раствора в источниках кальдеры Узон на п-ве Камчатка и его изменение с глубиной. В растворе, взятом в одном из грифонов, концентрация мышьяка не превышала 1 мг/л. На глубине 0,3, 0,8 и 2,5 м она оказалась равной 8, 30 и 2,5 мг/л соответственно. Концентрация мышьяка от первоначальной 2,5 мг/г (на глубине 2,5 м) повышается до 30 мг/л на глубине 0,8 м благодаря концентрированию раствора на подвижном геохимическом барьере, а затем вновь падает в результате отложения из раствора (в основном в форме минералов реалгара и аурипигмента) при переходе через барьер. Наличие геохимического барьера в зоне отложения мышьяка установлено независимыми измерениями окислительно-восстановительного потенциала, кислотности и температуры раствора, которые в этой зоне претерпевают существенное изменение.

Геохимический барьер обнаружен и при исследовании других термальных источников кальдеры Узон. Если растворы перед геохимическим барьером содержат мышьяк и сурьму в количестве не больше 2 и 0,06 мг/л, то в зоне минералообразования (осаждения реалгара, антимонита и аурипигмента) их содержание повышается до 6,6 и 1,2 мг/л соответственно. В гидротермальных растворах, взятых над зоной минералообразования, содержание мышьяка падает до 0,2—0,8 мг/л, а содержание сурьмы не превышает 0,006 мг/л.

Этим же исследователями установлена миграция геохимических барьеров к поверхности земли, в результате которой зона разгрузки минералообразующих растворов достигает поверхности. При этом в источниках, грифонах и котлах наблюдаются окрашенные оранжевые, желтые и желто-зеленые осадки (содержащие минерал реальгар, аурипигмент и скородит); при этом содержание мышьяка в растворе повышается (до 5 мг/л) по сравнению с его содержанием в «подрудной» зоне. Дальнейшее развитие процесса приводит к тому, что поверхности достигают практически неизменные растворы с повышенной температурой (90—96°С). Содержание мышьяка и сурьмы в них не превышает 2 и 0,08 мг/л. Окрашенные осадки практически отсутствуют.

При описании динамики палеопроцессов рудообразования использовалась модель, аналогичная рассмотренной выше для современного процесса. В зависимости от расстояния от поверхности земли содержание рудных элементов сначала растет (первичный надрудный ореол оруденений), затем (в общем случае) содержание не меняется (рудное тело) и, наконец, на глубине содержание элементов уменьшается (подрудный ореол). Ряд имеющихся данных по концентрационным профилям химических элементов в рудных телах и их первичных ореолах подтверждает теоретические закономерности (они показаны на нашем рисунке). Путем сопоставления теоретических и наблюдаемых концентрационных профилей металлов определяются константы скоростей палеопроцессов рудообразования (10^{-1} — $10 \cdot 1/\text{год}$) и максимальная длительность формирования ряда гидротермальных (медноколчеданных, редкометальных, урановых) месторождений (10^6 лет).

Таким образом, динамическое моделирование позволяет охарактеризовать развитие геохимических процессов в пространстве и времени, установить закономерности пространственного распределения химических элементов в геологических объектах; найти длительность и кинетические параметры геохимических процессов; предложить количественные геохимические критерии генезиса объектов. Исследование динамических моделей зачастую является единственным методом определения количественных параметров геохимических процессов.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Голубев В. С., Шарапов В. Н. ДИНАМИКА ЭНДОГЕННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ. М., 1975.

Дубов Р. И. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. М., 1974.

Карпов Г. А., Павлов А. Л. УЗОН-ГЕЙЗЕРНАЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ РУДООБРАЗУЮЩАЯ СИСТЕМА КАМЧАТКИ. Новосибирск, 1976.

КИНЕТИКА И ДИНАМИКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. М., 1976.

Коржинский Д. С. ТЕОРИЯ МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ. М., 1969.

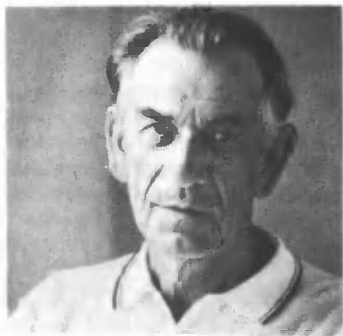
Перельман А. И. ГЕОХИМИЯ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. М., 1968.

Поспелов Г. Л. ПАРАДОКСЫ, ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ И МЕХАНИЗМЫ МЕТАСОМАТОЗА. М., 1973.

Соловов А. П., Гаранин А. В., Голубев В. С., Матвеев А. А. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ СЛЕПЫХ РУДНЫХ ТЕЛ.— В сб.: Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Иркутск, 1971.

Почему наступает море

В. П. Зенкович



Всеволод Павлович Зенкович, профессор, доктор географических наук, научный руководитель лаборатории береговой зоны Института географии им. Вахушти АН ГрузССР. Занимается проблемами береговой геоморфологии, гидродинамики, морской гидротехники.

Довольно часто в газетах появляются заметки о том, что там или здесь на берега наступают океаны и моря, смывая широкую полосу суши вместе со строениями и сельскохозяйственными угодьями и причиняя тем самым многомиллионные убытки.

Еще в 1972 г., на XXII Международном географическом конгрессе в Канаде, было решено учредить рабочую группу из специалистов-«береговиков», чтобы создать необходимые материалы о наступлении моря и выявить причины происходящего бедствия.

Этой группе под руководством австралийского ученого Э. Берда за последние годы удалось обобщить имевшиеся сведения и собрать новые данные о размывах берегов.

Разрушения берегов в Англии, Голландии, Германии, Польше зафиксированы с XIV—XVI вв. И в наши дни эти берега отступают весьма интенсивно.

Наиболее ощутимы и опасны размывы берегов в таких плотно населенных и освоенных местах, как Атлантическое побережье США, Мексиканский залив. Отступают песчаные берега Западной Африки (кроме ее южной части). Страдают в ряде мест Восточная Африка и Индия, а также Австралия. Не благополучны во

многих местах западные берега обеих Америк.

Зато вдоль гористых областей Юго-Восточной Азии, Новой Зеландии, Южной Японии, частично Индии, северо-востока Южной Америки дело обстоит благополучно, песчаные берега не только не подвергаются там размыву, но местами даже выдвигаются в море.

Э. Берд, выступавший с докладом на Международном географическом конгрессе в Москве в 1976 г., отмечал, что максимальная величина отступления берегов — 10 м в год. В СССР северо-западные берега Черного моря отступают местами на 12 м.

Различная устойчивость горных пород во многом усложняет береговые процессы. Прочные коренные породы морскими волнами практически не разрушаются. Таковы у нас в стране гранитогнейсовые берега Мурмана, многие участки южного Крыма, большинство материковых берегов Дальнего Востока. Там, где к морю выходят сцементированные осадочные породы, натиск волн заставляет их отступать на миллиметры или сантиметры в год. Более же всего страдают берега, сложенные рыхлыми новейшими отложениями. Здесь ежегодная ско-



Руины костела Тшенчас в Польше. Костел был построен в XIII в. в 2 км от берега. Эту полосу берега «съело» Балтийское море.

рость разрушения может достигать нескольких метров.

Существенную защитную роль играют выносы рек. Вблизи устьев, из которых поступает большое количество песка, многие (но не все) берега нарастают и в настоящее время.

В чем же причины разрушения берегов?

Главной из них некоторое время принято было считать прибрежно-морское строительство. На ровных берегах, вдоль которых перемещаются наносы, это действительно так. Около 100 лет размываются берега Балтики к северу от портовых молов Лиепая и Вентспилса. Транспортируемые к северу волнами и тече-

ниями, наносы задерживаются к югу от молов. На север от молов энергия волн остается прежней, и волны размывают берег, компенсируя «потерю» нагрузки потока. Последняя составляет от 500 тыс. до 1 млн м³/год.

Аналогичные явления происходят у молов Порт-Саида. Владиславова, Мадраца и многих других, а, например, порты Цеара в Бразилии и Швентойе на Балтике вообще оказались полностью занесенными морским песком. Однако если суммировать общую длину берегов, пострадавших в результате непродуманного портового строительства, то вряд ли она намного превысит несколько тысяч километров при общей длине берегов более 1 млн км.

Вторая техническая причина усиленного размыва берегов, как это ни странно звучит,— их неумелая защита. Стоит выстроить «волноотбойную» стенку с тыльной стороны пляжа, как он сузится, а может и совсем исчезнуть. Волны в таких случаях разрушают и саму стенку.

Одно время лучшим способом защиты признавались бунны. Это серии коротких моллов, которые задерживают часть наносов, накапливая при этом пляжи. Бунны были впервые применены в Англии еще в XVII в. и в местных условиях оказались эффективными. Перенос опыта Англии в другие районы без учета их специфических условий привел к печальному эффекту. Так называемые «низовые» размывы охватили берега на десятки километров. В глобальном масштабе протяженность размыва берегов в результате строительства бун также составляет несколько тысяч километров.

Несравненно больший вред, чем порты и бунны, берегам принесло нерегулируемое использование для строительства прибрежных наносов — песка, гравия, гальки с пляжей и подводного берегового склона (до глубин 10—20 м). На Черном и Азовском морях использование наносов — главная причина размывов берега, активизации оползней, исчезновения некоторых пляжей. Сейчас нерегулируемые изъятия наносов запрещены как в СССР, так и во многих других странах.

Последний вид «техногенного» нарушения равновесия морских берегов — усиленное использование вод из рек и строительство на них плотин, которые перехватывают весь пляжеобразующий твердый сток. Яркий пример этому можно увидеть на Каспии, где Мингечаурская плотина вызвала быстрое отступление края куринской дельты вместе с землями заповедника Кизил-Агач. Аналогичные явления произошли вблизи устьев Роны, Нила, р. Колумбии и даже в некоторых местах Японии, где, как говорилось выше, берега в общем благополучны. Под угрозой находятся многие участки берегов Грузии. Полоса смыва у устья Риони достигла 700 м, под угрозой находится побережье около устьев Ингури, Кодори и некоторых других рек.

И все же по техногенным причинам разрушается в глобальном масштабе не так уж много берегов. Не является ли в таком случае отступление берегов естественным процессом?

Бликий к современному уровень океана и связанных с ним морей установился всего лишь около 5 тыс. лет назад. Уровень океана начал подниматься 17 тыс. лет назад, когда стали таять ледниковые покровы, и повысился за 12 тыс. лет более чем на 100 м. Сейчас уровень океана повышается на 10—12 см в столетие.

Падение, так же как и повышение, уровня моря резко изменяет профиль равновесия пляжа и подводного склона. При повышении уровня волны оттягивают часть материала на дно, где он и откладывается, а надводный пляж по той же причине отступает. Американские ученые рассчитали, что на атлантическом побережье США песчаный берег должен отступить на 1 м в год при повышении уровня океана на 3 мм.

Поскольку уровень океана действительно повышается на 10—12 см в столетие, то, казалось бы, найдена главная причина разрушений.

Но по данным, собранным Бердом, многие берега, на которых не оказывается никакого технического воздействия, отступают со скоростью, почти на порядок выше полученной американскими специалистами.

Однако еще 5 тыс. лет назад, когда уровень океана повышался более чем на 1 м в столетие, большинство берегов не размывалось, а, наоборот, интенсивно нарастало. Именно в послеледниковое время сформировались песчаные береговые бары, длина которых составляет 12% от общей длины берегов мира, и еще более мощные по запасам наносов песчаные террасы и дюны. При этом уровень океана повышался, постепенно приближаясь к своему современному положению.

В поисках рационального объяснения, почему размывы берегов усилились за последнее столетие, выдвинута теория усиления общей бурности моря. Однако у этой теории пока нет надежных обоснований.

Пожалуй, самой важной причиной отступления берегов нужно считать сам ход развития берегов в голоцене, когда они успели пройти большую часть цикла своей геоморфологической эволюции, от ее начальной стадии к зрелости.

Перед крутыми размываемыми (абразионными) участками за последние 5—6 тыс. лет были выработаны широ-

Море выгрызло прибойную нишу, берегу грозит обвал. Побережье Черного моря близ мыса Пицунда.

К востоку от Сочинского порта волны унесли пляж и стали интенсивно разрушать коренной берег. Фото 1946 г.

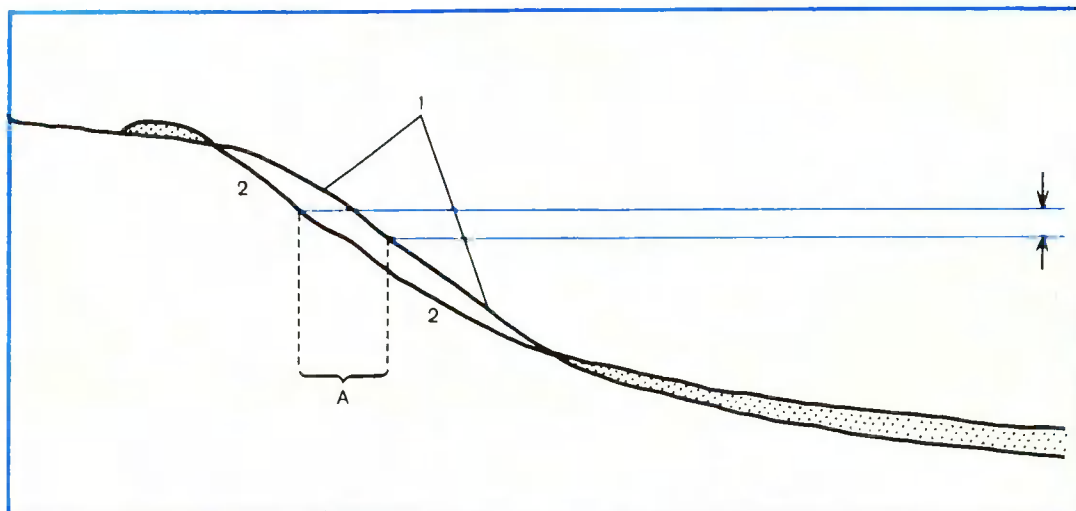


кие подводные террасы. Проходя над ними, волны теряют значительную часть энергии, и разрушение берегов замедляется. Важно, что в местах, где речные наносы не играют в общем бюджете значительной роли, именно абразия поставила основной материал для формирования и нарастания аккумулятивных участков.

В то же время на первично мелководных участках к берегу интенсивно перемещались донные наносы. Из них формировались или широкие надводные террасы с дюнными нагромождениями, или

на смежные участки при вдольбереговом перемещении.

К идее достижения современными берегами геоморфологической зрелости советские ученые пришли еще в 60-х годах, изучая Черное море. Известно, что в 20-х годах прорвалась, а сейчас почти отмерла бывшая коса Тузла в Керченском проливе, резко замедлился рост длинных кос северного Азова, перестала увеличиваться Анапская пересыпь. Эти формы питались за счет абразии смежных участков, которая, очевидно, завершена.



Отступление береговой линии [A] при повышении уровня моря [показано стрелками]. 1 — положение берега и подводного склона при низком уровне моря, 2 — при повысившемся. Точками показано подводное и пляжное накопление наносов, сформированное при повышении уровня моря.

береговые бары. В том, что это именно донный материал, легко убедиться на примере Каспия, Азовского моря и других участков тропических морей. Пляжи, бары и другие аккумулятивные формы таких берегов состоят целиком из обломков морской ракушки или из оолитов (известковые шарики).

За последние столетия эти песчаные накопления оскудевают. Часть песка «уходит» на материк в виде дюн, часть —

Сами по себе происходящие процессы при существующих физико-географических условиях, вероятно, не замедлятся и не скоро остановятся. Можно ли, учитывая сказанное, бороться с разрушением берегов?

Прежде всего, к защите и укреплению берегов необходимо подходить дифференцированно, на основе комплексного изучения природы каждого данного участка. Уже найден способ спасения берегов близ портовых молов и ограждений речных устьев. С наветренной стороны мола на эстакаде устанавливается стационарный или подвижной насос-рефугер, который несколько раз в год перекачивает песчаную пульпу по трубопроводу на подветренную сторону порта. Такие установки успешно работают уже второй десяток лет во Флориде, Мексике, Индии и ряде других районов. У нас этот метод можно использовать, например, в районе Поти и Очамчира.

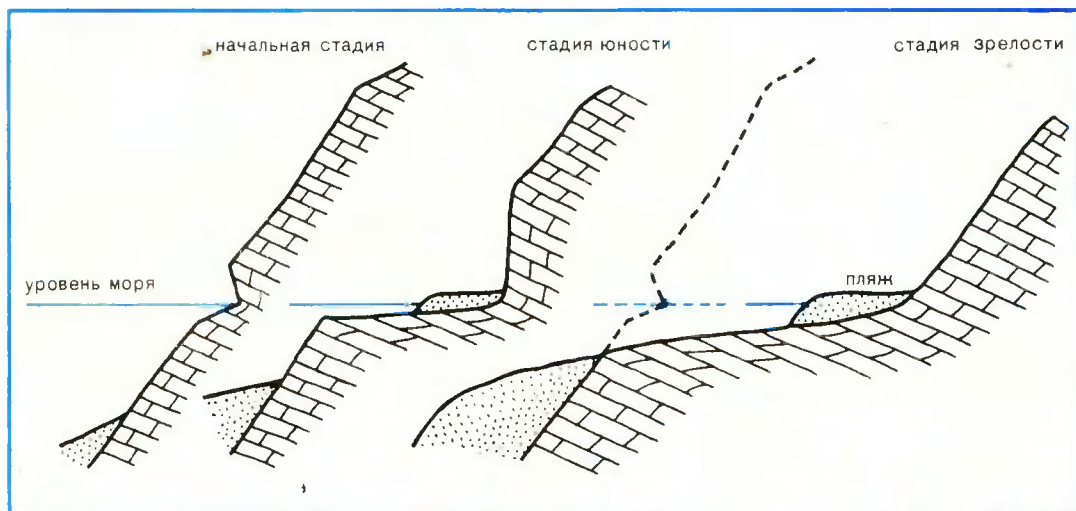
Простейший и весьма эффективный метод восстановления ровных берегов,

вернее их пляжей,—искусственный завоз песка или галечника. Если большие запасы песка имеются на дне, то его просто перекачивают к берегу, пользуясь плавучим рефулером. Если таких запасов нет, как, например, на Черном море, то наносы приходится привозить извне. Для оценки экономической целесообразности отсыпок необходимо быть уверенным, что привезенные наносы не будут увлечены на морское дно, или хотя бы установить заранее скорость этого процесса.

Там, где имеются мощные потоки

же служит немалое время. На Черном море успешно функционируют неогражденные искусственные пляжи в Геленджикской и Планерской бухтах.

Для того чтобы бороться с размывами, расходуя на это минимум средств (а речь идет о затратах сотен и сотен миллионов рублей), нужно иметь обоснованные прогнозы. В зависимости от них необходимо планировать будущую застройку и проводить «профилактику» берега, рассчитанную на десятилетия вперед. При этом требуется обращать внимание не



Три стадии развития профиля абразионных берегов. Начальная стадия: море успело едва врезаться в коренную породу, а у подножия откоса под водой накопилось немного обломочного материала. Юная стадия: море вырезало высокий клиф и создало абразионную платформу с небольшим пляжем вблизи уреза воды. Подводное накопление наносов увеличилось. Стадия зрелости: подводная абразионная платформа очень широкая и в сторону моря ее продолжает аккумулятивная терраса; сильно увеличился пляж; штормовые волны редко достигают подножия клифа, и он превратился в пологий склон — разрушение берега почти прекратилось.

только на отдельные участки курортов и городов, но и на все протяжении берегов, которые образуют определенные динамические системы в десятки и сотни километров длиной.

Необходимо также сопоставить экономическую значимость возведения плотин на реках с теми последствиями, которые они окажут на состояние берега. Нужен строжайший контроль изъятий пляжевых и донных наносов, своевременное питание оскудевающих пляжей наносами и многое другое.

Предпосылка любых подобных мероприятий — составление кадастра (инвентаризация) береговой зоны и организация режимной службы повторных замеров и съемок. Такие службы десятилетиями работают в некоторых странах (Польша, ГДР, Англия, Голландия, Япония, США). В нашей стране первая фаза составления кадастра берегов Черного моря была выполнена в начале 50-х годов, но работа нуждается в большей детализации.

наносов, приходится в ряде случаев прибегать к комбинированному методу — строить буны (иногда с подводными волноломами) и заполнять промежутки между ними привозным материалом. Такой метод успешно применен в Одессе, где пляжи устойчивы уже 10 лет. Второй, не менее удачный пример — район Адлера, где размывается морское дно и буны стали деформироваться. Здесь искусственный пляж из завезенной гальки так-

О редких и малоизученных птицах бассейна реки Бикин

Ю. Б. Пукинский



Юрий Болеславович Пукинский, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Ленинградского государственного университета им. А. А. Жданова. Орнитолог. Изучает гнездовую жизнь птиц. Автор книг: Жизнь сов. Л., 1977; Птицы перед микрофоном и фотоаппаратом (в соавторстве с А. С. Мальчевским и Э. Н. Головановой). Л., 1976; По таежной реке Бикин. М., 1975 и др.

Фактическим материалом для настоящих записок послужили наблюдения, проведенные на реке Бикин в 1969—1977 гг. Первые три года автор путешествовал по дебрям Уссурийского края один. В последующем к нему на разные сроки приезжали другие ленинградские любители природы и зоологи — А. В. Бардин, К. Н. Бобров, И. В. Ильинский, А. С. Никаноров и М. В. Пукинская.

Но автору и его товарищам по работе не удалось бы достичь успеха без внимания и поддержки со стороны местного населения, в особенности коренных жителей Бикина охотников-удэгейцев. Всем этим людям автор благодарен за бескорыстную помощь.

НА СТЫКЕ ФАУН

Река Бикин — родина легендарного Дерсу Узала — впадает в Уссури между Хором и Иманом, примерно в двухстах километрах южнее впадения ее в Амур. Свое начало Бикин берет на западных отрогах Сихотэ-Алиня и, рассекая бескрайние кедрово-широколиственные леса, уносит в сторону заходящего солнца.

Орнитофауна этих мест на редкость многолика. В верховьях реки она представлена в значительной мере сибирскими таежными птицами, проникающими сюда через Сихотэ-Алинь. Тут, на широте Кишинева или Одессы, на лиственничных плато обитают каменный глухарь и кукша, рыжая овсянка и зарничка. По склонам сопки в темнохвойных лесах обычны таежная мухоловка, соловей-свистун, синехвостка и другие сибирские птицы. Вероятно, единым с ними путем проникли сюда и виды европейской фауны — черный аист, большой подорлик, удод, зимородок, седой дятел, наконец, такие птицы, как чиж, пухляк, москворотка и многие другие.

Эти птицы в бассейне Бикина обитают бок о бок с представителями китайской фауны, имеющей несомненное родство с индо-малайской. Здесь крики кукши и кедровки чередуются с пронзительными трелями ширококрылой кукушки. Здесь гнездятся зеленая кваква, малый перепелятник, ястребиный сарыч, по лугам разносится таинственное завывание трехперстки. Из сов здесь, наряду с длиннохвостой неясытью, обитают ошейниковая и уссурийская совы, иглоногая сова, рыбный филин. На сухостое вдоль реки чинно восседают ярчайшие широкоороты. К китайским птицам относят обычных на Бикине амур-

ского волчка, мандаринку, пегого луня, большого погониша, многих из воробьиных птиц, проникающих сюда с юга. По всей тайге вдоль Бикина встречаются и обитатели тропических лесов — серый личинкоед и буробочка белоглазка.

По-видимому, еще в третичный период через Берингию в Приморье, и в частности на Бикин, проник ряд птиц из Северной Америки. Многие из них исчезли, но некоторые, видоизменившись, здравствуют здесь и сегодня. Примером может служить эндемик Восточной Сибири — дикуша, имеющая в Северной Америке, несомненно, близких родственников. В верховьях Бикина не составляет редкости реликт Уссурийского края — чешуйчатый крохаль. Другого такого места в Советском Союзе, где на ограниченной территории можно встретить всех этих и многих других птиц, трудно найти! Мне же, отдавшему птицам Бикина девять лет, кажется, что это самое прекрасное место на земле.

Подтверждением уникальности фауны Уссурийского края является и повышенный к ней интерес натуралистов. Еще в прошлом веке тут побывал Н. М. Пржевальский. Вдоль и поперек исколесил Приморье талантливейший краевед В. К. Арсеньев. Здесь работали зоологи А. И. Черский и Л. М. Шульпин, вел наблюдения современный выдающийся натуралист Е. П. Спангенберг. Подавляющее большинство орнитологов наших дней хоть раз, но побывало на Дальнем Востоке. В журналах и сборниках ежегодно публикуются десятки статей о птицах этих мест. И все же... Уссурийский край ждет еще своих исследователей.

К бассейну реки Бикина тяготеют более двухсот видов птиц, причем примерно о двух третях из них орнитологи до последнего времени имели самое общее представление. Особенно слабо была изучена гнездовая жизнь. «За семью печатями» оставалось брачное поведение отдельных видов птиц. Для большинства из них невыясненными были даже сроки размножения, продолжительность инкубации яиц, степень участия в насиживании их и в выкармливании птенцов самки и самца. Для многих птиц отсутствовали сведения о росте и развитии птенцов и др. На Бикине мною были встречены и птицы, гнезд которых еще никто из орнитологов никогда не видел. Вот об этих находках, а также об удивительном поведении птиц Бикина и пойдет речь ниже.

НЕОЖИДАННАЯ НАХОДКА

Более ста сорока лет, с момента описания К. Темминком черного журавля (*Grus monachus*), эта редчайшая птица оставалась тайной для натуралистов. В 1972 г. черный журавль внесен в «Красную Книгу», куда записываются редкие животные, требующие специальной охраны. Этого журавля регулярно на зимовках отмечали в Японии, Южной Корее. Каждый год в марте птицы отправлялись на север, в сторону Советского Союза, но далее их след терялся. В летнее время советские орнитологи встречали их то в Западной, то в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке. На основании этих наблюдений высказывались предположения о возможном гнездовании черного журавля у нас. Об этом писали в разное время орнитологи Б. К. Штегман, Л. М. Шульпин, К. А. Воробьев и др. Однако лишь Б. Н. Андреев на основе встреч молодых птиц и опросных сведений пришел в начале 70-годов к выводу, что черный журавль гнездится в Якутии, в бассейне р. Вилюя, а возможно и по Нижней Тунгуске. Но найти гнездо этой птицы пока еще не удавалось.

В 1974 г. мне посчастливилось обнаружить гнездовья черного журавля в бассейне Бикина. Оказалось, здесь он селится на горно-таежных верховых моховых болотах, расположенных на высоте 200—600 м над ур. м. Эти болота обычно зажаты между сопок, реже выходят непосредственно к пойме. На них произрастают чахлая даурская лиственница, кустарниковые березы, багульник. Такие места именуются в Приморье марями. Специальное обследование (на площади в 6000 км² на мари приходится примерно 10%) показало, что здесь регулярно проводят лето около 50 черных журавлей, из которых 28—32 особи образуют пары и регулярно выводят потомство.

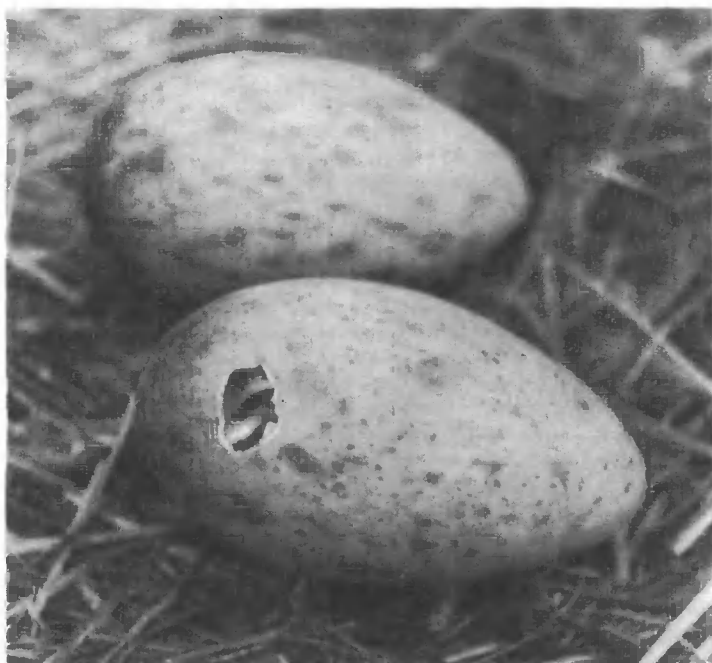
Удалось многое узнать и о жизни черного журавля. Гнезда он предпочитает располагать в зарослях березняка и лиственницы, в 50—100 м от открытого участка мари; его гнездо в поперечнике 60×70 и высотой около 25 см; складывается оно из мха, корневищ осок; лоток гнезда выстилается сухими злаками, веточками багульника, свежесломанными прутиками кустарниковой березки. В середине апреля с интервалом чуть более суток в гнезде появляются два зеленовато-бурых со ржавыми пятнами яйца, каждое из которых весит около 130 г и имеет размеры



Черный журавль (*Grus monachus*) включен Международным союзом охраны природы и природных ресурсов в «Красную Книгу».

В гнезде черного журавля обычно бывает два яйца. Поскольку откладываются они с интервалом более суток, а насиживание начинается сразу же, птенцы из яиц вылупляются неодновременно.

Первые часы и даже дни птенцы черного журавля нуждаются в регулярном обогреве.



92,3—93,4×54,4—55,9 мм. Довелось убедиться, что насиживает кладку у черного журавля преимущественно самка, хотя самец ее регулярно подменяет.

Птенцы черного журавля покрыты густым темным-рыжим пухом с золотистым оттенком на горле, зобе и животе. Только что вылупившийся журавленок — создание сравнительно беспомощное, и для него вполне достаточно та площадь, которую он недавно занимал в яйце. Но через 6 часов он бродит по всему гнезду и на второй день жизни может уже продемонстрировать умение плавать и прятаться. На третий день птенец обследует территорию вокруг гнезда, удаляясь от него до 20 м, а еще через четыре дня журавлят, бодро вышагивающих по звериным тропам в сопровождении родителей, можно встретить в 250 м от гнезда. Через неделю же выводок может отойти от этого места и на 2—3 км.

Черные журавли на Бикине помогли понять смысл «танцев» журавлей. Это величественное и захватывающее зрелище наблюдали у разных видов журавлей многие натуралисты. Однако возникновение столь необычного брачного поведения оставалось неясным. Наблюдая за гнезδοстроительным поведением черного журавля, я пришел к выводу, что эти два явления связаны. Дело в том, что построить гнездо на болоте не так уж просто. Во всех случаях оно должно выдерживать вес птицы и не проседать. Именно по этой причине черный журавль не строит гнездо прямо на зыбком мху болота или кочке. Он выбирает место, где моховая подушка оказывается прорванной — на пересечении старых звериных троп. Основным моментом в строительстве является утаптывание растительной ветоши в моховом прорыве до такой степени, чтобы впоследствии гнездо уже не оседало. Вот эти движения — ритмичные прыжки на одном месте, цель которых — спрессовать уложенную в кучу растительность — и лежит в основе весенних «танцев» журавлей. Иными словами, знаменитые журавлиные пляски есть не что иное, как ритуализированное гнезδοстроительное поведение.

ЗАГАДОЧНАЯ СИРЕНА

На лугах, примыкающих к Бикину, как в низовьях, так и в среднем его течении, где тайга отступает от берега, я познакомился еще с одной птицей, о жизни которой известно очень мало — трехперсткой (*Turnix tanki*) — небольшой скрытной

птицей из отряда журавлеобразных. Ее гнезда натуралисты находили всего несколько раз, и вообще эта птица считалась крайне редкой, обитающей в пределах СССР лишь в самой южной части Приморья. Так полагал и я, пока не узнал ее брачного крика. Он же оказался на редкость своеобразным, странным — словно вдали, во мраке и тумане, предостерегающе завывает сирена маяка. Гудение это повторяется через равные промежутки времени, и каждый отдельный унылый звук заканчивается еле слышным росчерком. Получается что-то вроде глухого «уууууууу... уууууууу...». Призывный крик трехперстки обладает тем удивительным свойством, что определить, откуда он доносится, бывает нелегко. Даже расстояние до кричащей птицы, как правило, остается неясным. Выявление хозяина этого звука заняло у меня два сезона! Зато потом выяснилось, что трехперстка на Бикине не такая уж и редкая птица. Везде, где были пригодные для ее обитания луга, отмечалось и ее присутствие.

Как и у других представителей этой группы, обитающих в Африке, на юге Азии и в Австралии, у нашей трехперстки на току собираются лишь самки. Это они гудят по ночам. Самцы в это время поблизости от тока прямо на земле устраивают примитивные гнезда из небольшого числа сухих травинков. Сюда после спаривания они приводят самок, которые и откладывают по четыре яйца. Последние располагаются очень компактно — острыми концами внутрь и чуточку книзу. Затем самка покидает самца, возложив на него всю заботу о потомстве, — он насиживает кладку и водит птенцов.

Несмотря на то что самки трехперстки наиболее деятельны по ночам, самцы — сугубо дневные птицы. Чуть начинает смеркаться, как они, взъерошив перья, втянув шею и прикрыв белесые глаза (радужина глаз у самца почти белая), тут же засыпают на всю ночь.

Скрытность — основная черта поведения трехперстки. Даже потревоженная у гнезда, она не делает попыток защитить кладку или отвести врага (никакой демонстрации); а словно мышь, ускользает в сторону. Помню, что самец просто растерялся, когда я раздвинул траву возле его гнезда для фотосъемки. С этого момента все его действия сводились к одному — вновь спрятать гнездо. Он нагибал стоящие рядом растения так, чтобы их листья заслоняли гнездо. Он приносил различную растительную ветошь и пытался соорудить



На лугах, примыкающих к Бикину, выводят потомство трехперстки (*Turnix tanki*) — небольшие, размером и обликом напоминающие перепела птицы из отряда журавлеобразных.

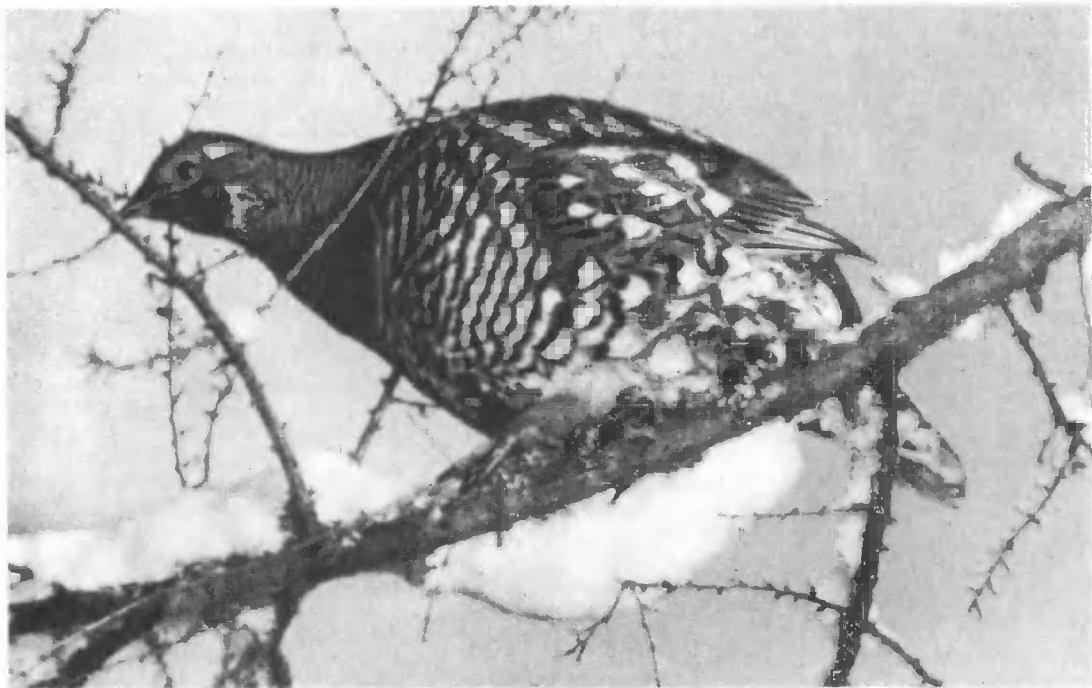
из нее ничто вроде вала или ширмы. Его поведение было закономерным — единственное, что в состоянии противопоставить врагам маленькая трехперстка, — это свою незаметность. И именно по этой причине мы до последнего времени знаем так немного об этой интересной птице.

САМАЯ ДОВЕРЧИВАЯ ИЗ ТЕТЕРЕВИНЫХ

В верховьях Бикина, где кедрово-широколиственные леса постепенно заме-

щаются темной хвойной тайгой, меня больше других птиц пленила дикуша (*Falcipennis falcipennis*). Мне довелось присутствовать на ее току, я находил и ее гнезда, наблюдал за ростом и развитием птенцов. Все это очень интересно, ново. Но сейчас мне хотелось бы затронуть лишь один вопрос — рассмотреть удивительное, ни с чем не сравнимое доверчивое поведение дикуши.

Надо сказать, что доверчивость дикуши поражала людей всегда. На столь необычное свойство этой птицы указывал еще А. Ф. Миддендорф в середине прошлого века. И действительно, она подпускает к себе человека на 2—3 м, затем либо отходит в сторону, либо затаивается. Но чаще, взлетев на одну из нижних ветвей близстоящего дерева и просидев там неподвижно всего несколько минут, она начинает с явным интересом рассматривать человека и, наконец, словно убедившись в его безвредности, принимается чистить или кормиться. Можно, не таясь, находиться в 5—7 шагах от токующих



птиц. При этом самец, если человек оказался на его участке, не только не улетает, но иногда даже принимает классическую для тетеревиных позу угрозы! Изучая питание и поведение дикуш, я часами следовал «по пятам» за какой-нибудь из них, не вызывая подозрения. Карауля вылупление птенцов, я не раз брал яйца из-под самки и клал их обратно, но та лишь предостерегающе урчала, топорила перья, клевала руку, но не покидала кладку.

О причине столь необычного поведения дикуши имеются различные суждения. Первоначально полагали, что это связано с отсутствием людей там, где обитает эта птица. Но ведь рядом с дикушей живет множество других птиц, и все они ведут себя «нормально»! Есть и другие объяснения. Мне же представляется, что это связано с тем, что дикуша живет в елово-пихтовых лесах, лишенных подлеска. Несмотря на большую полноту насаждений, местность вокруг здесь отлично просматривается с земли, что ограждает птицу от внезапного нападения. Опасаясь в основном наземных хищников, дикуша предпочитает как средство защиты непродолжительное затаивание с реальной возможностью в любой миг взлететь на

дерево, нежели бегство на значительное расстояние.

Именно на это указывает и строение крыла дикуши — исключительное по степени сужение маховых перьев, сильно развитые мускулы, опускающие крыло, — несомненно, результат крайней адаптации к стремительному вертикальному взлету (полету-бегству). Здесь же можно заметить, что доверчивость дикуши — свойство благоприобретенное. Ведь ее птенцы до 10—11 дней, т. е. до обнаружения способности к стремительному взлету, весьма осторожны и по этому признаку мало чем отличаются от птенцов других тетеревиных. Но как бы там ни было, перед человеком дикуша оказалась беззащитной. Поэтому охрана и бережное отношение к ней — долг каждого, кому дорога природа. Пока же получается, что там, где появляются люди, дикуша быстро исчезает.

ДУЭТИРУЮЩАЯ СОВА

Жизнь сов в Приморье совсем мало изучена. Здесь почти каждая встреча, каждое наблюдение носят в себе элемент открытия. Примером может служить рыбный филин (*Ketupa blakistoni*) — редчайшая

В верховьях Бикина, где на смену кедрово-широколиственным лесам приходит темнохвойная тайга, обитает дикуша [*Falcipennis falcipennis*] — самая доверчивая из птиц Советского Союза.

Сидящая на гнезде дикуша подпускает человека вплотную. Можно даже потрогать птицу рукой — она не покинет гнезда.





Рыбный филин (*Ketupa blakistoni*) — редчайшая сова Советского Союза. Однако на Бикине он пока еще обычен. Его гнезда я находил в дуплах старых ильмов и тополей в пойменных лесах.

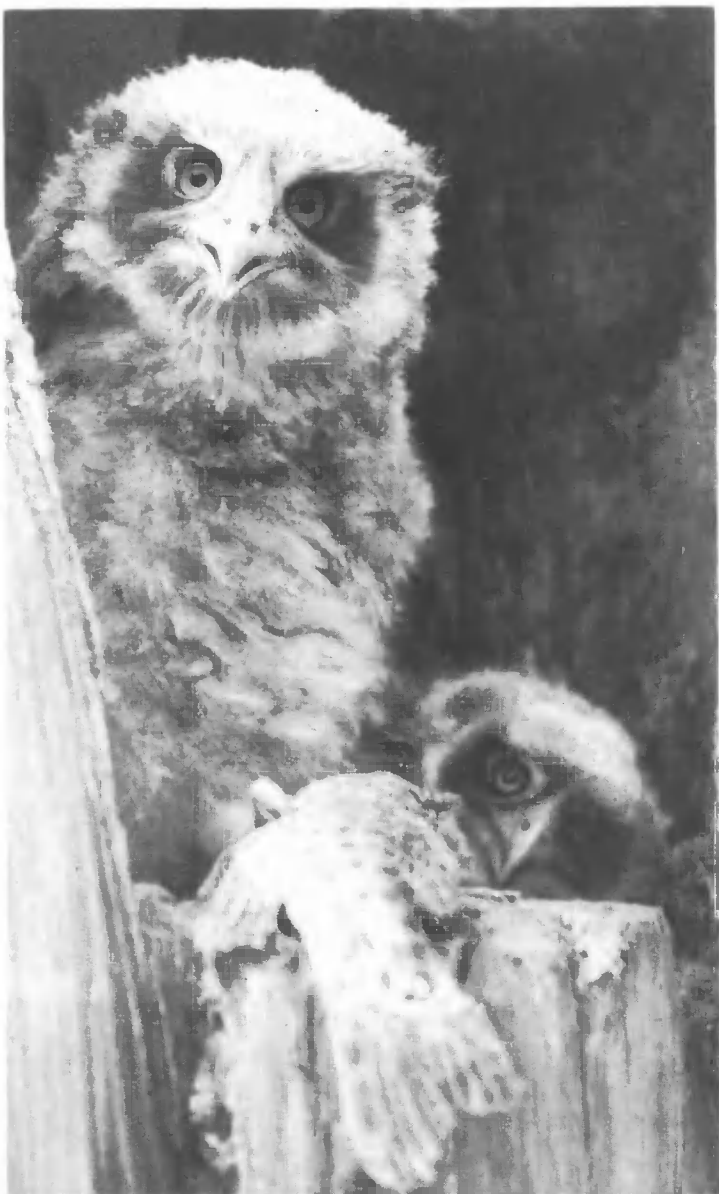
сова Советского Союза, сведения о размножении которой до последнего времени практически отсутствовали.

На Бикине рыбный филин оказался сравнительно обычной оседло живущей птицей. В мае 1971 г. чуть ниже удэгейского поселка Красный Яр, напротив Олонской сопки, я выследил одну из гнездящихся пар. То было первое гнездо рыбного филина, обнаруженное в Советском Союзе. В последующие сезоны изучалась биология этой необычной совы и произведен учет ее численности. Выяснилось, что рыбные филины в пойме Бикина гнездятся от Верхнего Перевала до Зевы, т. е. на всем основном протяжении реки, исключая лишь самые ее верховья и низовья. На участке протяженностью примерно в 250 км было отмечено около 26 пар. Учитывая неразмножающихся птиц (половозрелой эта сова становится лишь на третью весну своей жизни), можно полагать, что бикинская популяция насчитывает не менее 70 особей.

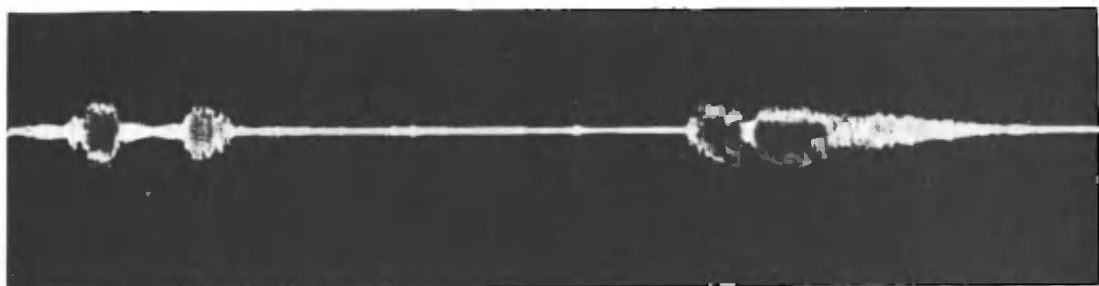
Интересны, на мой взгляд, звуки, которыми рыбные филины оглашают притихший к ночи лес. Лишь на первых порах они могут показаться однообразными. Правда, многие из криков этой совы относятся к сигналам «расширенного ситуативного значения» (по классификации А. С. Мальчевского) и произносятся по разным поводам. Однако это ничуть не обедняет голосовые коммуникации данного вида.

Важное место в общении рыбных филинов занимают двойные по структуре призывные крики, в целом схожие у самца и самки, но у последней более низкие. Чрезвычайно своеобразна брачная песня рыбного филина. Она представляет собой песню-дуэт, имеющую определенный музыкальный рисунок и воспроизводимую птицами со строго установленными интервалами. Схематично эту песню можно представить следующим образом: «... гуу-уу-уу-гуууу-хыгыгыгыгы...», где первый и третий звуки принадлежат самцу, второй и четвертый — самке, т. е., токуя, каждый член пары издает свой призывный крик, который по частям вклинивается между звуками, издаваемыми партнером. Начинает песню обычно самец, вторит ему самка, и таким образом создается единая специфическая видовая песня, в целом состоящая из четырех всплесков звуков, точно согласованных во времени. Рисунок этой песни настолько строго выдерживается, что порою трудно представить, что поет не одна, а две особи. Здесь же за-

В выводке рыбного филина редко бывает больше двух птенцов. На снимке старший из них удерживает килограммовую амурскую щуку, только что принесенную взрослой птицей.



На осциллограмме песни-дуэта рыбных филинов хорошо различимы четыре всплеска звуков: первый и третий принадлежат самцу, второй и четвертый — самке.



метим, что среди птиц фауны СССР антифональное пение до последнего времени не было известно вообще. Однако, встретившись с этим явлением у рыбного филина, я вскоре обнаружил склонность к дуэтированию у иглоногой совы (*Ninox scutulata*): уссурийской совки (*Otus sunia*) и ряда других сов.

Но не одной своей песней-дуэтом выделяется рыбный филин. Его птенцы, слетки, да и взрослые особи не только способны гудеть, но и громко свистят! Этот звук оповещает о месте нахождения члена семьи, выводка. Свистят птенцы в дупле, торопя родителей принести им корм. Свистят слетки, чем помогают родителям быстро их обнаружить и накормить. Взрослые птицы свистом извещают выводок о своем приближении. То, что для постоянного общения рыбные филины пользуются высокочастотным звуковым сигналом, а не низким видовым призывным криком, — понятно: на шумных перекатах, где этим птицам часто приходится бывать, свист слышен много лучше гудения. По-видимому, по этой же причине высокочастотными призывными криками обладают зимородок (*Alcedo atthis*), горная трясогузка (*Motacilla cinerea*) и многие другие птицы, живущие у быстрой воды.

АС НОЧНОГО НЕБА

Если рыбный филин, говоря образно, научил меня слушать сов, то живущая рядом с ним в пойменных лесах Бикина иглоногая сова (*Ninox scutulata*) заставила по-новому посмотреть на всю группу сов в целом, а точнее, на связь поведения этих птиц с характером их лицевого диска. Дело в том, что давно установилось мнение, что степень выраженности лицевого диска у сов находится в прямой зависимости от меры их ночной активности. Иначе говоря, чем более четким диском обладает сова, тем более строгий ночной образ жизни она якобы ведет, и наоборот. Иглоногая же сова (на Бикине это обычная птица, голос которой — монотонно повторяемое «ух-ух» — в период тока можно услышать каждую ночь почти в любом месте) внешне напоминает хищную птицу, например небольшого сокола. Лицевой диск у нее выражен крайне слабо, но активной она становится примерно спустя полчаса после захода солнца и успешно охотится почти в полной темноте!

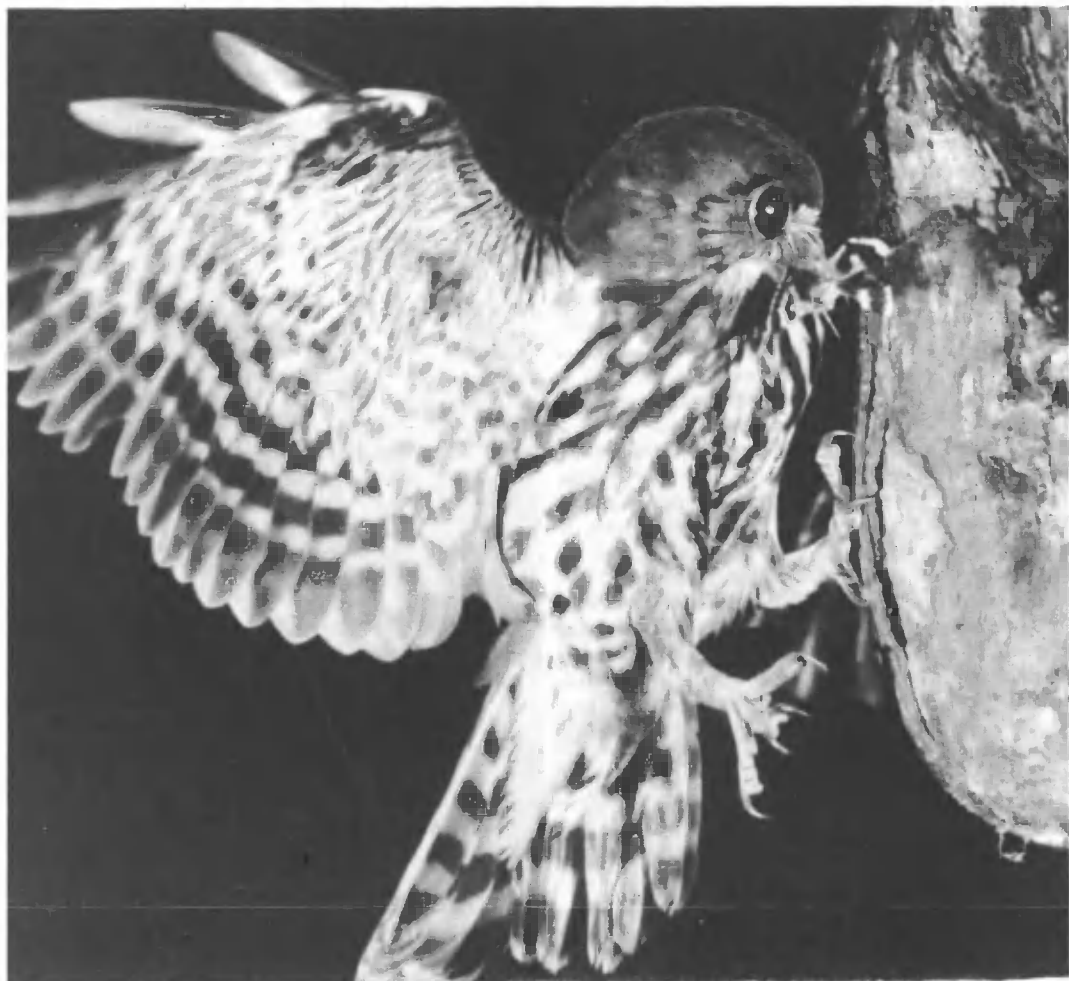
Наблюдая за поведением иглоногой совы, охотящейся преимущественно на



Иглоногая сова (*Ninox scutulata*) внешне напоминает дневную хищную птицу: у нее сравнительно маленькая голова, отсутствует характерный для многих сов лицевой диск и относительно жесткое оперение.

Основной корм иглоногой совы — активные в ночное время крупные насекомые, преимущественно бабочки. Их она чаще всего приносит и птенцам.

Хотя птенцы иглоногой совы вылупляются неодновременно, дупло они покидают почти разом — поведение старшего служит примером для младших.



крупных бабочек — бражников, совок, медведиц, реже на птиц и летучих мышей (она способна догнать даже их!), которых она ловит, стремительно проносясь среди крон, я пришел к убеждению, что степень развития лицевого диска определяется не временем активности совы, а способом овладения жертвой. И действительно, сопоставляя известные факты, получается, что совы, подкарауливающие жертву с присады, всегда имеют отлично развитый лицевой диск; виды, успешно сочетающие подкарауливание с поисковым полетом, обладают, как правило, неполным лицевым диском; у сов же, настигающих жертву в стремительном полете, диск выражен хуже всего. Иными словами, лицевой диск как дополнительное устройство, обеспечивающее точность локации, нужен лишь тем совам, в основе охоты которых лежит не поисковый полет, а подкарауливание, и пользуются им совы в момент покоя, а не во время полета. Слабое же развитие лицевого диска у рыбного филина (по манере охоты он относится к совам, подкарауливающим жертву), по-видимому, объясняется тем, что эта птица в основном охотится на рыбу, для которой подача звукового сигнала в воздушную среду не типична.

Но продолжим рассказ об иглоногой сове. Биология ее также долгое время оставалась загадкой. Первое упоминание о гнезде этой совы, найденном в СССР, принадлежит дальневосточному орнитологу В. А. Нечаеву, который в 1966 г. описал кладку из двух яиц, обнаруженную вблизи Владивостока. Но за последние годы таких находок прибавилось, и жизнь иглоногой совы можно охарактеризовать уже сравнительно полно.

Иглоногая сова — несомненно типичный дуплогнездник, откладывающий в первых числах июня (например, на Бикине) прямо на древесную труху 3 (реже 2 или 4) белых яйца размером 38—40×33—35 мм и весом 20—23,5 г. Чтобы «не отяжелеть» и не потерять способности к виртуозному полету, столь необходимому в жизни этой птицы, в эволюции вида выработалось приспособление — яйца созревают замедленно и откладываются через день. Здесь же укажем, что большинство других сов, сходных с иглоногой по размеру, несутся ежедневно. Насиживает кладку самка, а самец все это время регулярно кормит ее. На 28-ю ночь из яйца вылупляется птенец. Он покрыт сравнительно густым белым пухом, имеющим на затылке, лбу, у основания клюва, а

иногда и на плечах, едва различимый оливковый оттенок. На четвертые сутки глаза совенка приоткрываются. На десятую ночь сквозь поредевший пух на груди, боках и крыльях начинают пробиваться пухобразные бурые перья. На 15-ю ночь соенок уже способен постоять за себя — когда берешь его в руки, он отчаянно сопротивляется, угрожающе щелкает клювом. А на 25-ю ночь птенцы весом 145—160 г покидают дупло.

Момент вылета птенцов — одна из важных вех в жизни иглоногих сов. Он влечет за собой резкое изменение поведения не только молодых птиц, но и их родителей. Если раньше родители, тревожась за своих птенцов, смело атаковали даже человека, то теперь они стремятся как можно скорее увести выводок прочь. В это время по ночам в тайге можно часто слышать необычное стрекотание — им слетки иглоногих сов извещают родителей о себе.

ВОЗМОЖНЫЙ КАНДИДАТ ДЛЯ ПРИВЛЕЧЕНИЯ

К малоизученным совам относится и самая мелкая из них — уссурийская сова (*Otus sunia*), встречающаяся в бассейне Бикина буквально повсеместно. Поведением она очень напоминает обыкновенную сплюшку (*Otus scops*), широко распространенную на юге нашей страны от западных ее границ до Байкала. На Бикине я убедился, что уссурийская сова охотно занимает искусственные гнездовья (формой и размером близкие к стандартным скворечникам). Это позволяет надеяться, что эту птицу удастся здесь сохранить даже в местах сплошных рубок. Пища этой совы состоит преимущественно из чешуекрылых — бражников, медведиц, ленточниц, совок и пядениц. Правда, нередко ее жертвами становятся и пауки. Примечательно, что ползающие формы животных (гусеницы бабочек, пауки) добываются в основном во вторую половину ночи. При этом переключении с одного способа охоты на другой, т. е. с преследования летающих насекомых на сбор ползающих форм, обычно предшествует общий спад активности птиц.

Песня уссурийской совы — это ее призывный крик, повторяемый раз за разом. Издали эти звуки воспринимаются как двусложные: «у-та, у-та...». Если поблизости от токующего самца закричал второй, первый сразу же меняет тональность своей песни и возникает на ред-



Уссурийская сова — дуплогнездник. Дуплянками, схожими по размерам с обыкновенными скворечниками, ее легко привлечь в леса, омоложенные рубками.

кость красивая музыкальная перекличка. Будучи щедрыми на голос, эти совы придают тайге незабываемый своеобразный колорит.

Уссурийская сова во всех случаях отдает предпочтение разреженным лесам. Она охотно поселяется в колках на лугах и, безусловно, будет жить в парках, если в них найдутся дуплистые деревья или будут развешены искусственные гнездовья.

ХИЩНИК, ОХОТЯЩИЙСЯ НА СЛУХ

Весьма поучительными оказались наблюдения за хищными птицами. Там, где тайга сменяется марями, лугами или вырубками, в пойме Бикина мне чаще других встречался хохлатый осоед (*Pernis ptilorhynchus*). Это довольно крупная птица, цвет оперения которой варьирует от темно-бурого до светло-охристого. Эти индивидуальные отличия делают каждую из особей как бы специально маркированной, непохожей на других своих сородичей. Причина этого явления пока не ясна. По этому поводу можно заметить лишь, что полиморфность птиц в значительной мере облегчает «персональные» наблюдения — оригинально окрашенную птицу вы замечаете издали и узнаете.

Основную пищу хохлатого осоеда летом составляют личинки общественных ос, пчел и шмелей. Я долго не мог понять, каким образом эта птица находит гнезда перепончатокрылых. Ведь эти насекомые поселяются далеко не всегда открыто, на виду. Сплошь и рядом мне доводилось видеть, как хохлатый осоед, выкопав на лугу яму до полуметра глубиной, извлекал соты с личинками, скрытые дерновиной и густым разнотравьем. Специальные наблюдения из укрытия помогли разгадать эту загадку. Оказалось, что в отличие от большинства хищных птиц, которые, разыскивая своих жертв, полагаются прежде всего на зрение, осоеды не в меньшей степени используют и слух. Вот как протекает такая охота.

Усевшись на кочку или на один из нижних сучков отдельно стоящего дерева, птица внимательно наблюдает за полетом насекомых. При этом она, по-видимому, на слух в состоянии определить, летит ли пчела или шмель со взятком в сторону гнезда или, наоборот, направилась на кормежку. Так или иначе безошибочно определив генеральное направление, осоед перелетает на 50—100 м и вновь продолжает выслеживание. Три-четыре таких перелета — и скрытое в кустах или траве поселение обнаружено.

Способность осоедов дифференцировать звуки, издаваемые разными насекомыми, удалось подтвердить экспериментально. Когда в укрытие (замаскированная небольшая палатка), установленное под гнездом осоеда, я запускал шмеля и тот, пытаясь выбраться, жужжал, ползал по стенкам, это всегда привлекало внимание осоедов. Однако схожие звуки, издаваемые слепнями в той же палатке, не



Там, где мари и луга перемежаются с колками, поселяется в Приморье хохлатый осоед (*Pernis ptilorhynchus*). Окраска его оперения сильно варьирует, однако темное «ожерелье» сохраняется почти у всех особей.

Питается хохлатый осоед преимущественно личинками перепончатокрылых. Взрослые птицы чаще всего приносят птенцам «бумажные» соты общественных ос, личинок которых птенцы выбирают с поразительной ловкостью.

производили на птиц никакого впечатления. Кстати, ушные отверстия хохлатого осоеда в диаметре заметно крупнее, чем у других хищников сходного с ним размера, например, обитающих в этих же краях канюка (*Buteo buteo*) или черного коршуна (*Milvus korschun*).

В дождливую погоду, когда лет насекомых приостанавливается, охота хохлатого осоеда становится малодобычливой. В такие дни взрослые птицы приносят птенцам лягушек, реже — других позвоночных.

В какую бы погоду ни охотились хохлатые осоеды, продолжительное пребывание птиц на земле, среди влажной травянистой растительности приводит к намоканию их оперения. Именно поэтому осоедов чаще, чем других хищных птиц удается видеть сохнувшими. При этом осоед, сидя на ветке, словно баклан распускает крылья и даже хвост.

В поведении хохлатого осоеда обращает на себя внимание еще одна черта. Его птенцы долгое время испражняются прямо на гнездо (обычно птенцы хищников уже на 4—7-й день гадят за край гнезда). Сохраняя в гнезде возможную чистоту, взрослые птицы по несколько раз в день выстилают лоток свежими ветками с листьями. Под ними в массе разводятся личинки различных двукрылых. При затяжных дождях, которые в Приморье нередки, проголодавшиеся птенцы активно выбирают этот корм. Они, словно куры, лапами и клювом ворошат подстилку, отыскивая личинок и пупарии. Поистине приспособительные возможности беспредельны!

ПОЮЩИЙ ЯСТРЕБ

Все птицы весной стремятся заявить о себе, токуя, и хищные не составляют исключения. Над Бикином, например, почти все лето можно слышать призывные крики скопы (*Pandion haliaetus*). Во время тока этот хищник поднимается на 300—500 м ввысь и, необычно часто махая крыльями, летает там кругами, призывно крича. Своеобразен ток хохлатого осоеда. Скользя с вышины, он время от времени как бы повисает в воздухе с высоко поднятыми крыльями, не опуская их, делает несколько торопливых взмахов над спиной и снова начинает скользить вниз. Пегий лунь (*Circus melanoleucus*), обитающий в бассейне Бикина преимущественно на мерах, во время тока демонстрирует виртуозность своего полета. При этом в период брачных игр, особенно в присутст-

вии самки, самец нередко разыгрывает настоящий спектакль, в основу которого кладется ритуализированная передача корма. Во время тока хищные птицы демонстрируют прежде всего свою ловкость, но не голосовые возможности. Исключением из этого правила является малый перепелятник (*Accipiter virgatus*).

Малый перепелятник — лесная птица Южной Сибири, гнездящаяся у нас от Томска до Приморского края. Встречается он также в Японии, на Филиппинах, в Индо-Китае и на Малайском архипелаге. В бассейне Бикина этот ястреб появляется в середине мая. Причем первыми прилетают, по-видимому, самки. По крайней мере в период полета самцов большинство самок уже находится на будущих гнездовых участках.

Самцы с зимовок возвращаются по одному, пересекая пространство на высоте 150—200 м, и на лету через каждые 300—400 м издают видовой призывный крик, по звукосочетанию схожий с кличем «тай-тай-налетай». Услышав с земли этот призыв, самка отвечает самцу, и таким образом происходит встреча партнеров. (Самка от самца у малого перепелятника легко отличима по окраске радужины глаз — у первой она светло-желтого, лимонного цвета, у второго — буро-красная, винная.)

Но бывают случаи, когда самец, достигнув мест гнездовых, не встречается по пути самки. Тогда, облюбовав участок леса, он задерживается здесь на неопределенно долгое время, иногда до 12—15 дней и более. И все это время он почти целыми днями без устали выкрикивает свой призыв. На этом участке могут быть отдельные деревья, на которые самец присаживается особенно часто, и можно наблюдать, как он часами без перерыва, раз за разом, подает голос.

Когда же у малого перепелятника образуется семья, видовой призывный крик становится по существу брачной песней. И опять над лесом слышится задорное «тай-тай-налетай». Кстати, с этим же криком малый перепелятник нападает на врага, им же выражает беспокойство и тревогу. Голос самки в целом схож с голосом самца, разве что чуть ниже тоном, звучит не так чисто, и подает она его реже.

ДВА РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ЗАДАЧИ

О паразитизме кукушек рода *Cuculus* достаточно много написано, хотя далеко не все здесь понятно. Известные и



Малый перепелятник (*Accipiter virgatus*) в значительно большей степени, чем другие ястребы, пользуется голосом. Даже сидящая на гнезде самка нет-нет да и прокричит на весь лес «тай-тай-налетай!»

специальные «приспособления», обеспечивающие успешность гнездового паразитизма. Так, у большинства кукушек, паразитирующих на воробьиных птицах, яйца сравнительно мелкие, хотя и остаются всегда более крупными, чем у птицы-хозяина. Известно и то, что маскировка яйца у обыкновенной кукушки (*Cuculus canorus*) часто достигается поразительным сходством его по окраске с яйцом птицы-хозяина. Кукушки этого вида, живущие на Бикине, приспособившиеся подкладывать яйца, например, в гнезда синего соловья (*Larvivora cyane*) или соловья-красношейки (*Calliope calliope*), несут яйца с лазурно-голубой окраской скорлупы, точно такой, как у этих соловьев. В гнезде же

таежной овсянки (*Emberiza tristrami*) я находил яйца обыкновенной кукушки, которые трудно было отличить от пестрых, с завитками и черточками яиц этой овсянки.

По видимому, совсем иначе проблема маскировки яйца решается близкой к обыкновенной глухой кукушкой (*Cuculus optatus*). Все найденные мною в Уссурийской тайге ее яйца оказались более или менее одинаково окрашенными. Их скорлупа была бледно-розовой, почти белой, со слабым каштановым крапом, иногда образующим как бы венчик на тупом конце. Яйца глухой кукушки я встречал в гнездах синей мухоловки (*Muscicapa cyanoptera*), где можно было бы полагать, что они имеют подражательную окраску; в гнездах чернотростниковой камышовки (*Acrocephalus bistrigiceps*), яйца которой густо испещрены темно-бурым крапом; в гнезде желтогорлой овсянки (*Emberiza elegans*), яйца которой хотя и с крапом, но хорошо отличимы от яйца глухой кукушки; у светлоголовой пеночки (*Phylloscopus occipitalis*), яйца которой чисто белые, и у других мелких птиц.

Во всех случаях яйцо глухой кукушки интриговало меня не столько стабильностью своей окраски, сколько необыч-



К гнездованию малые перепелятники приступают сравнительно поздно, приурочивая время вылупления птенцов в своих гнездах к срокам массового появления в лесу слетков воробьиных птиц.

ностью очертаний. Оно имеет непривычную для глаза вытянутую форму, при которой с трудом различаются тупой и острый конец. Размеры такого яйца около 20,2X13,6 мм при весе в среднем 1,75 г. Однако форма яйца глухой кукушки удивляла меня лишь до тех пор, пока я не обратил внимания на положение яйца в гнезде, в первый момент после его появления там. Оказалось, что самка глухой кукушки, подкладывая яйцо, непременно ставит его торчком (!) и, как правило, в центр лотка, где глубина гнезда максимальная. Тогда сравнительно крупное яйцо кукушки, прикрываемое с боков яйцами птицы-хозяина, приобретает по размеру и форме невероятное сходство с

последними. Вот оно — второе решение этой же задачи — как сделать яйцо малозаметным!

В подтверждение высказанных соображений могу привести следующее наблюдение. Однажды только что подложенное к кладке чернобровой камышовки яйцо глухой кукушки было извлечено мною из гнезда для взвешивания и измерения. Закончив описание яйца, я положил его обратно. По неведению я не поместил его среди яиц камышовки стоя, а положил, чем и демаскировал его: стало хорошо видно, что оно вдвое крупнее остальных яиц. К вечеру яйцо кукушки оказалось «выбракованным» хозяевами, расклеванным. В дальнейшем, когда я поступал более осмотрительно, такого не случалось.

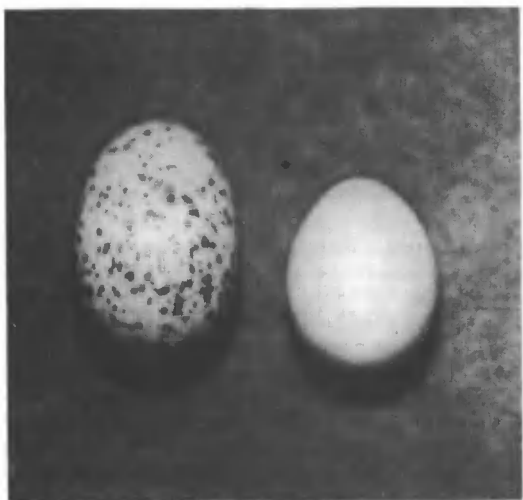
В остальном же обыкновенная и глухая кукушки весьма схожи. Продолжительность инкубации яиц у обоих видов около 12 дней; одинаковыми способами уже к концу первых суток их птенцы принимают выбрасывать из гнезда сводных братьев; на 17-й день у обоих видов кукушата покидают гнездо. Сходны и голосовые реакции птенцов, и привычка оставаться с открытым клювом после того, как получена порция корма. Наблюдая за ростом и



Проблема маскировки своего яйца у кукушек решается по-разному. У обыкновенной кукушки (*Cuculus canorus*) отбор шел на выработку подражательной окраски (на снимке — яйцо обыкновенной кукушки в гнезде таежной овсянки).

Яйцо глухой кукушки (*Cuculus optatus*) размером и окраской обычно сильно отличается от яиц птицы-хозяина (слева — яйцо глухой кукушки, справа — светлоголовой пеночки).

Однако стоит большое, имеющее вытянутую форму, яйцо глухой кукушки поместить вертикально в гнезде, например светлоголовой пеночки, как различия в размерах яиц скрадываются.



развитием тех и других, я вообще не нашел здесь существенных различий. Иногда у меня даже закрадывалось подозрение, не имею ли я дело с формами одного вида. У одной из них, обыкновенной кукушки, адаптивные признаки передаются (удерживаются) исключительно самками, которые несут голубые, пестрые и окрашенные в другие цвета яйца. У другой — глухой кукушки, откладывающей «длинные» яйца, этот признак, возможно, контролируется обоими полами. И разошлись эти формы по характеру адаптаций совсем недавно. В любом случае оба эти вида заслуживают специального и пристального внимания.

НЕДОСТИЖИМЫЙ ТЕМП

В предыдущем очерке о кукушках я вскользь упомянул о том, что инкубационный период развития их зародыша в яйце составляет 12 дней. Это своеобразное приспособление, рассчитанное на то, что кукушонок в гнезде хозяина появился первым. Так оно и бывает, поскольку продолжительность насиживания кладки у большинства мелких воробьиных птиц, потенциальных воспитателей кукушат, 13—14 дней. Но среди них есть вид, за темпом развития которого не угнаться даже «скороспелым» кукушкам. Это — бурбокая белоглазка (*Zosterops erythropleura*).



Уловка глухой кукушки удалась — светлоголовая пеночка высидела, а теперь выкармливает кукушонка.

Белоглазки относятся к особому семейству (*Zosteropidae*), распространенному в тропиках Старого Света. Это семейство включает около 80 видов, из которых в Советском Союзе один — буробокая белоглазка — обитает в Приморье, второй — японская белоглазка (*Zosterops japonica*) — два года назад впервые встречен В. А. Нечаевым на Сахалине. Внешне эти птицы напоминают крупных пеночек.

Жизнь буробоклой белоглазки проходит в стремительном темпе. В пойменных лесах Бикина эти птицы появляются в 20-х числах мая. Сразу же после прилета начинается их активное токование. Брачная песня (поспешный перезвон, в кото-



Высоко в кронах деревьев подвешивает гнездо-гамачок буробочая белоглазка [*Sosterops erythropleura*] — истинно тропическая птица.

рый нередко вплетаются заимствованные звуки) в этот период слышна почти весь день. Часто в кроне одного ильма поют одновременно два-три самца, создавая впечатление группового токования. Тут же птицы разбиваются на пары и приступают к гнездостроению.

На устройство уникального гнезда-гамачка, подвешенного где-нибудь в концевой развилке ветки вяза или амурской сирени, уходит всего три-четыре дня. Кста-

ти, гнездо буробочкой белоглазки по устройству и способу крепления к веткам очень напоминает постройку китайской иволги (*Oriolus chinensis*), но диаметром оно не более 6 см и такой же примерно глубины. С интервалом менее суток в гнезде одно за другим появляются 3—4 белых с еле приметной голубиной яйца. Всего 10 дней (!) отводится на насиживание кладки, а еще через 9 дней (!) слетки покидают гнездо. Затем некоторое время выводок кочует по лесу, а к началу июля, сбившись в плотные стайки, буробочие белоглазки покидают район гнездования.

Птиц, размножающих в более стремительном темпе, в Советском Союзе нет.

Похоже, что дебри Уссурийского края поставили целью во всем поражать натуралистов. И задача людей — сохранить эту уникальную фауну.

ЧЕЛОВЕК И ПРИРОДА В СТРУКТУРНОМ АНАЛИЗЕ

Структурный метод исследования за последние годы все более и более привлекает к себе взгляды ученых разных специальностей и в СССР, и за рубежом. Достаточно назвать книгу «Структурализм: за и против» (М., 1975), чтобы убедиться в пестроте мнений, аргументов, споров относительно этого направления. Наш журнал в свое время напечатал ряд статей, посвященных структурализму («Природа», 1974, № 7—8). Подборка сопровождалась публикацией отрывков из книги «Структурная антропология» одного из основоположников и разработчиков этого течения Клода Леви-Стросса. Возникнув на базе структурального анализа в лингвистике, структурализм затем нашел общие точки соприкосновения и с естественными науками, в частности с психологией, генетикой, ботаникой. Материалы такого рода, естественно, входят в сферу интересов нашего журнала. Предлагаем читателям статью В. В. Иванова об этом направлении и заключительную главу книги К. Леви-Стросса, которому в этом году исполняется 70 лет, «Нагой человек» (L'Homme nu. P., 1971), где автор не только сопоставляет данные лингвистики и биологии, но и пытается оценить сам метод с философской точки зрения. Как видно из текста, многие вопросы здесь поставлены в порядке обсуждения. Эту главу публикуем с небольшими сокращениями.

Клод Леви-Стросс и структурная антропология

В. В. Иванов



Вячеслав Всеволодович Иванов, кандидат филологических наук, заведующий сектором структурной типологии Института славяноведения и балканистики АН СССР. Работает над проблемами структурной лингвистики, антропологии и первобытного мышления. Автор книг: Славянские языковые моделирующие семиотические системы (совместно с В. Н. Топоровым). М., 1965; Исследования в области славянских древностей (совместно с В. Н. Топоровым). М., 1974; Очерки по истории семиотики в СССР. М., 1976. Иностраннный член Британской академии.

Современный этап в развитии гуманитарных наук знаменуется стремлением к сближению их с науками естественными. Одной из первых на этот путь встала линг-

вистика — и не только потому, что язык по самой своей природе связан с органами речи, изучаемыми физиологией, звуковыми колебаниями, исследуемыми акусти-

кой, и работой речевых центров мозга, исследуемых нейрофизиологами и нейропсихологами. На примере языка удалось впервые вызвать необходимость рассмотрения всех его элементов (как физических и физиологических по своей природе, так и передаваемых с помощью этих последних) как единого целого или как одной структуры. Значение такого подхода для других наук о человеке было впервые оценено Леви-Строссом.

Без имени Клода Леви-Стросса сейчас трудно себе представить не только основанную им новую область науки — структурную антропологию, применяющую для исследования так называемых «первобытных» (примитивных) обществ методы, стремящиеся к точности, уже достигнутой современной структурной лингвистикой. Рассмотрение всей системы как единого целого, с успехом осуществленное структурной лингвистикой по отношению к языку, Леви-Строссом было перенесено и на системы мифов и ритуалов первобытных обществ.

Судьба Леви-Стросса необычна. Первые его научные публикации были известны только узкому кругу этнографов-американистов. Но после выхода в свет в 1956 г. «Структурной антропологии» к ее автору (почти пятидесятилетнему) быстро приходит мировая слава, которая растет с каждой новой его книгой. Его имя становится популярным не только среди ученых разных гуманитарных специальностей, но и в мире искусства. Среди уже многочисленных книг, ему посвященных, та, что принадлежит перу известного английского этнографа-востоковеда Э. Лича¹, вышла в серии «Властители дум современности»: в заголовках книг этой серии имя Леви-Стросса стоит рядом с именами Че Гевары, Камю, Фрейда, Хомского. Редко увидишь номер американского или английского этнографического журнала, в котором не было бы полемической статьи о Леви-Строссе. Недавнее избрание во Французскую академию послужило знаком окончательного его признания на родине. Много статей и целых книг, частично или полностью посвященных критическому анализу его работ с точки зрения философии, исторической психологии, фольклористики, литературоведения, появилось в последние годы и в нашей пе-

чати вместе с переводами отдельных его статей (в том числе и двух глав из «Структурной антропологии»). Не повторяя здесь всего уже сказанного в этих критических разборах, следует остановиться на основных этапах многообразного научного творчества Леви-Стросса с целью оценить его значение для осуществляющегося в настоящее время взаимодействия гуманитарных наук с естественными.

Начало пути Леви-Стросса достаточно подробно известно благодаря его автобиографической книге «Печальные тропики» и многочисленным его интервью. Он родился в 1908 г. в Бельгии в семье художника и провел детство во Франции, в Версале. Для позднейших занятий Леви-Стросса мифом едва ли не определяющую роль сыграло его музыкальное образование: воспитанный на Вагнере, он позднее откроет в нем предшественника структурного изучения мифов. Первый том своего большого труда по мифологии американских индейцев Леви-Стросс построил по образцу музыкального сочинения. Музыка для него остается, как видно из работы о структуре мифов, опубликованной в русском переводе в журнале «Вопросы философии»², примером несложной композиции, по своему духу сходной с мифом.

Ранние научные интересы Леви-Стросса были определены геологией, в которой он впервые ощутил взаимосвязь пространства со временем, столь занимавшую его позднее в науках о человеке. Благодаря юношеским занятиям геологией он по-своему воспринял и психоанализ, который в 20-е и 30-е годы приковывал к себе внимание во Франции. В методе Фрейда, стремившегося воссоздать психическую историю личности, он увидел прежде всего подобие тому, как геолог обнажает хронологические пласты пород. Вместе с тем психоанализ, который его поколение открывало для себя одновременно с сюрреализмом, он стремился постичь как расширение области мыслимого. Леви-Строссу важно не только то, что открытые Фрейдом структуры относятся к области бессознательного, но прежде всего то, что они поддаются анализу научной мысли. Позднее Леви-Стросс обратился к рациональному изучению других бессознательных структур (таких, как миф, системы ри-

¹ Léach E. Lévi-Strauss («Modern Masters»). L., 1970.

² Леви-Стросс К. Структура мифов.— «Вопросы философии», 1970, № 7.

туалов и «установок», предопределяющих поведение члена общества), которые, по его убеждению, составляют предмет этнологии.

Теория бессознательного, более широкого, чем та область, которая занимала Фрейда, давно интересовала специалистов в области таких знаковых систем, как язык. Еще создатель Казанской лингвистической школы Бодуэн де Куртэнэ говорил о бессознательном характере языковых явлений. Точно так же крупнейший американский лингвист Э. Сепир считал, что язык войдет в область рассмотрения науки о бессознательном — в более широком смысле, чем у Фрейда.

Одним из создателей новой науки о бессознательных знаковых системах можно считать Леви-Стросса. Его понимание открытий Фрейда отличалось прежде всего вниманием к тем значениям, которые скрыты под бессознательными символами — точно так же, как позднее в бессознательных структурах мифа он будет стремиться найти те значения, которые существенны для всего коллектива.

Семнадцать лет Леви-Стросс увлекается сочинениями К. Маркса. Как он пишет в «Печальной тропиках», это увлечение никогда не ослабевало и он нередко перечитывал «18 брюмера Луи Бонапарта» и «К критике политической экономии» перед тем, как приступить к собственной работе.

Первые годы научной и преподавательской деятельности Леви-Стросса определялись его интересами в области философии и социологии. К этнологии он пришел позднее. Когда он жил в Бразилии и был профессором социологии в университете Сан-Пауло, перед ним открылись возможности этнографического исследования индейцев Бразилии. В 1934—1939 гг. Леви-Стросс совершил несколько поездок к индейцам кадуэо и бороро и организовал большую экспедицию, результаты которой изложены в его работах об индейцах намбиквара и тупи-кавиhib. Знакомство с жизнью индейцев укрепило Леви-Стросса в тех убеждениях, которые роднят его с Руссо, к чьим трудам он постоянно возвращается, видя в нем предшественника современной этнологии. Как и Руссо, Леви-Стросс склонен очень высоко оценивать «дикаря» — естественного человека, живущего в единстве с природой. Многие решения основных вопросов человеческого бытия, найденные в «первобытных» обществах, Леви-Стросс предпочитает более сложным (и по сути неверным), которые, как он полагает, связаны

с современной западной цивилизацией. Те человеческие общества, которые существовали после неолитической революции, Леви-Строссу представляются во многих отношениях более совершенными, чем последующие (в том числе современные западноевропейские), обычно связываемые с культурными достижениями. Некоторые из этих достижений Леви-Стросс ставит под сомнение. Во многих своих работах он, например, излагает гипотезу, по которой письменность может появиться только в иерархических обществах, где одна часть населения вынуждена обслуживать другую, причем письменность часто применяется именно в целях обслуживания власти имущих.

В своей этнологической критике современного западноевропейского общества Леви-Стросс, конечно же, не одинок. Однако для него характерно не просто отталкивание от многих сторон окружающей действительности, но и попытка понять ее через сравнение с обществами, которые он изучает как этнолог. Например, описывая взаимные дарения в первобытных обществах, при которых гости и хозяева обязательно должны обмениваться дарами, Леви-Стросс сопоставляет их с обменом рождественскими подарками, в котором участвуют все слои населения современного цивилизованного общества США (достаточно вспомнить такой популярный пример описания этого обмена, как «Дары волхвов» О'Генри). Тот же метод Леви-Стросс позднее применит и к некоторым явлениям повседневной жизни во Франции, когда, например, взаимное угощение вином он объяснит общетеологическими закономерностями взаимного дарения. В связи с этим Леви-Стросс формулирует общий принцип, весьма близкий к работам Л. С. Выготского о развитии высших психических функций³. В повседневном поведении современного человека Выготский обнаруживал такие явления (как счет на пальцах, завязывание узелка на память, принятие решения с помощью гадания, например путем раскладывания пасьянса), которые восходят к глубокой древности и могут считаться «психологическими окаменелостями» — рудиментарными функциями, объяснимыми лишь с помощью исследования культурно-психологического развития.

³ Выготский Л. С. Развитие высших психических функций. М., 1960.



Охотники за попугаями. [Все рисунки в этом и следующей статье взяты из книги К. Леви-Стросса «О мифологии».]

В позднейших работах Леви-Стросса, таких как «Мысль дикаря» (1962), особенно отчетливо видна тенденция установить те общечеловеческие черты, которые оказываются общими для первобытной преднаучной классификации явлений природы и для современной науки — при всех их отличиях, главное из которых, по Леви-Строссу, состоит в том, что первобытная наука не отходит еще от наглядно чувственных представлений о мире; можно заметить, что и дальнейшее развитие науки идет по пути все большего отхода от непосредственного чувственного опыта: А. Эйнштейн в этом видел особенность новейшей физики, в том же состоит и отличие метода самого Леви-Стросса от метода ученых, ему предшествовавших.

В первые годы своих занятий этнографией и этнологией Леви-Стросс внимательно изучает сочинения классиков американской этнологии — Р. Лоуи, А. Кребера, Ф. Боаса. Во время пребывания в США (1941—1947) очень существенной для него оказывается встреча с одним из создателей современной структурной лингвистики Р. Якобсоном. То новое, что Леви-Стросс внес в свою науку, было в большой степени связано с усвоением достижений языковедов. К тому времени окончательно утвердились основные принципы Пражской фонологической школы, показавшей, насколько эффективным является рассмотрение языка как целостной системы. Сходные идеи вдохновляют Леви-Стросса, когда он начинает создавать новую науку — структурную антропологию. В тех статьях, которые вошли в книгу под этим названием и в которых обсуждается сходство методов лингвистики и антропологии, можно выделить два круга вопросов. Один связан с предполагаемыми Леви-Строссом прямыми аналогиями между языком (в частности, его фонологической системой) и теми структурами (в частности, системами родства), которые изучаются этнологией. Эти прямые аналогии представляются весьма спорными.

Гораздо более плодотворными были идеи Леви-Стросса, касающиеся взаимоотношения между наукой об обмене словесными сообщениями и наукой, занимающейся другими типами обменов в обществе (в частности, обменом взаимными услугами, материальными ценностями или символическими дарениями и т. п.). В книге об элементарных структурах родства Леви-Стросс строит общую теорию брачных обменов как результат обмена женщинами между социальными группами⁴. Значимость этой идеи для понимания ранней предистории человечества подтверждена открытиями последних лет, установившими, что из всех приматов подобный тип обменов есть только у шимпанзе, которые и в других отношениях ближе всего к человеку.

Но размер обмена генофондом, происходящего благодаря обмену самками между группами шимпанзе, держится примерно на том же уровне, что и размеры обмена генофондом между другими

⁴ Lévi-Strauss C. Les structures élémentaires de la parenté. 2 ed. P., 1967.

сообществами приматов⁵. Этот факт существен для обсуждения модели антропогенеза, недавно выдвинутой английским этнологом Фоком, предположившим, что сети взаимных браков создали новый тип обменов генами между группами. Если гипотеза Фока представляет собой попытку чисто биологического развития идей Леви-Стросса, то более глубокий опыт «социобиологического» подхода предпринял в новой своей книге известный приматолог В. Рейнолдс⁶. Он полагает, что предпосылки для создания системы родственных связей были уже у антропоидов, но только человеческое общество характеризуется созданием целой модели брачно-родственных отношений и соответствующих обозначений. Следует подчеркнуть, что все эти исследования проблемы очеловечивания, проводимые в последние годы, опираются прежде всего на труды Леви-Стросса.

Леви-Строссу и Якобсону принадлежит идея, согласно которой человека отличают многоуровневые («многоэтажные») структуры, надстроенные над тем уровнем, который у него оказывается общим с приматами: только человек использует орудия для изготовления орудия, хотя использование орудий в других целях оказалось широко распространенным у шимпанзе на воле; только человек элементарные сигналы (их число приблизительно одинаково не только у человека и приматов, но и у других высших позвоночных) превращает в знаки высших уровней (в слова из фонем), и запрет инцеста (ограничения, наложенные на брачные обмены) использует для создания простейших социальных структур.

Концепция этнологии как науки, исследующей разные виды обменов в человеческом обществе, позволила точнее определить как взаимоотношения между разными видами этнологических дисциплин, так и их связь с другими науками, исследующими обмены сообщениями, в том числе словесными, — семиотикой и лингвистикой. По мере развития науки о системах знаков — семиотике — в ней на первый план выдвигается исследование целостного сообщения — текста, что подтверждает закономерность сближения се-

миотики и этнологии. В дальнейших своих исследованиях Леви-Стросс склоняется к тому, чтобы рассматривать всю этнологию как часть семиотики. Предтечей такого подхода может считаться выдающийся русский мыслитель Г. Г. Шпет, много занимавшийся философией языка и одним из первых подробно обсуждавший роль семиотики для гуманитарных наук⁷. Шпет в своих трудах 1916—1926 гг. наметил контуры этнической психологии — особой науки о таких знаковых системах, как язык, мифы, обычаи⁸. Эта точка зрения, соответствующая всему направлению работы Московского лингвистического кружка, председателем которого был Шпет, по существу, на несколько десятилетий опережала те идеи, которые потом были сформулированы Леви-Строссом и благодаря его работам нашли широкое признание.

40-е годы были временем, когда особенно интенсивным стало взаимодействие гуманитарных наук с науками естественными и с математикой. В этом процессе, в который с каждым годом вовлекаются новые области гуманитарного знания, Леви-Строссу принадлежит видная роль. Работая над диссертацией об «Элементарных системах родства», впервые опубликованной в 1949 г., Леви-Стросс привлек к изучению этого круга вопросов известного математика А. Вейля. Последнему принадлежит специальный математический раздел диссертации Леви-Стросса, в котором впервые построена формальная теория правил бракосочетания в обществах типа некоторых австралийских племен. Математические модели правил бракосочетания в таких обществах с тех пор стали предметом многочисленных математических и этнологических работ, где была продемонстрирована эффективность применения математического языка для описания подобных явлений⁹. Достоинством первого успешного опыта такой работы, осуществленного совместно Леви-Строссом и Вейлем, было то, что Леви-Стросс стре-

⁷ Шпет Г. Г. Этюды о внутренней форме слова. Т. II. М., 1922.

⁸ Шпет Г. Г. Введение в этническую психологию. М., 1927.

⁹ Уайт Х. Модели систем родства с предписанным браком. — В сб.: Математические методы в социальных науках. М., 1973, с. 138—152. См. также популярное изложение в кн.: Кемени Дж., Снелл Дж., Томпсон Дж. Введение в конечную математику. Пер. с англ. М., 1963 (гл. VI).

⁵ Wilson E. Sociobiology. A new synthesis. Cambridge, Mass., 1975, p. 539, 553.

⁶ Reynolds V. The Biology of Human Action. Reading and Saint-Francisco, 1976.

мился работать с учетом всей предшествующей этнологической традиции, восходящей к Л. Г. Моргану, памяти которого он посвятил свой труд. Вместе с тем Вейлю удалось найти круг идей дискретной математики, который соответствовал этнологическому подходу Леви-Стросса, а именно теорию групп.

Мысли Леви-Стросса о сотрудничестве этнологии с математикой, высказанные им в период, непосредственно следовавший за его совместной работой с Вейлем, соответствуют общим тенденциям развития контактов между этими двумя науками. Его предложения о возможности применения машин для исследования мифов развиты в целой серии работ Маранда и других ученых. Сам Леви-Стросс позднее участвовал в очень существенном опыте, показавшем значимость использования математических моделей и ЭВМ в этнологии. Программа, составленная с учетом его идей, позволила рассчитать астрономическое многообразие возможностей, которое открывается при переходе от элементарных структур родства к более сложным (типа омаха-кроу, наиболее известным примером которых в Европе может служить древнеримская).

В качестве основного отличия между системами типа омаха-кроу и элементарными системами родства (обычно с 4 основными делениями общества — на две дуальные половины и «полуполовины» внутри них) Леви-Стросс выделяет то, что в системах омаха-кроу вводится запрет на брак с женщиной (мужчиной), входящих в группу, из которой какой-либо предок когда-либо (в пределах числа поколений, определяемого величиной d — памятью коллектива, при $d > 4$) брал себе супругу или супругу. В системах омаха-кроу возможности оказываются исключительно большими, что и удалось показать с помощью машинного эксперимента.

Оказалось, что в этих системах при 30 кланах и 2 запретах возможно 297 423 855 типов браков, а все возможные брачные связи определяются путем исключения тех линий, которые прежде участвовали в браках. Поэтому в памяти коллектива должны храниться сведения о ранее заключавшихся браках.

Помимо исключительного интереса, который расчеты на ЭВМ представляют для общей теории систем родства, полученные результаты имеют и более общее значение: на этом примере удается отчетливо увидеть и даже математически точно определить, где лежит граница между

теми обществами, которые Леви-Стросс называет «холодными», и обществами «горячими». Холодные общества лишены внутренней динамики, в них нет истории как таковой (хотя они и окружены историей, «вставлены» в ход исторического процесса). В горячих же обществах история внутри них самих.

Мыслью, объединяющей идеи Леви-Стросса относительно характера будущего взаимодействия этнологии с математикой и высказывания о возможностях математизации лингвистики, сделанные в те же годы такими учеными, как Якобсон, было утверждение прежде всего значимости структур, которая не всегда предполагает необходимость статистических оценок. Применительно к теории информации, значение которой для этнологии подчеркивал Леви-Стросс, это было в дальнейшем особенно отчетливо обнаружено при развитии теоретико-информационного подхода к языку и стиху. Занимаясь приложением теории информации к лингвистике и поэтике, А. Н. Колмогоров пришел к нестатистической формулировке принципов теории информации: энтропия $H(x/y)$ понимается как минимальная длина l такой программы P , которая позволяет построить индивидуальный объект x по заранее заданному объекту y ¹⁰:

$$H(x/y) = \min l(P).$$

Крупный математик Рене Том, автор ряда получивших широкую известность исследований в области математических моделей морфогенеза, в нескольких статьях последнего времени подчеркивает принципиальную значимость структурной антропологии и структурной лингвистики как наук, где на первый план выдвинуто понятие структуры (в этом смысле он сопоставляет их с химией) в противоположность большинству других наук, в которых так или иначе преобладает количественный подход. Поэтому Том называет структурную лингвистику «модельной» наукой. Одним из первых это модельное значение лингвистики понял и распространил на свой предмет Леви-Стросс, в чем и состоит значение его исследований для математизации гуманитарного знания.

Существенной чертой, усвоенной Леви-Строссом в период его плодотворных

¹⁰ Колмогоров А. Н. К логическим основам теории информации и теории вероятностей. — «Проблемы передачи информации», 1969, т. V, вып. 3.

контактов с математиками, было последовательное разделение формальных моделей и их содержательной интерпретации. Едва ли не наиболее полное выражение этот подход нашел в определении двух типов структуры поселений — концентрической и радиальной. Леви-Стросс обнаружил, что у многих племен наблюдается кажущееся противоречие в описании структуры поселения: членами одной половины племени она описывается как радиальная (разделенная пополам между половинами), членами другой половины — как концентрическая (причем жилища одной половины вписаны в круг жилищ другой половины). Оригинальные наблюдения самого Леви-Стросса над структурой поселений бороро в Бразилии сопоставлены им с аналогичными данными относительно племени виннебаго в США и некоторых племен Индонезии, что дало основания для построения четкой формальной модели: оказалось, что одна из половин, в свою очередь, делится на две половины, так что вся система может описываться и как двоичная (с радиальной структурой поселения), и как троичная (с концентрической структурой поселений). Два описания не противоречат друг другу, а дополнительные по отношению друг к другу. Можно не сомневаться в том, что именно на этом пути открываются обнадеживающие перспективы перед учеными, занимающимися той возникающей на наших глазах областью науки, которую можно было бы назвать геометрией социальных пространств, включающей не только пространственные модели человеческих обществ (от изучаемых археологией и этнологией до современных сверхгородов-мегаполисов), но и соответствующие биологические модели (например, муравейников, термитников). Проблемы геометрии мозга, исследовавшиеся нашими математиками еще на первых этапах развития у нас кибернетики, связаны с тем же вопросом концентрической структуры, который на этнологическом материале изучался Леви-Строссом.

Содержательная интерпретация Леви-Строссом некоторых формальных моделей дискуссионна. Так, например, Леви-Стросс сомневается в реальности дуальной организации племен, когда каждая из половин племени (внутри которой закреплены браки) представляет собой отдельную социальную единицу. Это представление, однако, поколеблено многочисленными этнологическими исследованиями последнего времени. Одним из наиболее нагляд-

ных примеров могут быть работы профессора А. Ортиса — индейца племени тева (подразделение пуэбло). Ортис, основываясь на глубоком внутреннем знакомстве с жизнью, обычаями и верованиями племени, отстаивает реальность дуальной организации, споря с Леви-Строссом. В том же селении пуэбло Сан-Хуан, которое описывает Ортис, в начале 60-х годов побывал ученик Леви-Стросса Л. Себаг. Он рассказывает, что на вопрос, как устроено это селение, один из индейцев отвечал, что в нем «нет никаких кланов, но у нас есть люди Зимы и люди Лета». Аналогичные свидетельства четкого выделения именно двух половин в ряде обществ заставляет усомниться в правомерности скептического подхода Леви-Стросса (как и многих других современных этнологов) к этому понятию. Этот скептицизм не помешал, однако, Леви-Строссу дать ценные формальные схемы структур поселений в обществах этого типа. Именно возможность построения таких моделей, ценность которых сохраняется при возможности различия их содержательных интерпретаций, и отличает современные научные дисциплины, пользующиеся математическим аппаратом.

Леви-Стросс одним из первых оценил значение созданной Дж. фон Нейманом теории игр для всех социальных наук. Дальнейшие исследования показали, что не только теория игр в классическом смысле (изучающая игры с нулевой суммой для двух игроков, т. е. при равенстве числа выигрышей числу проигрышей; при этом не ставится вопрос о неизвестности стратегии одного игрока другому), но и примыкающие к ней более новые математические модели (в частности, теория игр автоматов, намеченная покойным М. Л. Цетлиным в его работах 1960—1966 гг.¹¹) могут иметь очень большое значение для социальных наук. Увлекательной частной задачей, связанной с этой общей проблемой, является изучение характера игр в обществах, исследуемых этнологами. Один из замечательных фактов, относящихся к решению этой задачи, обсуждается Леви-Строссом при разборе соотношения между игрой и обрядом в «Мысли дикаря»¹²: на Новой Гвинее туземцами усвоены такие

¹¹ Цетлин М. Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М., 1969.

¹² Lévi-Strauss C. La pensée sauvage. P., 1962.

европейские игры, как футбол, но в них внесено важное исправление. Туземцы не прекращают игры до тех пор, пока счет у обеих сторон не сравняется, т. е. проигравшим всегда дается возможность полностью отыграться. Это означает, что более сложный тип игры сводится к тому типу игр двух игроков с нулевой суммой (с числом проигрышей, равным числу выигрышей), математическая теория которого и была построена Нейманом. Из того, как формулирует эту особенность игр на Новой Гвинее Леви-Стросс, вытекает, что игра здесь стала ритуалом.

Важной стороной работ Леви-Стросса было его стремление установить связь между психологическими явлениями, занимающими его как этнолога, и соответствующими им физиологическими фактами. Последующее развитие нейропсихологии подтвердило глубину интуиции Леви-Стросса: это касается и идеи гомеостата, выдвинутой У. Кенноном еще в 1929 г.

Гомеостатическими Кеннон в своей работе, на которую опирался Леви-Стросс, назвал сервомеханизмы, служащие для регуляции функций организма со стороны нервной системы. В теории Кеннона содержались элементы кибернетической концепции деятельности организма, развитые далее в модели гомеостата известного кибернетика Р. Эшби. Работа гомеостатических сервомеханизмов детально изучена в последнее время благодаря применению методов электрической стимуляции мозга, исследованию воздействия соответствующих химических веществ, а также в связи с изучением ориентировочной реакции, которая, как было показано в серии трудов профессора Московского государственного университета Е. Н. Соколова, возникает при каждом видоизменении конфигурации стимулов (что описывается как следствие взаимодействий механизмов внутри мозга). Также заинтересовавшие Леви-Стросса идеи Кеннона о физиологическом характере реакций «агрессии и бегства» нашли дальнейшее развитие в работах таких современных нейрофизиологов, как К. Прибрам¹³, который получил эти реакции при электрической стимуляции определенных частей мозга, в частности гипоталамуса, и при удалении амигдалы¹⁴.

Леви-Строссу принадлежат часто цитируемые слова, что либо XXI век будет веком гуманитарных наук, либо его не будет. Но к этому надо добавить, что при последовательной смене «века биологии» (который идет на смену «веку физики») «веком гуманитарных наук» между сменяющимися друг друга науками должна осуществляться наразывная преемственная связь. При этом едва ли не центральной проблемой становится возможность физиологического обоснования выводов психологии и этнологии.

В 40-е и 50-е годы, в период, предшествовавший написанию «Структурной антропологии» в ее окончательной форме, Леви-Стросс, стремясь к применению структурного метода и к поискам контактов этнологии с другими науками, интенсивно занимался не только общеметодологическими проблемами, но и конкретными вопросами американистики, где сказывался тот же характерный для него целостный подход к проблеме. Разные индейские культуры Южной и Северной Америки, каждая из которых изучалась им в своей индивидуальности, он рассматривал как части единого целого. Этот вывод намечен им в статьях об американском индейском искусстве и его связях с традициями других стран тихоокеанского ареала. Догадки о реальности азиатско-американских культурных контактов становятся с каждым годом все более убедительными по мере открытия новых свидетельств таких контактов. Так, симметрично развернутые или «удвоенные» изображения, исследованные Леви-Строссом на материале американского индейского искусства и искусства сопредельных стран тихоокеанского ареала, находят точное соответствие в древнем искусстве Индии и стран Юго-Восточной Азии, испытавших индийское влияние (в этих странах такие изображения известны под названием *kala — makara — torana*). В последней книге Леви-Стросса «Путь масок» обращено внимание на исключительное сходство изображений мифологических существ с гигантскими высунутыми языками в искусстве североамериканских индейцев и в искусстве Юго-Восточной Азии¹⁵. Но едва ли не еще больший интерес представляет то, как самому Леви-Строссу удалось на огромном материале американских индейских мифов обосновать тезис об исконном

¹³ Прибрам К. Языки мозга. Пер. с англ. под. ред. А. Р. Лурия. М., 1975, с. 123, 200—226 и след.

¹⁴ Там же, с. 227 и 232.

¹⁵ Lévi-Strauss C. Le voie des masques. Genève, 1975, t. II.

культурном единстве всех индейцев Америки: сходство касается не просто отдельных мифов или мифологических мотивов, а всей системы мифологии в целом. Этот вывод является одним из основных итогов огромного четырехтомного труда по мифологии американских индейцев, которым Леви-Стросс был занят на протяжении 60-х годов.

Общее название этого труда «Mythologiques» условно передается на русский язык как «Мифологические» или «О мифологии». В первом томе его («Сырое и вареное», 1964) Леви-Стросс анализирует миф племени бороро о разорителе гнезда с орлятами. В мифе повествуется, как отец, желая избавиться от сына, посылает его залезть на дерево, где находится гнездо с орлятами. Мифологическое дерево, растущее до неба, уводит героя мифа далеко вверх. Орел (в других вариантах мифа — ягуар) дарит герою — южноамериканскому Прометею — средство для добычи огня, с которым он после разнообразных приключений возвращается в родное селение.

Из анализа вытекает, что другие мифы бороро и соседних племен могут рассматриваться как результаты преобразования того же основного мифа. При этом значение мифа определяется Леви-Строссом только в конкретном социальном контексте жизни племен. Основной миф о разорителе гнезда с орлятами в форме, совпадающей с мифом бороро, затерянных в тропических лесах Бразилии, обнаружен у тех сэлэшских индейских племен, которые расположены в столь же труднодоступных скалистых областях Северной Америки. Здесь можно видеть проявление общего принципа, по которому наиболее древние формы сохраняются пережиточно на периферийных островах всего ареала. Поэтому можно согласиться с гипотезой Леви-Стросса, предположившего, что древнейшие мифы из тех, которые входят в установленную им систему отношений, должны были распространяться по Америке по мере ее заселения индейцами. Как предположил автор этой статьи (с гипотезой которого в переписке согласился Леви-Стросс), косвенным подтверждением идеи Леви-Стросса может служить и то, что аналогичный миф обнаруживается в Западной Сибири у кетов (а также и у обских угров-хантов).

Отчетливее всего лингвистическая ориентированность Леви-Стросса сказывается в самом начале II тома этого капитального труда — «Мед и пепел» (1966), где



Окуривание пчел. Копия рисунка из книги «Об охоте» Оппиана, выполненная в 1554 г.

основное противопоставление (табак — мед), давшее название всему тому, выводится из данных языка. При этом Леви-Стросс опирается сперва на данные своего родного языка — французского, где с табаком связывается представление о чем-то дурном (как в русском: дело — табак), а с медом — о чем-то хорошем (как в русском: твоими бы устами да мед пить). От этих данных современного европейского языка, в которых Леви-Стросс усматривает проявление некоторой общей тенденции, он легко переходит к американским мифам, причем Южная Америка (в отличие от Северной, где мед почти вышел из употребления, и от Европы, где табак появился недавно) оказывается особенно удачной областью для исследования этого противопоставления, оба члена которого — и мед и табак — представлены в ней с давних времен.

В третьем томе «Происхождение застойной учтивости» (1968) и в четвертом томе «Нагой человек» (1971) Леви-Стросс показывает успешность метода исследований преобразований мифов, при которых из уже известных мифов по определенным схемам могут быть выведены другие.

Установленное Леви-Строссом единство американской индейской мифологии находит неожиданную параллель в гипотезе, которую в последние годы выдвигает Э. Мэйтсон и другие американские лингвисты. Дело в том, что все языки американских индейцев удалось свести к нескольким основным большим семьям («макросемьям»). По Мэйтсон, все эти семьи, в свою очередь, оказываются между собой генетически родственными. Эта гипотеза, как и некоторые другие подобные идеи о древнейшем родстве больших языковых семей в Евразии, Океании и Австралии, встречает пока что сдержанное отношение иных лингвистов по той же причине, по которой еще не все разделяют мысли об исходной общности мифологии американских индейцев. Обоснование таких выводов, относящихся к древнейшим эпохам, требует преодоления робости многих ученых, боящихся (если воспользоваться словами В. М. Иллича-Свитыча из стихотворного эпиграфа к его посмертно изданному «Словарю ностратических языков») «перейти вброд реку времени». Замечательно, что проникнуть в столь далеко от нас отстоящие хронологические толщи Леви-Строссу (который осуществил тем самым идеал своих юношеских занятий геологическим временем) удалось благодаря тому методу, который иные его критики склонны были противопоставлять историческому.

Основные принципы структурного исследования мифов детально обсуждаются Леви-Строссом в последней части четвертого тома его капитального труда («Нагой человек»). Он подчеркивает сходство применяемого им метода, позволяющего установить, как при всех преобразованиях сохраняются некоторые основные структуры мифа, с методом морфологии Гете и тех крупнейших биологов XX в., в частности д'Арси Томпсона, которые следовали Гете. Главным в этом методе было выявление некоторых основных инвариантов (в частности, некоторых структурных схем биологических организмов или их общего облика), сохраняющихся при всех преобразованиях. На эти же идеи Гете еще в 20-х годах опирался

В. Я. Пропп в своей пионерской работе о морфологии волшебной сказки (1928)¹⁶. Познакомившись тридцать лет спустя с английским переводом книги Проппа, Леви-Стросс был поражен сходством некоторых основных положений с идеями своей собственной работы о структуре мифа. Но это сходство идей Проппа и направления развития современной этнологии оказывается еще более далеко идущим: подобно Проппу, который предлагает истолковать обнаруженную им структуру сказки как отражение обряда инициации, аналогичное объяснение в терминах ритуала принимает известный этнолог В. Тернер для бразильских мифов о происхождении огня от ягуара¹⁷, изученных Леви-Строссом.

Леви-Стросс — один из тех современных этнологов, которые стремятся отчетливо сформулировать трудности, возникающие при интерпретации изучаемых этнологией семиотических структур в конкретном социальном контексте. Настаивая на необходимости такой интерпретации и подчеркивая роль социальной практики, Леви-Стросс в то же время исследует те промежуточные этапы, которые необходимы при переходе от социального контекста к соответствующей семиотической структуре. Этот вопрос был изучен Леви-Строссом в его небольшой книге о тотемизме¹⁸, где тотемизм рассматривается как один из видов символической классификации. Леви-Стросс сближается здесь с традицией французской социологической и этнологической школы Э. Дюркгейма и М. Мосса, которые стремились выявить различные виды классификации символов, используемых в «первобытных» обществах. Заслугой Леви-Стросса было то, что использование животных, растений и других предметов как тотемов (священных знаков племени) он связал с исследованием символической классификации в целом или того языка (знаковой системы), которым пользуется первобытное общество.

Глубину проникновения Леви-Стросса в характер жизни исследуемых им первобытных обществ можно пояснить

¹⁶ Пропп В. Я. Морфология волшебной сказки. Изд. 2-е. М., 1969.

¹⁷ Turner V. The Ritual Process. Chicago, 1969.

¹⁸ Lévi-Strauss C. Le totémisme aujourd'hui, P., 1962.



Античные сисстры [внизу] и американские бубенцы [вверху], используемые в ритуалах.

на примере последней его книги «Путь масок».

В ней Леви-Стросс подробно разбирает мифы североамериканских индейцев о происхождении природной меди и в ходе своего анализа приходит к выводу, ему самому кажущемуся парадоксальным: мифы говорят о том, что медь (в мифах уподобляемая солнцу) бросали в костер, а это, казалось бы, противоречит общепринятому мнению, что в доколумбовой Америке медь не умели плавить. Но выяснено, что именно те североамериканские индейские племена, чьи мифы о меди изучал Леви-Стросс, владели техникой горячейковки меди: ее на время погружали в костер, в потом остужали, чтобы придать ей крепость. Эта техника и отразилась в мифах, проанализированных Леви-Строссом.

Хотя (или благодаря тому что) большие научные заслуги Леви-Стросса и его исключительная научная одаренность (чтобы не сказать гениальность) могут считаться общепризнанными, многие работы, ему посвященные, в особенности в английской и американской специальной научной литературе, остро полемичны и чаще содержат в целом негативную оценку, если не всех его исследований, то во всяком случае последнего четырехтомного труда по мифологии американских индейцев и примыкающего к нему нового сборника статей по структурной антропологии. Леви-Стросс во многих ответных статьях тщательно разбирает и опровергает многие критические возражения. Представляется необходимым кратко суммировать те основные доводы, которые выдвигаются против него за последние годы.

Американские этнологи постоянно подчеркивают, что его основная позиция отлична от той, которая является общепринятой в американской культурной антропологии¹⁹. Последняя переживает период, отчасти сходный с тем, который уже был пройден и изжит американской дескриптивной лингвистикой; в центре ее внимания находятся процедуры описания и эмпирически проверяемые описания этнологических фактов. Сами эти описания часто идут по пути, близкому к тому, который наметил Леви-Стросс; это относится к та-

ким первоклассным американским этнологам, как африканист Т. Бейдельман. С точки зрения конкретных этнологических результатов впоследствии едва ли легко будет доказать, что Бейдельман и Леви-Стросс относились к разным этнологическим течениям. Против Леви-Стросса выдвигаются обвинения в «ментализме» (в психологичности и ориентации на определенную идеологию), которые в 40-е годы приходились на долю лингвистов, не соглашавшихся с исключением понятия значения из сферы языковедческих исследований. Нередко к этим обвинениям, которые автоматически будут сняты в 70-е годы, когда этнология вступает на путь исследования значений, уже ставший основным для лингвистики, присоединяется и другое: ориентация Леви-Стросса на Маркса. С влиянием Маркса и Гегеля английский этнолог Э. Лич — автор популярной книги о Леви-Строссе — и некоторые другие английские этнологи, выпустившие в 1967 г. специальный сборник критических статей о Леви-Строссе²⁰, связывают и стремление Леви-Стросса к описанию этнологических явлений в терминах диалектических противопоставлений. Этнологи, отрицающие правомерность такого описания, склонны приписать его воздействию структурной лингвистики, в частности Якобсона, который сходным образом строит описания фонологических (а отчасти и грамматических) систем.

Но возражения против описания в терминах бинарных (двоичных) противопоставлений чаще всего выдвигаются не специалистами в области конкретного этнологического описания определенных обществ, а теоретиками — этнологами или философами. В практике этнографической или культурно-исторической работы подобные противопоставления встречаются так часто, что их фиксируют в своих сочинениях этнографы, далекие от влияния Леви-Стросса. В качестве одного из наиболее наглядных примеров можно привести описания сибирских шаманских бубнов в исследовании искусства народов Сибири ленинградского этнографа С. В. Иванова²¹. Эти бубны состоят из двух половин: верхней — светлой, солнечной, дневной, красной и нижней — темной, лунной,

¹⁹ См. специальную антологию статей о Леви-Строссе: Claude Lévi-Strauss. The Anthropologist as a Hero ed. by E. N. Hayes, T. Hayes. Cambridge, 1971.

²⁰ The structural Study of Myth and Totemism. Ed. by E. Leach. L., 1967.

²¹ Иванов С. В. Искусство народов Сибири XIX — начала XX вв. Л., 1954.

ночной, черной. То же самое можно сказать и о древнекитайской картине мира, основанной на противопоставлении двух начал — солнечного, мужского, «правого» (янь) и лунного, женского, «левого» (инь)²². Не случайно описавший ее в 1934 г. М. Гране оказался едва ли не более последовательным бинаристом, чем Леви-Стросс в 1964 г. Поэтому сомнения в целесообразности и оправданности бинарных описаний основаны не на реальных этнографических фактах, а на том, что сложные описания бывают гораздо «понятнее» (только в силу их привычности), чем простые схемы, реально лежащие в основе архаических картин мира.

Если, таким образом, упреки в схематизме и бинаризме, как и в ориентации на исследование значений («ментализм»), едва ли можно считать серьезными доводами, то гораздо серьезнее другое возражение, связанное со стилем мышления Леви-Стросса. Речь идет о его метафоризме. Подобно таким, более всего повлиявшим на него в юности мыслителям, связанным с гуманитарной традицией XIX в., как Фрейд, Леви-Стросс — не только ученый, но и поэт и композитор в науке (достаточно напомнить о письме Фрейда к его невесте, где он говорит, что в науке хочет сделать то, что ему не дается в поэзии). Это относится не только и не столько к таким рассчитанным на широкую публику сочинениям, как «Печальные тропики», где Леви-Стросс приводит образцы собственных литературных композиций и свободно перемежает ретроспективный путевой дневник и научные размышления лирическими описаниями. В гораздо большей степени это относится к большим специальным книгам Леви-Стросса, в особенности к последнему четырехтомному труду по мифологии, где самый характер изложения и внешнее оформление книги, начиная с изысканного подбора иллюстраций, настраивает читателя на восприятие произведения одновременно и научного и художественного.

Хотя такой синкретический мифопоэтический текст сам по себе может быть очень ценным явлением культуры и эмоционально воздействует на читателя, специалисты в этнологии как таковой вправе

задавать себе вопрос, в какой степени этот тип изложения способствует ясному пониманию проблемы. Непроверимость некоторых выводов книг Леви-Стросса, на которую сетуют многие его критики, связана с характером изложения, где даже термины, заимствованные из словаря точных наук, приобретают несвойственную им многозначность. Эта черта отчасти объединяет Леви-Стросса в последний период его творчества с тем сложным культурным явлением, которое получило название французского структурализма. Это явление принадлежит не столько науке (хотя к структуралистам в широком смысле относят и математиков школы Бурбаки), сколько гораздо более широкой литературной и культурной жизни Франции; структуралистские журналы во Франции часто используют научные термины (и даже математикообразную символику) скорее как орнамент.

Полностью объединять с такими авторами Леви-Стросса, под несомненным влиянием которого возник в 60-е годы французский структурализм, было бы неправильно; сам Леви-Стросс в своих интервью очень сдержанно отзываясь о многих явлениях, в широком смысле относимых к структурализму (в частности, литературоведческому). Если отвлечься от условной журналистской терминологии, к которой стал относиться и термин «структуралист», утративший свой первоначальный научный смысл, то внутри современной французской антропологии Леви-Строссу скорее надо было бы отвести место рядом с двумя другими крупнейшими учеными-историком материальной культуры и первобытного искусства А. Леруа-Гураном, недавно нарисовавшим широкую картину развития семиотических систем в антропогенезе (1965), и лингвистом и историком техники А. Одрикурром (начинавшим как ботаник — он был учеником Н. И. Вавилова); для этих трех ученых характерно внимание к экологии человека, среду обитания которого они детально изучают. Не случайно в своем труде о мифологии индейцев Леви-Стросс с точностью зоолога описывает весь «бестиарий» — зверинец, состоящий из животных — мифологических персонажей. Показательно, что именно соотношение этнологии и экологии стало темой последней программной статьи Леви-Стросса, который во всех своих работах исследует взаимосвязь природы и культуры; в культуре (в частности, в культуре индейцев) его больше всего занимает то, что связывает ее с природой.

²² См. об этой теории в связи с некоторыми выводами новейшей физики: Гарднер У. Этот правый, левый мир. Пер. с англ. М., 1966.

Миф, ритуал и генетика

К. Леви-Стросс



Клод Леви-Стросс, французский этнолог и социолог, руководитель кафедры социальной антропологии в Коллеже де Франс, член Французской академии. Основные работы посвящены проблемам структурализма и первобытного мышления. Разработал принципы структурной антропологии; создал теорию первобытного мышления, которую применил к изучению семантических структур мифов американских индейцев. Автор многих книг, в том числе: *Anthropologie structurale*. P., 1958; *La pensée sauvage*. P., 1962; *Mythologiques*. V. 1—4. P., 1964—1971.

Прежде всего стоит обратить внимание на крайний схематизм мифологической мысли со всей ее сложностью. Мифологическая мысль по сути своей — мысль преобразующая. Каждый миф, едва родившись, модифицируется рассказчиком — внутри родовой группы или при передаче от народа к народу. Одни элементы в нем исчезают, другие появляются, эпизоды меняются местами, а искривившаяся структура проходит через целый ряд состояний, последовательные изменения которых сохраняют тем не менее свойства целой группы. Число таких трансформаций — по крайней мере теоретически — может быть неограниченным, хотя — мы знаем это — мифы тоже умирают¹. В таких случаях где-то внутри самих мифов, не отрицая принципов структурного анализа, можно найти зародыш его будущего разрушения². Однако даже с чисто теоретической точки зрения, из понятия трансформации, которое к тому же рассматри-

вается абстрактно, еще нельзя вывести принципа, будто число состояний в группе необходимо конечно. Ведь топологическая фигура поддается столь малым деформациям, что воображению даже приятно бывает их обнаружить. А между двумя предельными искажениями мысли может быть неограниченное число промежуточных состояний, которые являются составной частью одной и той же группы преобразований. На переходе от одного варианта мифа к другому всегда наблюдались различия в форме, но не в каких-нибудь незначительных позитивных или негативных приращениях, а в четко прописанных отношениях, какими являются противопоставления, инверсии или симметрии. Но этот «трансформационный» ряд еще не все: здесь должен действовать какой-то другой принцип, благодаря которому из всех возможных актуализируются только некоторые стороны мифа, а при его расшифровке открываются лишь необходимые для данного случая «оконца», общее число которых теоретически беспредельно. Это дополнительное замечание происходит из того, что рассудок,

Заключительная глава IV тома книги К. Леви-Стросса «О мифологии». Lévi-Strauss C. *Mythologiques*. V. IV. *L'Homme nu*. P., 1971, p. 603—621. Название главы дано переводчиком.

¹ Lévi-Strauss C. *Comment meurent les Mythes*. — In: *Science et Conscience de la Société*. P., 1971.

² Lévi-Strauss C. *Mythologiques*. V. III. *L'Origine des Manières de Table*. P. 1968, p. 92—106.

бессознательно работая в мифологическом материале, распоряжается мыслительными операциями какого-либо определенного типа: из боязни порвать логическую связь, которая держит мифы, и разрушить их вместо того, чтобы преобразовать — ведь в миф можно внести только дискретные изменения, дискретные в математическом смысле, который противоположен моральному смыслу слова. Суть такого дискретного изменения в том, что оно будет проявляться постоянно. Больше того, каждое прерывное изменение требует реорганизации целого; само по себе оно никогда не происходит, но всегда в соотношении с другими изменениями. В этом смысле можно сказать, что мифологический анализ симметричен и обратно пропорционален анализу статистическому: он заменяет количественную точность точностью качественной, но и та, и другая могут быть точными только потому, что в их распоряжении множество случаев, которые имеют ту же тенденцию к спонтанной организации во времени и пространстве. Все это помогает понять, почему наблюдения Дюрера, изложенные в «Альбомах рисунков человеческих тел», и наблюдения Гете в «Метаморфозах растений», продолженные, обобщенные д'Арси Вентвортом Томпсоном, который придал им научный характер, и поныне сохраняют свое значение. Английский биолог показал, что при изменении параметров пространственных координат через ряд непрерывных последовательных переходов можно было перейти от одной формы жизни к другой и с помощью алгебраической функции вывести все чувственные контуры (если не сказать — неповторимые конфигурации и стиль), которые с первого взгляда позволяют отличить один вид листьев, цветов, раковин, костей или даже целых животных от другого, если только они принадлежат к одному и тому же ботаническому или зоологическому классу.

Это верно. Но на ум, естественно, приходит возражение, что нынешние специфические или родовые различия вряд ли являются следствием таких — столь идеально проведенных! — сечений в потенциальном континууме. Хотя такое возражение и противоречит тому, что говорят о себе сами мифы³, но зато оно прямо

связано с дискретностью генетического кода, который, как и язык, действует с помощью комбинаций и контрастных особенностей малого числа элементов. Д'Арси Вентворт Томпсон прекрасно видел это очевидное, принцип которого предчувствовался если и не во времена Гете (хотя не Руссо ли определил ботанику как науку «о сочетаниях и взаимосвязях?»), то по крайней мере во времена самого Томпсона, когда он писал: «Хотя все наши классификации носят математический, физический или биологический характер, сам по себе «принцип дискретности» (прерывности) от них неотделим; и всегда «конечная бесконечность» возможных форм может быть еще больше ограничена и при дополнительных условиях вызвать другие прерывности, т. е. изменение параметров целыми пучками, или, как говорят физики, квантами»⁴.

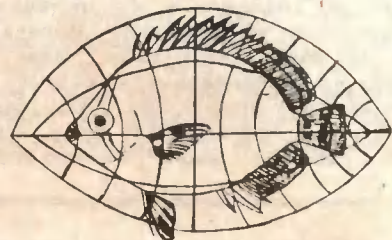
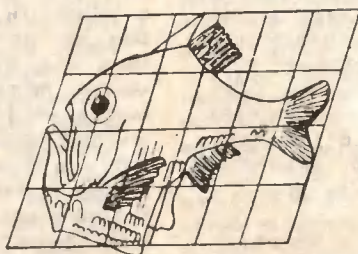
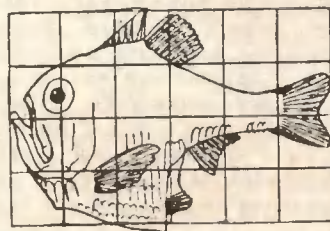
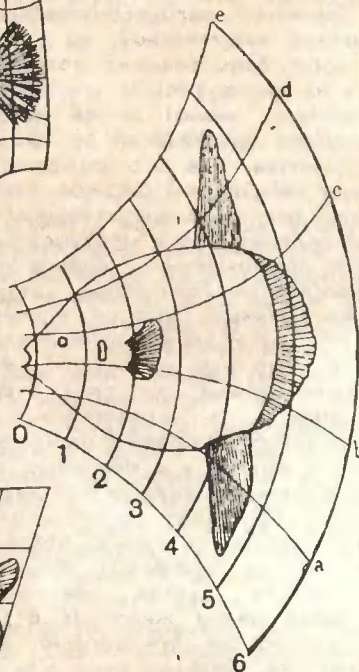
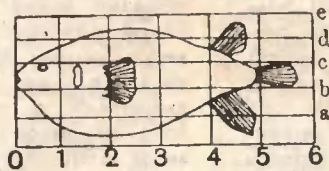
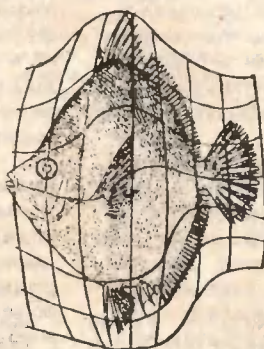
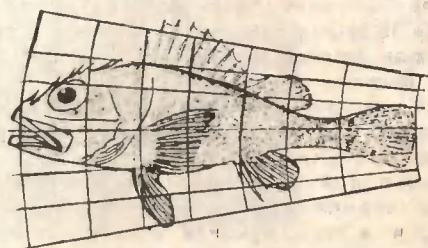
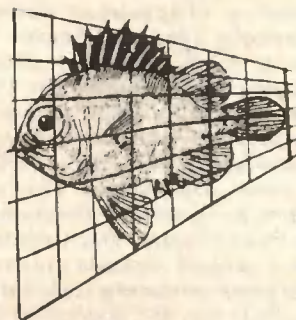
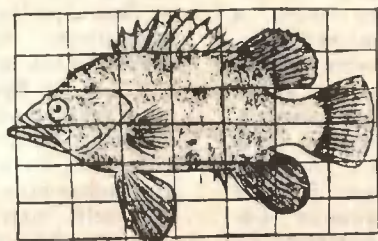
С открытием генетического кода оказалось, что под теоретическим обобщением «принципа дискретности», необходимого для ограничения безграничной гаммы возможного и в творениях природы, и в конструкциях разума, лежит объективная истина. Ведь только в мире мифа, как это видно из туземных сказаний⁵, может существовать такое разнообразие видов живого, что, несмотря на явное различие между ними, они стали неразличимы. И если мифы — в том, что касается их непосредственно — могут смириться с требованием прерывности, то лишь потому, что вернув чувственному миру собственность, которая некогда им принадлежала, но об объективной основе которой эти мифы не подозревали, сами они не делали ничего другого, кроме того, что обобщали процессы рождения мысли, процессы, срывающие покровы с мысли, когда она осуществляется. Причем эти процессы всюду одни и те же, потому что мысль и мир, охватывающий мысль и сам охватываемый мыслью, суть два соотносимые явления одной и той же действительности.

Но мысль никогда не находится в прямом отношении к чувственному миру. Между ними на уровне явлений — если придерживаться именно этого аспекта —

⁴ Thompson D'Arcy W. On Growth and Form. V. 2. Cambridge, 1952, p. 1094.

⁵ В мифах индейцев разных племен об овладении огнем насчитывается бесконечное множество видов разных птиц, зверей, рыб. См.: Lévi-Strauss C. Mythologiques. V. IV. L'Homme nu, p. 417—421.

³ Lévi-Strauss C. Mythologiques. V. I. Le Cru et le Cuit. P. 1964, p. 58—63, 286—287, 325—326.



Зоологические трансформации по д'Арси В. Томпсону. Слева направо и сверху вниз: полиприон (*Poliprion*), бычеглаз (*Pseudopriacanthus altus*), скорпена (*Scorpaena* sp.), антигония (*Antigonia capros*), двузуб, или еж-рыба (*Diodon*), луна-рыба (*Orthogoriscus*), рыба-топорик с треугольной спинной лопастью (*Argyropelecus Olfersii*), рыба-топорик с шиповатым спинным плавником (*Sternoptix Diaphana*), рыба-попугай (*Scarus* sp.), помакант (*Pomacanthus*). Предполагается, по Томпсону, что формы всех этих видов рыб образовались путем изменения параметров одной рыбы — двузуба, или еж-рыбы.

совершаются аналитические процессы, предваряющие церебральную (мозговую) деятельность и начинающиеся в сетчатке глаза. Речь об этом впереди, но уже сейчас стоит подчеркнуть, что глаз не просто фотографирует видимые предметы, он также кодирует и отношения между ними. Глаз передает в мозг не просто фигуративные образы, но и систему бинарных оппозиций — между покоем и движением, цветом и бесцветностью, между движениями, противоположными друг другу, между разными типами форм и т. д. Получив такую скромную информацию, глаз или мозг реконструируют предмет в целом, хотя, собственно говоря, в целом они его никогда и не воспринимали. Это, конечно, верно, особенно если приглядеться к некоторым позвоночным, у которых нет коры головного мозга, например к лягушке. Но то же самое можно заметить и у кошки или у приматов, у которых аналитическая функция главным образом связана с корой, а клетки мозга берут на себя только те операции, истинное средоточие которых в каком-либо чувственном органе.

Иначе говоря, чувственная деятельность тоже имеет интеллектуальный аспект, и внешние данные геологического, ботанического, зоологического порядка и т. д. интуитивно никогда не замыкаются на самих себе, но оформляются в виде текста, выработанного совместным действием органов чувств и рассудка. Эта выработка производится одновременно в двух различных направлениях: в направлении последовательного членения синтагмы (основной мысли) и в направлении возрастающего обобщения парадигмы. Первое из них можно было бы назвать метонимическим⁶. В нем каждая относи-

тельная целостность делится на части, на которые можно разбить это целое. Каждую такую часть нужно воспринимать как относительную целостность подчиненного ряда, с которой ведется та же работа по расчленению. Таким образом, любая пара первоначальной оппозиции рождает вторичные пары, затем третичные и т. д. до тех пор, пока анализ не наткнется на бесконечно малые оппозиции, которых так много в ритуальных речах. Другая линия, которая является собственно линией мифа, подчеркивает именно метафорический жанр; она сводит индивидуальное в парадигму и одновременно расширяет и сужает конкретные данные, заставляя их один за другим преодолевать прерывистые пороги, отделяющие эмпирический ряд от символического, затем от мнимого и, наконец, от схематизма.

Постоянное применение ритуала с использованием невербальных (несловесных) средств выражения, таких как жесты и материальные символы, соответствует все увеличивающемуся напряжению, по мере того как мысль продвигается по упомянутому — перпендикулярным — направлениям, удаляясь от их общего начала, поддерживая между ними связи по диагонали. Почти повсюду мифы — основатели ритуалов — подчеркивают такую необходимость удержать, ухватить и соединить различные импульсы. Чтобы появился ритуал, нужно, чтобы какой-нибудь смертный отрекся от ясных и четких разграничений вещей, свойственных данной культуре и обществу, дабы, смешавшись с животными и уподобившись им, вернуться к естеству, к состоянию, которое характеризуется половым промискуитетом (смешением) и отсутствием степеней родства. Такая ненормальность, которая в целом противоречит практике, тотчас же порождает правила в пользу этого «избранника» для создания его близкого окружения⁷. Это — изнанка того бесконечного и безысходного дорожного полотна, по краям которого изощряется ритуал.

Итак, в то время как миф решительно поворачивается спиной к непрерывности, желая перекроить и нарушить ми-

⁶ Метонимия — замена одного слова или понятия другим, имеющим причинную связь с первым.

⁷ Boas F. Folk Tales of Salishan and Sahaptin Tribes. — *Mémoires of the American Folk-Lore Society*, II, 1917, p. 40—43; Teit J. A. *Mythologie of the Thompson Indians. — Mémoires of the American Museum of Natural History*, 12, Leiden — N. Y., 1912, p. 259.

ровой порядок посредством различий, контрастов и оппозиций, ритуал исходит из обратного. Начавшись с дискретных единиц, которые волей-неволей были включены в него в результате предварительного познания действительности, он стремится к непрерывности, пытается слиться с нею, хотя изначальный разрыв, произведенный мифологической мыслью, не дает никакой возможности для того, чтобы эта работа хоть когда-нибудь завершилась. В этом и его сила, и его слабость. Это объясняет также, почему в ритуале всегда есть какая-то отчаянно высокая струна. Но отсюда же — в отместку — и функция магии, которую можно было бы назвать «сенаторской» (подобием «высшей» палаты по отношению к «низшей» — мифу) — игра, усложненная в своем иррационализме — в противоположность мифологической мысли, но, однако же, необходимая, потому что во всякое дело она вносит элемент замедленности, рефлексии, паузы и промешутки. Она, таким образом, смягчает даже войну (и не потому ли люди, которых неудачи и опустошенность смогли хоть чему-нибудь научить, никогда не отказывались от ритуальных действий).

В противовес отсталому натурализму, ритуал не является стихийной реакцией на сущее: наоборот, он — выворотка этого сущего, и состояния тревоги, например, которые его порождают или которые он порождает, не отражают прямого отношения человека к миру. Скорее наоборот: это задняя мысль, рожденная страхом, что человек, начав с концептуального, схематического видения мира, как непосредственной данности бессознательного, не сможет нащупать пути к прошедшему жизненному опыту. Когда Тернер писал, что религиозные обряды «создают и актуализируют категории, с помощью которых человек воспринимает действительность, аксиомы, принадлежащие социальной структуре, и моральные или естественные законы»⁸, он был не так уж неправ — в том смысле, что обычай прямо ссылается на эти категории, законы или аксиомы. Но обычай не творит их. Скорее его используют, если и не для отречения от этих законов, то по крайней мере для того, чтобы хоть на время сгладить различия и оппозиции, уста-

новленные ими, поскольку в этих различиях и оппозициях усматриваются всевозможные двусмысленности, компромиссы и подстановки. Мне самому удалось показать, что такой ритуал, как жертвоприношение, находится в столь же диаметральной противоположности тотемизму, как и вся система мышления, хотя и тот, и другая имеют дело с одним и тем же эмпирическим объектом: с животными или растениями. Но в одном случае они обречены на безусловное материальное уничтожение или на употребление в пищу, а в другом — возвышены до духовного созерцания, из чего следует, что употребление их в пищу либо запрещается, либо разными способами ограничивается⁹.

Не во всех ритуальных случаях (имеются в виду всевозможные комические случаи, загадки, острословия. — С. Н.) состояние аффекта является изначально данным. Ибо человек не чувствует, не может чувствовать тревоги перед какими-то, неизвестно где случившимися ситуациями (кроме случая, когда эта ситуация физиологического происхождения и соответствует внутреннему, органическому расстройству). Если вернуться к вопросу о том, что есть ритуал, то, например, тревога — частый спутник его — зависит совсем от другого порядка, который является не экзистенциальным, а, можно сказать, эпистемологическим. Тревога эта держится на страхе, что «выдирки», которые производит из реального бытия дискретная мысль — ради того, чтобы создать концепцию бытия, — не позволят более воссоздать, как то было показано выше, непрерывность жизни. Эта тревога далека от того, чтобы идти от жизни к мысли, как думали функционалисты. Она идет как раз от противного. И следствием ее является то, что все мыслимое, просто потому, что оно мыслимо, постоянно увеличивает пропасть между разумом и жизнью. Ритуал не есть реакция на жизнь. Он есть реакция на то, что из жизни сделала мысль. Он не соответствует непосредственно ни миру, ни опыту мира; он соответствует лишь тому образу, в котором человек мыслит мир. То, что ритуал в конце концов пытается превозмочь, не есть сопротивление, которое оказывает человеку мир, но есть сопротивление,

⁸ Turner V. W. *The Drums of Affliction: A Study of Religious Processes Among the Ndembu of Zambia*. Oxford, 1968, p. 7.

⁹ Lévi-Strauss C. *La Pensée sauvage*. P., 1962, p. 294—302.

которое оказывает человеку его собственная мысль...

Таким образом, состояния аффекта нельзя игнорировать. Надо лишь найти для них точное место, положение, или — что то же самое — единственное место, где их возможно понять. Однако возникают они не прежде, чем мысль охватит мир, а, напротив, позже. Они зависят от этого охвата. Их появление отмечено именно тем мигом, когда рассудок зафиксировал антиномию, свойственную человеческому существованию, зафиксировал две неизменные взаимозависимости: жить и мыслить.

Состояния, сравнимые с тревогой, наблюдаются и у животных. А из внутреннего опыта известно, что в нас самих при этих состояниях появляется что-то от животных, да в такой степени, что ничто другое, кроме тревоги, не могло бы лучше согласовывать в нас специфически человеческую сущность с опытом нашей от роду животной природы.

А символическая функция¹⁰ — не является ли она, по сути только человеческой? Животная этология и личностный смысл — одна извне, другой изнутри — разбивают подобные «интеллектуалистские» интерпретации. Но разве не может это двойное свидетельство — и этологии, и личности, напротив, поддержать их?

Итак, вполне можно себе представить, что животные живут в контрастных состояниях, позволяющих им безо всякого перехода скакать от полного блаженства, когда «расслаблены все подруги», до внезапных приступов тревоги, вызванных шумом, запахом или каким-либо предметом. Причем, по наблюдениям, произойти это может ежесекундно, когда напрягаются все нервы и мышцы для прыжка или полета. И не потому ли у животных гораздо большая диспропорция между мощными и эффективными физическими средствами, чем у человека. Да и символическая функция у них, если и не отсутствует вполне, то, по меньшей мере, недоразвита, и потому их часто постигают тяжкие неудачи, особенно если вспомнить те трудности, с которыми животные постоянно сталки-

ваются на воле и которые вполне соразмерны с тем, что мы сами можем претерпеть, когда, ночуя в пустом доме, любой внезапный треск принимаем за нападение бандитов.

Но иногда одни и те же обстоятельства вызывают у животных быструю реакцию, а у человека — глобальное состояние торможения. В какую-нибудь долю секунды нас может затопить поток нелепых случайностей, рождающих любые фантастические представления; мы вынуждены быстро обдумать все возможные средства защиты, чтобы на пороге сознания, крайне возбужденного спешкой и одновременно парализованного сложностью навалившихся на него проблем и слишком малым временем, которое в его распоряжении, произвести единственно возможный синтез всех этих элементов.

Это не интерпретация «ложной тревоги». Это определение ритуала, которое в ходу у зоологов, а часто и этнологов, и которое применяется для характеристики стереотипов поведения многочисленных животных семейств в различных ситуациях, таких как спаривание или встреча с животными того же семейства и того же пола. Любое такое поведение со всей его сложностью, тщательностью и иератизмом (освященностью) подводится под понятие «ритуального действия».

Однако — несмотря на кажущуюся очевидность — именно эти признаки являются противоположностью ритуала, так как они свидетельствуют, что такое поведение складывается из заранее собранных, инертных и до такой степени скрытых механизмов, что даже стимуляция определенного типа поведения включается и выключается автоматически.

Верно, что «для эффекта» ритуализация такого рода «должна заострить свою идею и свести ее к прерывному коду»¹¹. Но сам термин «ритуализация» здесь непригоден, так как у человека, у которого заимствован этот термин, ритуал выполняет как раз противоположную функцию, заключающуюся в том, чтобы реконструировать непрерывность с помощью практических действий, представляя умоглядную прерывность лишь точкой отсчета. А между дискретностью рассудочного действия и дискретностью любого

¹⁰ К. Леви-Стросс принимает предложенное Н. Бором и Р. Якобсоном разделение наук на естественные, исследующие символы предметов, и гуманитарные, исследующие символы символов предметов. Наличие последних (т. е. символическая функция) в развитой степени отличает человека от животных.

¹¹ Bronowski J. Human and Animal Languages.— In: To Honor Roman Jakobson. La Haye, 1967, p. 377.

инстинктивного поведения есть разница. Она заключается в богатстве первого и бедности второго, потому что сложные умственные операции, которые производит рассудок, у животных имеют своим прототипом лишь сложность реального поведения, «записанного» в организме, но отнюдь не воспроизведенного рассудком в форме идей.

Конечно же, нет ничего противозаконного в попытке объяснить что-либо в человеке вообще, руководствуясь наблюдениями за млекопитающими, насекомыми или птицами. В самом деле, разрыв между животными и человеком таков, что все многочисленные различия между людьми ничтожны. Зато, исходя из этих же рассуждений, совершенно невозможно объяснить дифференциальные различия между группами людей, например, между так называемыми первобытными людьми и цивилизованными или между многочисленными обществами, называемыми примитивными, сравнивая при этом обычай той или иной группы с родовым или специфическим поведением животных. Если же искать почву, на которой сравнение правдоподобно и которую я за неимением лучшего термина назвал бы «состоянием души», одинаково свойственным и людям, и животным, то идти надо в другом направлении.

Человек давно уже водит автомобиль. Чтобы управлять этой добавочной мощностью, в его распоряжении нервная система, слушающая команды более слабого по своим возможностям тела. Здесь-то и обнаруживается та самая диспропорция, наблюдаемая и у животного, между символической функцией, способности которой к синтезу значительно сокращаются, если принять во внимание проблемы, которые должна решать эта функция, и огромными физическими средствами, введенными в действие для того, чтобы выполнить эти команды.

Так, например, человек на большой скорости едет по свободной трассе. Ничто особо не привлекает его внимания. Он витает в облаках и о чем-то грезит, он положился на автоматизм движений, свойственный ему как опытному водителю, который не контролируется сознанием, поскольку эти движения — его вторая натура. Но вот неожиданно его слух коснулся какой-то звук, исходящий от небрежно брошенного и забытого на сиденье предмета, звук, необычный в мерном гуденье мотора и несовместимый с привычной вибрацией кузова: тотчас же внимание его

обостряется, мышцы сжимаются, весь организм охватывает странное напряжение от смутного страха, что за какую-то долю секунды могла произойти катастрофа. За этот короткий промежуток времени он дал все возможные объяснения, мобилизовал все средства, память, требуя от нее совершенного выполнения своих функций. Наконец, следствие увязано с причиной, и весь инцидент сводится к той малости, с которой начался. Ничего, конечно, не произошло. И однако же на миг нервная система, созданная по параметрам обычного тела, должна была помериться силами с риском, неотделимым от громадного увеличения мощи, которую придал этому телу мотор. Газеты иногда пишут, что за рулем автомобиля человек становится сродни дикому зверю. Понятно, что в некотором смысле, не столько моральном, сколько в интеллектуальном, машина, созданная человеческим хитроумием, парадоксальным образом сблизжает человека с животным хотя бы потому, что гораздо более высокие, чем у животного, символические функции человека сводятся к минимуму — волею искусственного тела, физические возможности которого превышают физические возможности естественного тела человека. Такая ситуация не имеет ничего общего с ритуалом, смысл которого обедняется и схематизируется — он становится прерывным (прерывным) и дает ответ на «все или ничего».

Но на этом сходство и кончается. На равной дистанции от ритуала животное бездумно творит свои мифы, а человек их обдумывает. И универсальность двоичного кода проявляется только в той точке, где родились оба эти — потом разошедшиеся — направления: в коде, сведенном к простейшему выражению, т. е. к элементарной альтернативе «да» или «нет». У животного эта альтернатива, данная толчком извне, действует как двигатель или тормоз последовательных предуганных действий; у человека, наоборот, «все или ничего» отмечает лишь нижний предел, где концентрируются или уничтожаются — в результате явного бездействия организма — все источники комбинаторной игры, в которой главным является рассудок и которая сама по себе представляет — в форме мифов — идеи, не менее фантастические, чем сладчайшее пение райских птичек во время спаривания.

Против этой концепции мыслительной способности (или рассудка), ведущей

автономную деятельность, которая зависит прежде всего от нее самой, восстают все, кому кажется, что добрые намерения могут заменить поиски истины, и кто во спасение того, что они называют свободой, стихией, творчеством субъекта, не колеблясь, заключает союзы против природы. Такое направление современной лингвистики вместе с некоторыми другими течениями, философская и методологическая ориентация которых находится, однако, в оппозиции к упомянутому направлению, после анализа языка, удачно выполненного их предшественниками, конечно, хотя и решает новую проблему, поставленную синтезом слова, но далее все равно идет по пути детерминизма. Здесь бесполезно воскрешать собственно лингвистические дебаты, в результате которых произошла смена ориентиров. Я же чувствую себя тем менее затронутым ими, что с 1945 г.¹² занимался социальными исследованиями и изучал правила трансформаций, не помышляя вступать в какие бы то ни было объяснения со структурной лингвистикой. Некоторые провозглашают ее устаревшей, не давая себе отчета в том, что она уже заняла свое естественное и объективное положение с момента открытия и расшифровки генетического кода — этого универсального языка, которым пользуются все формы жизни от микроорганизмов до высших млекопитающих, не исключая и растений, и в котором можно углыть абсолютный прототип лингвистики, причем членораздельный язык ее на другом уровне отражает самую модель. Например, вначале — это набор дискретных единиц, химических оснований или фонем, которые сами по себе еще лишены смысла, но — поразному скомбинированные в целостности высшего ряда (в слово или в триплеты нуклеотидов) — уже точно передают какой-нибудь один смысл или являют собою какую-нибудь определенную химическую субстанцию. Слова в языке или триплеты в генетическом коде, в свою очередь, слагаются во «фразы», которые проявляются в молекулярной формуле ДНК, ответственной за наследственность. Эта формула отражает к тому же и дифференциальный

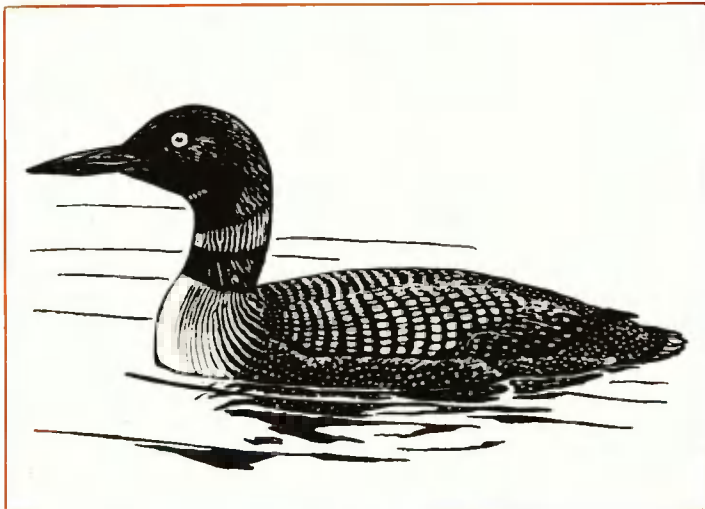
смысл, определяющий необходимое количество протеина данного типа. Природа, уже много миллиардов лет находившаяся в поисках модели, как видно, не колебалась, заимствуя ее у гуманитарных наук: она избрала модель, с которой у нас связаны имена Трубецкого и Якобсона¹³.

Сами по себе дискуссии о технике исследования плодотворны. Всекие же другие дискуссии есть чрезмерная эксплуатация сил, которую позволяют себе некоторые философы, наивно полагая, что лингвисты, переместив внимание с языкового кода на процесс высказывания, используют этот процесс как цоколь и водружают на него статую, которую их предшественники, святотатствуя, несколько расшатывали, — статую свободного субъекта, творца. Философы будто вообразили, что способ любви освобождает людей от генетического кода. Но если бы кода этого не было, то и они ничего бы не сделали. И только потому, что он существует, у них есть возможность, хотя и ограниченная, вводить его в действие с некоторыми вариациями, независимыми от их воли и сознания. Любой язык потенциально существует в каждом высказывании, как все геномы потенциально предсуществуют в каждом индивиде, которые, соединяясь случайно или по сродству душ, рождают других индивидов.

Когда лингвисты подчеркивают, что язык, даже сведенный к законченному (совершенному) своду правил, рождает бесконечную речь, то они формулируют эту тезу с чисто операционной точки зрения — хотя и приблизительно, но вполне закономерно. Богатство словесных комбинаций таково, что на практике кажется, будто эта относительная формула имеет абсолютную ценность. И отнюдь не верно, когда философы пытаются вывести из этого метода метафизические заключения. На деле совершенный свод правил может породить только совершенную речь, если пустить при этом в ход совершенный словарь, чтобы сложить фразы, длина которых строго не ограничена, но которые, по крайней мере в разговорном языке,

¹² Речь идет о возражениях создателя трансформационной грамматики Н. Хомского против классической (таксономической) структурной лингвистики. Леви-Стросс указывает на то, что сам он рано занялся именно исследованием трансформаций, опираясь при этом на опыт структурной лингвистики. См.: Levi-Strauss C. *Anthropologie structurale*. P., 1958, ch. II, XIII.

¹³ Николай Сергеевич Трубецкой (1890—1938), лингвист, в 1915 г. был профессором Московского университета, с 1922 г. — профессор Венского университета; Роман Осипович Якобсон (р. 1896) — лингвист, профессор Гарвардского университета, Н. С. Трубецкой и Р. О. Якобсон — основатели Пражского лингвистического кружка.



Гагара. У многих индейских племен был распространен миф о гагаре, который известен во многих вариантах. Его версия такова:

«Жили когда-то пять братьев и две сестры. Братья, кроме младшего, были женаты. Младшего же из-за его удивительной красоты отец и мать держали взаперти — они прятали его в большой корзине под землей. Каждую ночь они выпускали его оттуда, чтобы помыть, причесать и накормить и снова прятали еще до рассвета.

Старшая сестра пылала к нему нежной страстью. Он был младенцем, когда она полюбила его, и им за кого другого не хотела выходить замуж. К возмущению старшего брата, она спала возле ямы, где была спрятана корзина. Когда она узнала, что сын вождя просит ее в жены, то гневно крикнула матери: «Если хочешь, чтобы он жил в доме, сама выходи за него!» Однажды мальчик сказал родителям, что сестра открывала корзину и хотела с ним поговорить. По его просьбе его тайком отвезли на один из островков в океане и спрятали там. В поисках возлюбленного старшая сестра прошла моря и горы и нашла остров, который охраняла младшая сестра. Но та вместе с братом успела оттуда бежать в волшебной пироге, сделанной из долбленого тростника. Тогда старшую охватило безумие. Плывая вдоль берегов на огромной скорости, стоя на коленях, она всюду разжигала чудовищный пожар. Деревья ее родителей были вся в огне. Одни жители превращались в животных, другие гибли. Только младшая сестра избавилась от

беды, потому что была великой колдуньей.

Старшая подобрала сердца своих жертв и сделала из них ожерелье. Затем она поселилась на острове. А младшая осталась одна-одинешенька и неустанно следила за ней. Однажды, когда та спала, она выкрала у нее сердца и отрубил ей голову, которая тотчас же приросла к туловищу, издав при этом протяжный стон. «Кричи, сколько хочешь», — сказала младшая, бросая в нее пригоршни пепла. — Никогда ты не сможешь больше жечь людей. Отныне ты будешь жить в воде, а когда люди будут есть тебя, то скажут, что мясо твоё — дрянь, и выплюнут его».

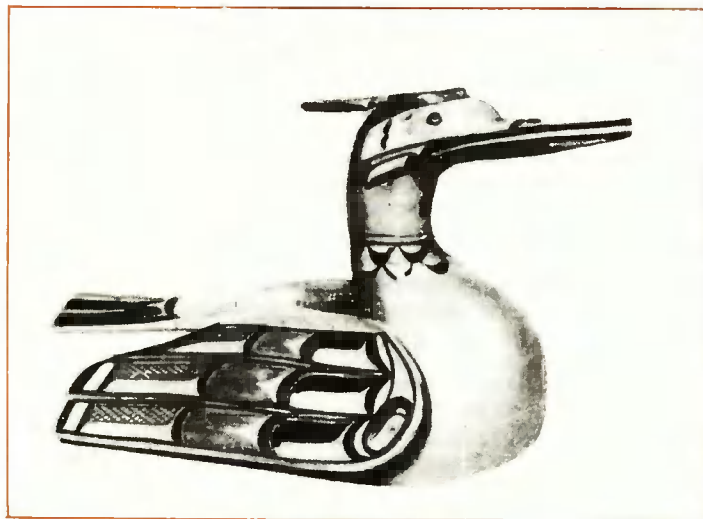
Так-то злодейка превратилась

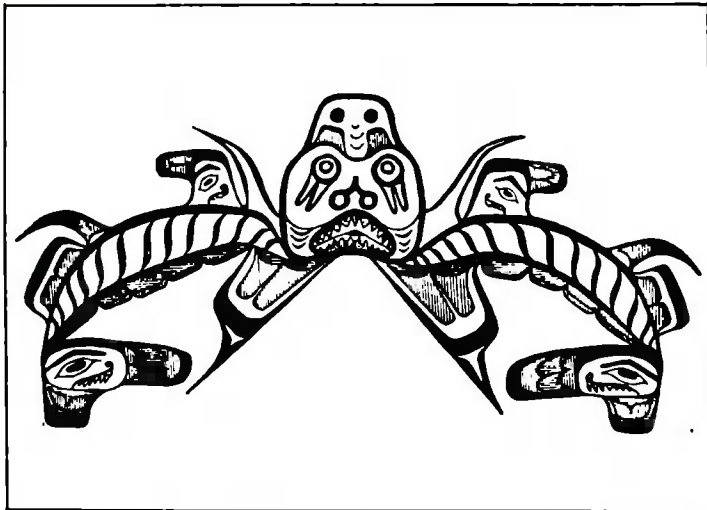
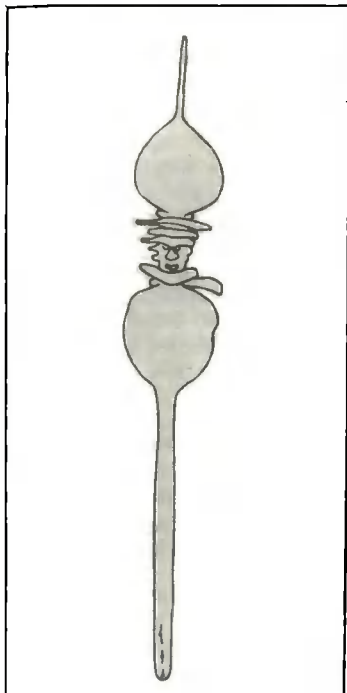
в большую морскую птицу, которая перелетела на озеро.

По волшебству младшей сестры вдруг откуда ни возьмись появились хижинки. Она собрала разбросанные человеческие кости и начала их кипятить в котелке. На закате дня все мертвые ожили и счастливо зажили в своих хижинках».

При структурном анализе этот миф выглядит так. Одну из сестер преследует кровосмесительная страсть, хотя ее экзогамный брак способствовал бы и физическому, и моральному укреплению рода. Брат, таким образом, оказывается как бы внутри рода, сестра — вне. Это первая бинарная оппозиция мифа. В других версиях мифа это «внутри» олицетворяет восток, «вне» — запад. Когда сестра отказывается от замужества, чтобы остаться в доме братьев и — по другой версии — заботиться о них, «вне» и «внутри» меняются местами, преворачиваются. Обуреваемая кровосмесительной страстью и даже каннибализмом сестра оказывается вне семьи, наказана членом семьи за деяния, не соответствующие человеческому облику, и превращена в гагару (с отметиной на шее — свидетельством отрезанной головы). Здесь вторая оппозиция мифа: огонь и вода. Причем гагара мигрирует — опять же — с запада на восток, что в символике мифа означает не просто симметрию, перевертыш, но и движение от жизни к смерти.

Индийский шлем в виде гагары.





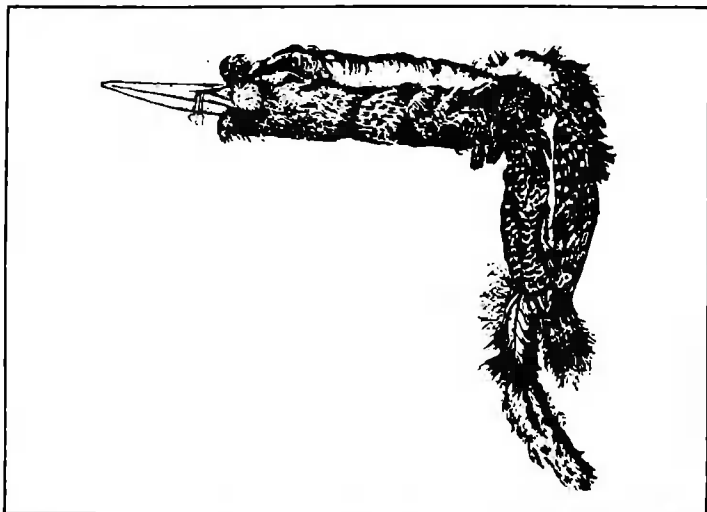
Изображения человека и гагары. Раздвоение по вертикали и горизонтали обычно в искусстве индейцев Северной Америки. Эти два типа пластического решения свидетельствуют о двух

типах перспективы, когда один и тот же объект как бы разворачивается, переворачивается или рассматривается извне или изнутри [структура: верх — низ — левое — правое].

Головной убор эскимоса, сделанный из чучела гагары. При трансформациях мифа о гагаре эта птица превратилась в символ — провозвестник смены времен. Она стала своего рода вещью птицей. Убить ее — вопреки первоначальной версии — значило бы свершить святотатство. В ритуалах используют ее скульптурные изображения. При рассмотрении вариантов мифа можно увидеть, что их трансформации представляют собой некоторые наборы структур, зависимые друг от друга, «вложенные» один в другой и сохраняющие между собой отношения гомологии. В мифах о гагаре можно выделить такие циклы [учитывая, что главная смысловая нагрузка лежит на сестринском действии]: 1) не-сестра, сестра-злодейка, сестра-защитница, супруга; 2) злодеяние, наказание злодея, преобразование злодея, освобождение от зла; 3) жизнь, птица смерти, смерть, предвестие времени. По прохождении первого цикла мысленное действие не кончается, но — как бы на новом витке спирали — переходит ко второ-

му. Леви-Стросс сравнивает этот переход с механизмом переключения скоростей на велосипеде, когда логическая цепь, подпрыгивая, сцепляется с начальным членом другой группы и т. д.

Миф, таким образом, подчиняет структуру единому замыслу, непосредственным выражением которого и становится сама эта структура.



имеют тенденцию быстро разбухать по мере того, как приближаются к допустимому пределу и преступают его. Это происходит даже при учете, что все поколения, в каждом из которых миллионы говорящих людей, никогда не исчерпывают всех возможных комбинаций.

Факт, что сложившийся (совершенный) свод правил может породить практически бесконечную серию операций, столь же интересен, как и то, что, несмотря на сложившийся генетический код, рождаются всегда разные индивиды. Переключив внимание именно на бесконечность вариантов, философы иногда делают из этого вывод, будто сам код становится вторичным. При этом они обращают внимание на относительную невозможность точно определить его последствия, особенно если учитывать, что на человека кроме генетического кода активно воздействует его же собственная мысль. Как будто для того, чтобы узнать и понять секреты человеческой конституции, менее важно, что у него есть сердце, легкие, пищевод, и нервная система! Что же касается статистических колебаний, на которые советуют иногда обратить внимание: ведь у одного человека рост 1 м 75 см, а у другого 1 м 67 см, у одного лицо округлое, а у другого удлинненное и т. д., — то это детали, свидетельствующие о том, что объяснение, каким бы интересным оно ни было, еще ждет своего часа и что биологи резонно отодвигают этот вопрос на задний план, предположив при этом, что ген ни один признак не определяет с максимальной точностью — он лишь намечает его примерные границы, внутри которых этот признак может меняться в зависимости от внешних обстоятельств.

Практически неограниченный ряд вербальных высказываний, т. е. возможных комбинаций, как и в генетике, состоит из фантастического количества элементов и правил, которые могут срабатывать. Статистика говорит нам, что две пары хромосом определяют четыре возможных генома, и что n пар хромосом соответствует потенциальной популяции из 2^n геномов, либо же, если мы имеем в виду человека, из 2^{23} геномов. Равенство всех предполагаемых качеств фиктивное. Вероятность, что родители произведут на свет двух одинаковых детей, будет порядка $(1/2^{23})^2$, т. е. один шанс на миллион миллионов. А комбинаторная способность языка еще богаче, чем комбинаторная способность наследственного материала. Понятно, что если признать эту способ-

ность теоретически конечной, то шансы повторения в обозримых пределах двух идентичных и довольно длинных высказываний фактически равны нулю, даже если при этом не принимать во внимание диалектических изменений, происходящих вне сознания и намерения людей под влиянием либо фонологических и грамматических мутаций, которые накладывают отпечаток на эволюцию языка, либо биологических мутаций и разных других случайностей, таких как скрещивание, транслокации хромосом, в свою очередь накладывающих отпечаток на эволюцию жизни. Так что спустя некоторое время не смогут появиться ни одни и те же фразы, ни одни и те же геномы, хотя бы потому, что за этот временной промежуток изменится генетическая или лингвистическая «запись».

Однако при этом понятно, почему всякие глубокие размышления об этом чисто эпистемологическом извращении, какое бы «опрокидывание» перспективы оно ни сулило, привлекают к себе философов. Забыв о первых обязанностях исследователя — выяснить, что такое человек вообще, а остальное приберечь на потом, философы поглощены главным образом тем, как бы сразу найти убежище, где спрятано «бедное сокровище» — сугубая индивидуальность каждого. Но так как нельзя делать два дела сразу, то рациональности без субъекта они предпочитают субъекта без рациональности. Но пусть даже мифы, рассмотренные сами по себе как есть, окажутся абсурдными рассказами, то все-таки должна быть какая-то тайная логика, которая управляет отношениями между всеми этими абсурдами: какая-нибудь неясная идея, которая кажется вершиной иррационализма, на деле купается в рационализме, образуя вокруг себя нечто вроде внешней среды, до тех пор пока строгая мысль — с появлением научного знания — не включит ее в себя или пока сама эта идея не станет рациональной. То, что в философии и истории называется «прогрессом сознания», соответствует именно такому процессу интериоризации рациональности, предсуществующей в двух формах. Одна из них имманентна Вселенной, без нее мысль не смогла бы воплотиться в вещи, да и вообще не была бы возможна никакая наука; другая — это заключенный в самом универсуме объективный смысл, который функционирует автономно и рационально, прежде чем субъективировать окружающую рациональность и покориться ей, чтобы затем покорить ее.

Опираясь на эти постулаты, структурализм предлагает гуманитарным наукам эпистемологическую модель такой мощности, которую с прежними не сравнить. Фактически за вещами (позади вещей) он вскрывает такое единство и такие связи, которые не получить простым описанием фактов, поднесенных, что называется, на блюде, но слишком беспорядочных, чтобы их понять. Изменив уровень наблюдения и рассмотрев по ту сторону эмпирических фактов связи, которые их соединяют, структурализм констатирует и утверждает, что эти связи более просты и менее сверхчужды, чем вещи, среди которых они устанавливаются и конечное свойство которых может так и остаться непостижимым. А если бы эти связи не были таковыми, то временная или полная их неясность препятствовала бы интерпретации фактов.

Во-вторых, структурализм снова водворяет человека в природу, и если он позволяет абстрагироваться от субъекта (личности) — этого несносного избалованного ребенка, который слишком долго занимал философскую арену и мешал серьезной работе, — то потому лишь, что недостаточно остерегался последствий, над содержанием которых, по мнению тех, кто критикует лингвистов и этнологов во имя религии, нужно еще подумать.

Структурализм рецитально телеологичен¹⁴. После долгого изгнания из научной мысли, до сих пор еще пропитанной механицизмом и эмпиризмом, он ныне окончательно восстановлен в правах и закрепился на вполне достойном уровне. Верующие, всегда критиковавшие нас во имя ценностей, святых для всякой гуманной личности, если они действительно хотят быть верными себе, должны сейчас представить другую аргументацию. Если, должны бы они сказать, конечной цели, которую постулируют все ваши выступления, нет ни в сознании, ни в субъекте, по ту сторону которого вы пытаетесь ее поместить, то где же она может быть, как не вне их? И попросили бы нас сделать из этого все выводы... Хорошо хоть они не хвастают этим, потому что у этих трусливых душ собственное я значит гораздо больше, чем их бог.

Однако нельзя больше отмахиваться

от вопроса, что же именно предшествует такому вызову, невысказанному со стороны тех, кто никогда не испытывал религиозного равения. Структурализм внимательно прислушивается к аргументам, которые с чисто логической точки зрения выдвигают математики, обнаруживая недостатки и даже противоречия в неодарвинизме, который в почете у большинства биологов¹⁵. Но даже самое благое желание — обдуманное, неторопливое, упорное, безымянное, нами же вызванное, — разобратся в факте, что мир и человек по-прежнему находятся, по осторожной терминологии Пиаже, «в постоянном становлении»¹⁶, хотя с момента их происхождения прошли миллиарды лет, не нашло бы никакого взаимопонимания с теологией.

Однако хотя структурализм не обещает никакого примирения науки с верой и еще меньше утверждает что-либо в свою пользу, все же он чувствует себя гораздо более способным, чем его предшественники — натурализм и эмпиризм, объяснить и подтвердить то значение, которое религиозное чувство имело и поныне имеет в истории человечества. Смутная интуиция, как прокладка между миром и духом, причиной и следствием, соотносит людей не с реальностью вещей, а с тем пределом, к которому стремится познание, интеллектуальные и духовные средства которого никогда не соизмерить с величиной и сущностью объектов познания. Мы не можем преодолеть эту антиномию, но вряд ли с нею будет трудно свыкнуться — ведь заставили нас астрономы свыкнуться с представлением о расширяющейся Вселенной. Так, например, вспышка — это феномен, который чувственное восприятие ухватывает за какую-нибудь долю секунды, ничего в ней не различив; она настолько быстра и сильна, что детали ускользают от нас. Эта-то вспышка может быть, по существу, тем же самым, что и космическое расширение — бесконечно замедленное по отношению к скорости нашего движения, которое на пространственно-временной шкале представляет непредставимое, и единственное, что можно сде-

¹⁵ Mourhead P. S., Kaplan M. M., ed. *Mathematical Challenges to the Neo-Darwinian Interpretation of Evolution*. Philadelphia, 1967, p. 55.

¹⁶ Piaget J. *Le structuralisme*. P., 1968, p. 58. «Неясно, в чем безрассудство мысли, что сущность действительно — быть в постоянном становлении, а не просто в постоянном увеличении всех созданных структур».

¹⁴ Lévi-Strauss C. *The Future of Kinship Studies* (Huxley Memorial Lecture 1965). — «Proceedings of the Royal Anthropological Institute for 1965». L., 1966, p. 14—15.

дать — это составить о нем абстрактное понятие. В таком случае, вероятно, не покажется столь уж неправдоподобным, что какой-либо проект, молниеносно возникший в сознании, и средства, необходимые для его воплощения в жизнь, могут быть той же самой природы — хотя и в бесконечно меньшем масштабе, — что и внезапно высеченная в сознании идея опыления, зародившаяся миллионы лет назад и постепенно — окольными и путанными путями — превратившаяся в открыстализованную мысль, и разнообразные фредства этого опыления. Опыление орхидей происходит или через прозрачные «оконца», позволяющие фильтровать свет, привлекая тем самым насекомых и направляя их к одной-единственной семенной коробочке с пыльцой; или тогда, когда насекомые, опьяненные цветочными запахами, спотыкаются, теряют равновесие и падают или скатываются, как тобогган с точным управлением, в ямку с водой; или же когда устанавливает ловушку, в которой невинное насекомое приводит в действие механизм, запирающий его на время, необходимое для контактов с пыльцой. А разве насекомое, плененное формой цветка, который являет ему обманчивый образ самки, не попытается соединиться с ней, вследствие чего растение оплодотворится? Или же маленький рычажок, расположенный таким образом, что рабочая пчела непременно толкнет его головой, — разве не выбросит при этом клейкой семенной коробочки, которую насекомое, конечно, перенесет на другой цветок...

Вряд ли можно пойти на компромисс, предложенный Сартром, который согласился признать практически инертную структуру при условии, что «вещь и без человека является материей, созданной человеком, так как несет на себе печать человека»¹⁷. Но вот он продолжает: «В природе вы не найдете тех противоречий, которые описывает лингвист. Природе свойственна полная независимость всех сторон. Конечно, материальные элементы увязаны друг с другом и воздействуют друг на друга. Но эта связь всегда внешняя. Здесь и речи нет о внутренних отношениях, подобных отношениям мужского рода с женским, нет множества, соотносимого с еди-

ничным, т. е. здесь нет системы, где существование одного элемента является условием существования всех других элементов». Такое утверждение оставляет желать лучшего. Как будто противоположность и взаимодополняемость самца и самки, позитивного и негативного, правого и левого — не объективны, что известно еще с 1957 г.¹⁸, не «вписаны» в их биологическую или физическую природу и не свидетельствуют именно о взаимозависимости сторон! В противовес той философии, которая ограничивает роль диалектики в человеческой истории и вовсе не оставляет ей места в природе, структурализм охотно допускает, что идеи, которые он формулирует в терминах психологии, могут быть только робкими приближениями к органическому и даже физическим истинам. Одно из направлений современной науки, с которым структурализм наиболее близок, утверждая интуитивизм мышления дикаря, с успехом пытается согласовать чувственное со сверхчувственным, качественное с геометрическим и делает попытку рассмотреть естественные ряды как обширное семантическое поле, «где существование одного элемента обуславливает существование всех других элементов». Не тип действительности, которую нельзя воссоздать в языке, но, как сказал поэт, «храм, где живые стены склеиваются туманные слова». А с открытием генетического кода нам стало известно, что слова эти не туманны и поток их не непрерывен.

Бинарные различия существуют не только в человеческом языке; они обнаруживаются также и в способе общения между некоторыми животными. У кузнечиков, например, простая ритмическая инверсия ($x, y/y, x$) меняет природу сообщения, которое прострекотал самец самке, склоняя ее к половому общению¹⁹. И что может быть лучшей иллюстрацией природных взаимосвязей, как не удивительно геометричная эволюция цветковых форм, начиная с триасовых отложений до третичного периода, когда свершался переход от аморфных структур к двумерной радиальной симметрии, затем к четырем или пяти общим признакам, расположенным в том же плане, потом к трехмер-

¹⁸ Речь идет об открытии в 1957 г. комбинированной четности Ли и Янгом.

¹⁹ Alexander R. D. The Evolution of Cricket Chirps. — «Natural History», 1966, v. 75, № 9.

¹⁷ Sartre J. P. «Jean-Paul Sartre répond», L'Arc, 30, Aix-en-Provence, 1966, p. 89.

ным структурам и, наконец, к двусторонней симметрии. Причем все эти изменения включают в себя одновременно и эволюцию насекомых-опылителей, непременно связанных с ботанической эволюцией²⁰ и вступающих с нею в отношения, которые, не колеблясь, можно было бы назвать диалектическими, если бы они стояли на «мыслительном» уровне.

Но в другой, более близкой человеку области, коммуникации находятся, наоборот, в состоянии враждебности, войны. Гормоны млекопитающих, например, в функции которых входит укрепление коммуникаций с клетками при некоторых физиологических процессах, вероятно, тождественны акразину, который вызывает «социальные» скопления амёб. Этот феномен может проистекать из примитивной тяги этих простейших одноклеточных к бактериям, которыми они питаются и которые выделяют ту же субстанцию. Итак, только с помощью диалектики можно сделать шаг от коммуникации как формы общения к самому общению, понятому как нижняя граница хищного инстинкта²¹. У низших организмов жизнь сообща могла явиться следствием химического начала, настолько высокого, чтобы особи могли притягиваться друг к другу, но — и это справедливо — не настолько высокого, чтобы они могли пожрать друг друга, если вождение усиливается. А моралист лишь тогда сможет сказать, соответствуют ли эти наблюдения каким либо другим, когда завершится биохимический процесс.

Когда в «Мышлении дикаря» я интерпретировал названия птиц как метафорический эквивалент имен в человеческом обществе, я не сомневался, что такого же типа отношения существуют между их и нашим мозгом²². В действительности же оказалось, что, начиная с рептилий, с которыми у них общее происхождение, эволюция мозга млекопитающих и птиц шла в различных направлениях и привела к иным последствиям. У высших млекопитающих умственные операции возлагаются на кору головного мозга, который обволакивает серое «извилистое» вещество. У птиц, наоборот, как бы в результате топо-

логического превращения те же самые операции возложены на верхний слой «извилистого» вещества, из которого состоит почти вся масса мозга и частично неразвита кора головного мозга, образуя бороздку в его верхней части²³ (простой код этих операций, однако, того же типа, что и код, «записанный» в коре). Но, хотя суть метафоры в том, чтобы по одной какой-нибудь части представить себе семантическое поле в целом, все же можно сказать, что в сфере возможных церебральных устройств мозг млекопитающих и мозг птиц представляют — каждый по-своему — метафорический образ другого.

Желание структуралистов возвести мосты между чувственным и сверхчувственным, их отвращение к любому объяснению, которое поступилось бы какой-нибудь точкой зрения ради другой, находит поддержку со стороны тех, кто — подобно д'Арси Вентворту Томпсону с его работой над Дюрером — пытался установить почтенное соответствие между сверхчувственными и абстрактными отношениями, с одной стороны, и живыми формами — с другой. Причем мы не стали бы утверждать, что различать эти формы можно как-то иначе, нежели с помощью эстетической интуиции. А она проявляется в тот миг, как мы начинаем сопоставлять друг с другом какие-либо формы одного и того же типа, в первом ряду которых человеческое лицо, — ведь именно на нем хочется видеть зримую печать личности и ее чувственных и моральных качеств. Да и какой лесник мог бы сказать, как он, собственно, издали опознает деревья? Однако достаточно какой-нибудь программы с перечислением тысячи инструкций, чтобы даже вычислительная машина (ординатор) смогла изобразить — варьируя параметры — деревья, в которых любой ботаник без труда признал бы ель, иву или дуб... Ведь качественные различия сводятся, по-видимому, к игре нескольких чисто математических сочетаний²⁴.

Стереохимическая теория сводит всю гамму неисчерпаемых и неопишуемых запахов к семи основным (эфирный, камфорный, мускусный, цветочный, мятный, едкий, гнилой), которые, по-разному соединяясь, вызывают — как и составные единицы фонемы — ощущения столь же

²⁰ Becker H. F. Flowers, Insects and Evolution.— «Natural History», 1965, v. 74, № 2.

²¹ Bonner J. T. Hormones in Social Amoebae and Mammals.— «Scientific American», 1969, v. 220, № 6.

²² Lévi-Strauss C. La Pensée sauvage, p. 270—272.

²³ Stettner L. J., Matyniak K. A. The Brain of Birds.— «Scientific American», 1968, v. 218, № 6.

²⁴ Mourhead P. S., Kaplan M. M. Op. cit., p. 55.



Гравюра, на которой изображен паргелий [ложное солнце] — свидетельство природной бинарной оппозиции.

невывразимые, сколь и знакомые, например, запах розы, гвоздики, лука или рыбы. Та же самая теория сводит чувственные восприятия к нескольким простым или сложным геометрическим формам, характеризующим пахучие молекулы, каждая из которых сразу же или немного погодя включается в чувственный рецептор, по форме похожий на ее собственный и дающий точные указания на то, как надо реагировать на тот или иной тип моле-

кул²⁵. Не все принимают эту теорию²⁶, но те ученые, которые объясняют смену восприятия сахара, когда в организме изменяется форма протеина при вступлении его в контакт с некоторыми молекулами, могли бы уточнить эту теорию или найти

²⁵ Amoore J. E., Johnston Jr., Rubin M. The Stereochemical Theory of Odor.—«Scientific American», 1964, v. 210, № 2; Grive J. Les Molécules odorantes agiraient par leur forme et leur taille.—«Science Progress—La Nature», 1963, № 3343.

²⁶ Wright R. H. Why is an Odour? — «Nature», 1966, № 5023.

некоторые нюансы ее в химии. Информация о таком геометрическом изменении передается в мозг и там претворяется в стойкое усвоенное восприятие²⁷. Пение птиц дает обратную картину. Непостижимая красота его ускользает от всяких описаний в терминах акустики, так как модуляции столь быстры и сложны, что человеческое ухо не воспринимает их или воспринимает отрывочно. Однако эту тайну удалось раскрыть, и она проявилась в осциллограммах в виде четких геометрических форм — чрезвычайно деликатных и рафинированных, — которые напоминают шедевры из слоновой кости или из другого какого-нибудь драгоценного материала.

Итак, структурный анализ, который некоторые низводят до уровня декадентской игры, в уме может возникнуть только потому, что его модель обнаруживается в теле. Выше я уже писал о том, как тщательно проведены исследования механизма визуального восприятия у разных животных — от рыбы до кошки и обезьяны. Эти исследования показывают, что каждая клетка соответствующей области мозга продолжает начатый анализ с помощью множества типов клеток ретикулярной формации и ганглиозных клеток, каждая из которых реагирует на какой-нибудь особый возбудитель: на направление движения, величину движения объекта, относительную скорость движения объекта малого размера и т. д. Следовательно, ни глаз, ни (затем) мозг не реагируют на предметы, не зависящие ни друг от друга, ни от фона, на котором они проявляются. Первоматерия, если можно так выразиться, непосредственно визуального восприятия с самого начала состоит из бинарных оппозиций простого и сложного, света и мрака, светлого на темном и темного на светлом, движения сверху вниз и снизу вверх, по прямой или по наклонной линии и т. д.²⁸ Идя по этому пути, на котором структуралисты постоянно слышат упреки в том, что путь этот чересчур «интеллектуален», структуралистская мысль восстанавливает и доводит до сознания глубокие

органические истины. Критики этого метода на собственном опыте знают то чувство полноты, которое возникает, когда его применяешь на практике, отчего кажется, что дух воистину соединяется с телом.

Из предыдущих соображений нельзя вывести какого-либо одного положения. Всего менее они претендуют на то, чтобы стать философией. И мне хочется, чтобы их приняли за то, что они есть: вольное размышление, не свободное от ошибок или неясностей — то, чему человек предается на краткий миг, когда, освободившись от одного своего дела, он еще не знает, в чем ему снова придется раствориться. Бросая последний ретроспективный взгляд на восьмилетний труд, уже предчувствуя, что он скоро от меня отстранится, я подумал, что, если бы он был работой другого, я мог бы понять и до некоторой степени оправдать недоверие, с которым он был встречен с разных сторон. Труд этот, как мне кажется, соответствует вдвойне парадоксальному характеру начинания. Если результат верен, то это значит, что никакой миф или версия мифа не тождественны другим мифам или их версиям. Каждый миф, со странным упорством повторяющий какую-нибудь мелкую деталь, разбужая без явных на то причин, фактически пытается сказать нечто совершенно обратное тому, что по этому же поводу говорит другой миф. Ни один миф не похож на другой. Однако, взятые в единстве, они по сути все вращаются вокруг одного и того же и, подобно утверждению Гете о растениях, «ведут свой хоровод к единому скрытому закону».

А вот другой парадокс. Одно сочинение, которое для меня было наполнено глубоким смыслом, для других вдруг почему-то свелось к видимости смысла, к пустой, бессодержательной его форме. Он, конечно, был включен в систему и как бы спрессовался внутри ее. Однако, поскольку этот внутренний смысл не подтверждался большим этнологическим материалом, который поставляют культуры туземцев Нового Света, его и не заметили.

Взгляд извне все же не считается. Потому нет ничего удивительного в том, что философы долго чувствовали себя вне игры: они действительно были вне ее. Значение этого труда ускользнуло от них — в отличие от семиологов и этнологов, теснее связанных с этой проблемой, из которых одни больше интересуются формой, другие — содержанием.

Я сам, по мере того как оценивал собственный труд изнутри — оттуда, где он

²⁷ Lambert J. B. The Shape of Organic Molecules.— «Scientific American», 1970, v. 222, № 1.

²⁸ Pfeiffer J. Vision in Frogs.— «Natural History», 1962, v. 71, p. 9; Hubel D. H. The Visual Cortex of the Brain.— «Scientific American», 1963, v. 209, № 5; Michael Ch. R. Retinal Processing of visual Images.— «Scientific American», 1969, v. 220, № 5.

во мне жил, или извне, куда он теперь удаляется, чтобы затеряться в моем прошлом,— понимал его лучше, чем тот я, который некогда составлял тетралогию... Сейчас вечер моей жизни. Это последний образ, оставшийся мне от мифов, и сквозь них—от самого последнего мифа, который рассказывает история—история человечества или универсума, в чьих недрах разворачивается другая история вкупе с интуицией. Вначале, как я рассказывал об этом в «Печальных тропиках», она заставляла меня в разных фазах захода солнца (я начинал следить за ним, едва в небе появлялись разноцветные краски, цвет их постепенно усложнялся до тех пор, пока ночная тьма не рассеивала их, не разрушала) искать модель фактов, позднее мною изученных, и модель проблем, которые мне еще предстояло решить в мифологии—в этом огромном, причудливом здании, ярко украшенном тысячами цветов, которые раскрываются под взглядом аналитика, медленно распускаются и закрываются, чтобы кануть в бездну, будто их и вовсе не было.

Этот образ—не образ ли самого человечества, или, по ту сторону человечества,—не образ ли всех жизненных явлений: птиц, бабочек, раковин, прочих живых тварей, растений с цветами, эволюция которых множит и разнообразит формы при условии их разрушения и при условии, чтобы к концу—природы ли, жизни, человека, к концу всех этих тонких рафинированных творений, какими являются языки, социальные институты, обычаи, художественные шедевры или мифы, когда блеснут они последними фейерверками,—ничего не осталось? Обнаружив строгое построение мифов и их объективное существование, мой анализ позволяет определить мифологический характер объектов—мира, природы, человека, который за тысячи, миллионы, миллиарды лет не делал ничего другого, кроме того, что соответствует обширной мифологической системе. Анализ позволил также развернуть все их комбинаторные возможности, прежде чем эти возможности свернутся и уничтожатся, когда себя исчерпают.

Главным противоречием, которое повлекло за собой все остальные—их много в мифах и они приведены в четырех томах,—является то противоречие, которое сформулировал Гамлет в форме довольно-таки легкой альтернативы. Ведь между «быть и не быть» он не оставил человеку выбора. Умственное напряжение, характерное для его эпохи, которое пре-

кратится только с уходом гамлетизма как явления с мировой арены, заставляет его взять на себя решение обоих этих противоречивых данностей, столкновение с которыми приводит в движение его мысль и порождает—чтобы как-то нейтрализовать это противоречие—бесконечный ряд других бинарных различий. Причем эти различия никогда не разрешают главной антиномии—они лишь воспроизводят ее заново на все более и более малых уровнях и тем самым увековечивают. В реальности бытия, которую человек ощущает в глубинах своего я, он видит причины и смысл своих ежедневных поступков, моральной и чувственной жизни, политических страстей, обязательств в отношении социального мира и мира природы, практических занятий и научных изысканий. Но в то же время ему понятна и реальность небытия, интуитивное предчувствие которого неразрывно сопровождает бытие, потому что оно возлагает на человека обязанность жить и бороться, думать и верить и особенно хранить мужество, без которого его никогда не покинет жуткая уверенность, будто его никогда не было на земле и не будет вечно; и что с его неизбежным исчезновением с лика земли, сама земля тоже обречена на гибель. Его труды, горести, радости, надежды, творческие поиски как будто и не существовали, так как ни у кого не будет сознания необходимости хранить память об этих эфемерных душевных волнениях—будет лишь праздная констатация того, что они де—от некоторых бликов мира до безучастности всего его лика—имели место, т. е. что они—ничто.

Перевод с франц. и комментарии
С. С. Неретиной

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Леви-Стросс К. СТРУКТУРА МИФОВ.—«Вопросы философии», 1970, № 7.

Леви-Стросс К. из кн.: Мифологические. Т. I. Сырое и вареное.—В сб.: Семиотика и искусствоведение. М., 1972.

Леви-Стросс К. КОЛДУН И ЕГО МАГИЯ. Отрывки из книги: Lévi-Strauss C. *Anthropologie structurale*. P., 1958. — «Природа» 1974, № 7—8.

Мелетинский Е. М. КЛОД ЛЕВИ-СТРОСС И СТРУКТУРНАЯ ТИПОЛОГИЯ МИФА.—«Вопросы философии», 1970, № 7.

Мелетинский Е. М. ПОЭТИКА МИФА. М., 1976.

Иванов В. В. РАЗВИТИЕ СЕМИОТИКИ В СССР. М., 1976.

Мир в миниатюре

С. С. Неретина

Москва

В Государственной публичной библиотеке им. М. Е. Салтыкова-Щедрина хранится рукопись под названием «Историческая библия» («La bible historique»). Ее дата — середина XIV в. Она принадлежала наваррскому королевскому дому, судя по гербу и владельческим росписям Изабеллы, Марии, Жана и Анри д'Альбре, будущего знаменитого Генриха IV. Торжественный фронтиспис. Элегантные миниатюры. Каллиграфическое готическое письмо.

Но почему сейчас, на исходе XX века, мы заинтересовались манускриптом шестивековой давности? Конечно, наши предки были разборчивы и вряд ли стали бы столь роскошно иллюстрировать малозначащие произведения. Испытание временем выдерживают, как правило, вещи, чем-то поразившие и современников, и потомков: красотой ли и изысканностью слога, отточенными мыслями. Если учесть еще, что священные книги в то время были своеобразными кладями человеческого познаний: философско-исторических, медицинских, географических, астрономических, — то естественно, что они привлекают внимание и людей нашего времени, столь искушенных в естествознании и столь нацеленных на культурное строительство.

Манускрипт иллюстрировали мастера Парижской школы, которая возникла в середине и окончательно оформилась к концу XIII в. Основной отличительный признак этой школы — изображение фигур серой краской, так называемый стиль «гризайль», на

красном, голубом или «золотом» (из полированного пластинчатого золота) фоне. «Гризайли» придавали особое изящество миниатюре, выражая стиль и атмосферу Парижа. («В дождь Париж расцветает, как серая роза», — писал о нем М. А. Волошин.) Большое количество заставок, инициалов с причудливо изогнутыми виноградными лозами, в которые вплетены сказочные и реальные животные, драконы, башенки, поющие и трубящие ангелы, шрифт, — все вместе это составляет эмоционально напряженное сопровождение текста.

Миниатюры написаны по законам обратной перспективы, где дальние и ближние предметы почти одноразмерны. Художник «дразнит» зрителя, приглашая его войти внутрь миниатюры, обещая показать прежде скрытое, невидимое, «намекая» на это скрытое пропиской удаленных предметов. Находясь же внутри изображаемого действия или пейзажа, уже не удивляешься, что дома на заднем плане большие: ведь мы рядом с ними. Но художник заставляет не только нас входить в миниатюру, но и своих персонажей «выходить» из нее. Его главные действующие лица постоянно пренебрегают границами, отведенными ему рамой, входя в пространство наблюдателя, подчеркивая условность рамы, необходимой лишь для более пристального взгляда в иное, в творение. Зритель и персонажи, по замыслу художника, находятся в постоянном взаимодействии, то и дело меняясь местами. Такое соавторство, единство реального и вымышленного, творца, творения и зрителя, изображение невообразимого отражало суть средневековой эстетики, раскрывало интеллектуальное видение мира.

Текст «Исторической библии» представляет собой

перевод на старофранцузский с латыни «Схоластической истории» Петра Коместора.

Современному читателю вряд ли о чем говорит это имя, хотя некогда «Схоластическая история» имела огромный успех у школяров на факультетах искусств и теологии. Ее списки и издания хранятся в библиотеках Парижа и Вены, Лондона и Берлина. О Петре Коместоре, как о знаменитейшем теологе, упоминают английские, французские и немецкие хроники. А Данте поместил ее автора в ряду великих людей своего времени:

Здесь Августин
и здесь Иллюминат,
Из первых
меж босыми бедняками,
Которым бог
с их верием был рад.
Гурон святого Виктора
меж нами,
И Петр Едок,
и Петр Испанский тут,
Что сквозь двенадцать книг
горит лучами...¹

Петр Едок — это и есть Петр Коместор (в переводе с латыни — «поглотитель» книг).

Родился Коместор, по видимому, в Труа в первой трети XII в., был канцлером в одной из парижских церквей, осуществлял надзор за городскими школами, предположительно, сам держал школу и для наставления школяров написал в конце 60-х — начале 70-х годов «Схоластическую (поучительную) историю». Остаток дней провел в аббатстве Сен-Виктор, где и захоронен его прах.

Текст «Исторической библии» (или «Схоластической истории») существенно отличается от текста той библии, с которой ее может сравнить

¹ Данте Алигьери. Божественная комедия. Пер. М. Лозинского. М., 1967, с. 366—367.



Guillart des Moulins. La bible hystoriale. Фронтиспис. Вверху — готический дворец с престолом Тронцы, который опирается на девять небес. Их полукружия как бы обволакивают Землю. У них есть своя иерархия: ленты с инициалами, проходящие в середине полукружий, поясняют, как персонализированы эти небеса: Ангелы, Архангелы, Начала, Силы, Крепости, Власти, Престолы, Херувимы, Серафимы [лента слева, снизу вверх]. Им соответствуют девять духовных чинов: девы, духовенство, мученики, блаженные, доктора, евангелисты, апостолы, проповедники, патриархи. Гийар де-Мулэн, переводчик «Схоластической истории», в тексте, однако, упоминает всего три неба, притом иначе «заселенных». Внизу — пасть Люцифера, вокруг, над ней, — Земля с ее житейскими бурями, неустойчивостью: корабли плывут по морским волнам. Вокруг — те же небесные полукружия с изображениями знаков: Луны, Меркурия, Венеры, Солнца, Марса, Юпитера, Сатурна и других небесных тел. Внутри инициалов расположены крошечные миниатюры: на первой из них [слева] Петр Коместор, коленопреклоненный перед девой Марией, на второй [в центре] — переписчик рукописи [часто таким образом — с пером в руке — изображали св. Иеронима], на третьей — поднесение манускрипта.

Искушение Иова. По библейской легенде, на праведника Иова, дабы проверить его приверженность, бог насыляет разные испытания, болезни, гибель детей. Иов, претерпев эти испытания, однако, свободно вопрошает бога и верных его о необходимости подобной жестокости, свидетельствуя тем самым о разладе между умственной доктриной и живой действительностью. Такое умонастроение было настолько сродни средневековому человеку, что переводчик «Схоластической истории» включил книгу Иова в ее текст, хотя из описания Коместора она выпала, как «историческая». Миниатюра делится на две части: с одной стороны дом, на который напала нечистая сила, с другой — моление Иова. Такая «разновременная одновременность» отражала также суть средневекового мировидения.



современный читатель. Отличие состоит прежде всего в том, что к тому или иному стиху священного писания здесь есть пояснения, глоссы, интерпретация, комментарии, ссылки на современную историю,

сказать, что мир сотворен из четырех элементов: воды, воздуха, огня и земли, подтвердить свои слова ссылками на Платона, Аристотеля, Эпикура, Геродота, процитировать анонимно Августина и Овидия и

ление о Средних веках сводится к тому, что мир — просто божье творение. Но это слишком крайне и жестко. Если принять эту крайность, нам пришлось бы удивляться, что церковью не обвинила Коместора в ереси, а, напротив, рекомендовала его книгу для школьного обучения. «Мир есть бог» — еще не отрицание монотеизма и не обязательно утверждение пантеизма. Эта формула означает немыслимость одного без другого (ведь бог — это чистая мысль, мир — ее воплощение), отсутствие четкой границы между одним миром и другим, границы, которую богословы принуждены делать для объяснения происхождения мира и сами же стирают, говоря, что бог — в душе.

Такая подвижность, своего рода странствие духа, свойственно всему средневековому мышлению, где образы неподвижности, как писала О. А. Доббаш-Рождественская, часто «создавались как раз по противоположности бунтующему хаосу или творческому движению бытия». Но эта коместорова немыслимость идеи без вещи позволяет уточнить понимание в Средние века плоти и духа. Эти два понятия — бренное тело и бессмертная душа — также оказываются не слишком противоположными.

Коместор различает два типа души. Одна — та, что живет только вместе с телом (любой живой твари). Сама плоть немыслима без души, принадлежности живого (anima — душа, animal — животное). Эта душа «от тела неотделима и умирает вместе с ним». Она называется «продушиной жизни, так как через нее человек дышит», или «оживляющей душой». С помощью этой души «работают» пять органов чувств, «которые с течением времени в человеке исчерпываются. Пока происходит жизненный процесс, душа чувствуется в определенной части тела, но часто это же чувство обнаруживается в другой части тела». Эта «кочующая» душа неотделима от «сформированного тела, в котором и была разлита». Поэтому само живое тело не может рассмат-



Сотворение Солнца и Луны. Эти планеты также шарообразны.

на историю Греции, Рима, Египта, Вавилона. Причем эти заметки принадлежат не только автору, но и переводчику, переписчикам, а возможно, и читателям. Все события вытиснуты в единый хронологический ряд, исключая повтор. Автору недостаточно просто записать, что вначале были небо и земля. Он должен рас-

сослаться явно на Иосифа Флавия. Причем это не воспринималось как авторская воля, так как сам автор подобных изданий и автором не считался — лишь комментатором. Считалось, что автор у «Книги бытия» один — бог, остальные лишь дополняли, разъясняли, конкретизировали уже данное. И это было нормой мышления того времени.

У Коместора мир часто является синонимом бога. В этом утверждении, казалось бы, можно усмотреть будущий пантеизм, свойственный натурфилософам XVII—XIX вв.: ведь традиционное представ-

риваться как «бросовый» материал, оно требует такой же заботы и попечения, как и душа: не случайно в западноевропейском христианстве не распространились учения об умерщвлении плоти, не было самоистязаний, бичеваний...

Сами эти души живые Коместор классифицировал по «родам и видам», бытовавшим в его время. Животные делятся на три вида: мелкий и рогатый скот, пресмыкающихся и диких зверей. Разряд пресмыкающихся, в свою очередь, делится на три вида: «волочащиеся, как черви», змееподобные и ящерицы. Особый род составляют «мелкие животные, рождающиеся обычно от трупов или падали». Такие животные подразделяются на шесть видов. Это, в основном, «крылатые»: 1. мушки, рождающиеся в вине («бибионы») или из гнили в водоемах; 2. пчелы; 3. скарабеи, рождающиеся из трупов выючных животных или лошадей; 4. мушки, появляющиеся из древесной трухи или 5. из прелой травы; 6. жуки-долгоносики — из порченных фруктов или бобов.

Все эти животные рождены с определенной целью: выючные — чтобы помогать человеку в труде; пресмыкающиеся и дикие звери — чтобы человек упражнял свою силу, ловкость и терпение, ибо эти животные созданы для опустошения земли, «для всякого вреда» и жестокости. Но наряду со своими взглядами на воспитание («пусть дивится человек на труд муравьев больше, чем на бремя верблюдов, вспоминает бренность свою и смиряется») Коместор определяет и систему питания, выстраивая определенную трофическую цепь, ибо «все сотворено так, чтобы годиться в пищу другим — в прямом и переносном смысле».

Второй тип души сродни «святому духу». Эта душа и была сотворена вне тела, именно ее вдохнул бог в человека. Но эта душа (spiritus) имеет синонимом «мысль», «смысл», «понятие», что вполне может отделиться от тела и быть бессмертным. Не случайно христианская религия, в отличие от платонизма, — не просто



Сотворение рыб и птиц.

«религия духа, но религия святого духа». Эта душа бесформенна, она чистая сущность, которая превышает формы. Форма появляется на уровне вещей или даже раньше. Освобождение от формы, по Коместору, тос-



Бог-геометр. Вселенная изображена в виде шара.



Строительство храма и сбор пожертвований на него.



Historia scholastica Petri Comestoris. Фрагмент первого листа рукописи. В медальонах, помещенных внутри минциала, изображены сцены из семи дней творения.

ку по бесформенности (по чистому бытию) испытывает человек в минуты наивысших творческих потенций, когда «хочет быть, как боги». Эта способность у миниатюристов выражена с предельной силой: их люди — как бы чистые формы: серый цвет зримо отделяет их от цветного фона, вознося ввысь.

Такое внимание к плоти и ко всему человеческому миру не могло не повлечь за собой внимания к другим естественным явлениям и к человеческому разуму, постигающему их. Изучению природы придает в образованном обществе XII—XIII вв. огромное значение. Эти века ученые не случайно называют натуралистическими. Осмысливается роль наблюдения в познании мира. Опыт в это время еще обволакивается густой пеленой мифа, воспринимается чувственно-образным методом. Само слово «опыт» употребляется в нескольких значениях. Это и синоним умудренности (*scientia*), то, что приходит с возрастом, — так понимал опыт Аристотель. Это и постижение мира «по противоположности»: лишь познав зло, постигаешь добро, из болезни узнаешь о здоровье и т. д. Но опыт (*experimentum*) — это и сознательно поставленная задача, направленная на распознавание свойств или возможности той или иной вещи. К разделу о сотворении животных переписчик рукописи делает примечание, рассказывающее о таком опыте: «В районе Буллиса (?) есть источник, полный рыбы, которая стойкой подплывала к человеку, едва тот подходил к берегу. Подплывала и оставалась в терпеливом ожидании, когда он ее покормит, как она к тому привыкла».

Комментируя главную книгу Средневековья, Коместор пытается определить свое место в системе многих народов, верований, обычаев и построить синхронную историю человечества. Этому посвящена специальная глава о подобию. Так, например, библейский Исаак родился во времена аргонавтов при царе Инахе, дочерью которого была знаменитая Ио, или — в египетском

толковании — Исида. В это же время царь Акризий, которого едва не погубил Персей — победитель Медузы-горгоны, укреплает Аргос, а Фороней, сын Инаха и Ниобы, установивший процессуальность судебных дел и способ трактовки судебных казусов, издал первые законы. Именем Фороней назван форум. Сын Фороней Апис был мужем Исиды и принят в Египте в число богов.

Здесь особенно важно то, что любая — восточная, греческая, римская — культура являются, по Коместору, полноправной участницей мировой культуры. У этих культур были свои боги, творившие мир, свои герои и просто люди. Наряду с ветхозаветной, они способствовали созданию такого мира, каким он сложился к XII в. под общей эгидой христианства. Ввод их в христианскую культуру свидетельствует об открытости последней и последовательно проводившемся диалоге с ними, о включении своего времени в единую мировую культуру человечества, где вещи и явления многообразны, разнолики, красноречивы и современны — и в силу этого вечны, устремлены ввысь, за пределы одного времени, к чистой идее. В этом — готический стиль.

Это единство вполне совмещалось с много- и двусмысленностью символов (символ по определению двусмыслен, и диалектический метод Средних веков назывался «да и нет» — «*sic et non*»). Потому противоречие часто не снималось, а допускалось как необходимое. Так, например, в тексте Коместора планеты — «плоские и круглые». Однако даже у средневековых теологов — Беда Достопочтенного и Гийома Коншского — Земля имеет форму шара. Что это? Шаг назад не только по сравнению с Античностью, но и по сравнению с ранним Средневековьем? Однако, скорее всего, авторы смотрели на землю с разных точек зрения. Коместор — с точки зрения образно-религиозной, Беда — с философски — астрономической, при которой земля как мир, как целое, в себе довлеющее тело, не могла быть ничем

иным, кроме шара. Однако эти точки зрения уживались вполне мирно, и часто одна точка зрения не отрицала, а предполагала другую. Такое сосуществование подтверждается тем, что, вопреки утверждению Коместора о плоской и круглой Земле, французский художник на миниатюре «бог-геометр» изобразил ее в форме шара, да и все планеты у него имеют сферическую поверхность. Сам же Коместор был глубоко убежден в том, что обилие, казалось бы, разноречивых фактов вполне совместимо с монотеизмом и может способствовать только вящей славе бога, «лишенного всякой мелочности».

Люди издревле ценили, собирали и хранили старые манускрипты. Древнерусские рукописи, документы из архива Бастилии, миниатюры, автографы — все это помогает каждому будущему поколению проникать в сущность бытия и самосознания предков, обогащая при этом собственное бытие и собственное самосознание.

Жуки-воднолыжники

А. А. Шамшурин

Кандидат химических наук
Кишинев

Еще лет 70 назад натуралисты заметили, что некоторые мелкие формы жуков рода *Stenus*, случайно попав в воду, выделяют какое-то вещество, подгоняющее их к берегу. Химические основы этого явления долго оставались загадкой. Только теперь, с развитием современных методов препаративной микротехники и физико-химического анализа, удалось исследовать как анатомический аппарат, так и химию данного биологического феномена.

Недавно¹ был изучен причудливый способ «спасения на водах» у насекомого *Stenus compta* (стафилиниды). Этот мелкий жук, всего около 2,9 мг весом и 5 мм длиной, обитает на песчаных берегах речных заводей и озер. От порыва ветра или во время охоты на бескрылых ногохвосток он часто падает в воду и, казалось, должен бы утонуть. Неумоющего плавать жука спасает алкалоид с феноменальными свойствами. Погружая в воду кончик брюшка, жук выделяет из двух парных пигециальных желез капельки секрета, содержащего терпеноидный алкалоид стенузин.

Это вещество обладает способностью хорошо растекаться по поверхности воды.

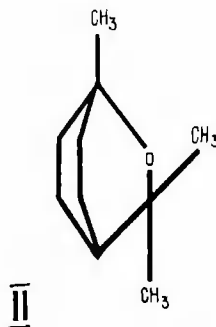
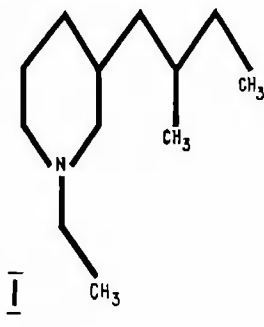
Стенузин нельзя отнести к истинным поверхностно-ак-

тивным веществам, так как лишь незначительно снижает поверхностное натяжение (с 72,8 до 49 дин/см) и обладает низкой растворимостью. Этот алкалоид придает телу жука некоторую гидрофильность, так что способность скольжения его возрастает на 30%. Кроме того, он играет роль смазки, благодаря чему снижается турбулентность и трение воды, а также увеличивается ее «скользкость». По такой «быстрой» и «скользкой» воде жук, подобно водному лыжнику, несется по водной глади со скоростью 40—50 см/с к спасительному берегу, а его подвижное брюшко служит своеобразным рулем.

В секреторной жидкости микроскопических резервуаров

содержались непредельный кетон: 6-метил-5-гептен-2-он и изомер изопиперитенола. Полагают, что эти терпеноиды выполняют защитную антимикробную функцию.

Спектральными методами строение стенузина определено как N-этил-3-(2-метилбутил) пиперидин и подтверждено синтезом. Это — третий по счету алкалоид, обнаруженный у насекомых. Два других, найденные также у представителей членистоногих, это — гломерин — из сегментальных желез *Glomeris marginata*, и доминирующий защитный яд — метиловый эфир 8-оксихинолин-карбоновой кислоты, выделенный из оборонительных проторакальных желез (*Illybius fenestratus*).



пигециальных желез жука *Stenus compta* стенузин содержится вместе с известными терпеноидными соединениями. Кропотливая и тончайшая работа, связанная с их выделением и идентификацией, увенчалась успехом. Из одной тысячи брюшек жуков был получен бензольный экстракт, который после концентрирования и газохроматографического разделения дал ряд фракций. Из главной фракции выделен маслообразный стенузин (I) в количестве 6 мг; из второй по значению фракции — эвкалиптол (II) — 0,8 мг; в остальных в ничтожных количествах

Возможно, происхождение стенузина генетически связано с эвкалиптолом, когда в процессе эволюции произошла замена атома кислорода на азот в гетероциклах этих веществ.

¹ Schildknecht H., Krauss D., Conner J., Essenbreis H., Orfanides N. — «Angew. Chem.», 1975, B. 87, № 11, S. 421; Schildknecht H. — Ibid, 1976, B. 88, № 8, S. 235.

Волоконные световоды с малыми потерями

Б. Ф. Полковников
Кандидат физико-математических наук
Москва

Оптическая передача информации с помощью стеклянных волоконных световодов — новая и быстро развивающаяся область науки и техники. Волоконно-оптические линии связи обладают рядом преимуществ перед обычными проводными линиями. Такие линии способны пропустить огромный объем информации: по одному волоконному световоду толщиной всего 100 мкм можно одновременно передавать несколько тысяч телефонных разговоров, а по кабелю из 100 таких волокон — тысячу телевизионных программ. При этом не следует забывать о малом весе и компактности оптического кабеля (стекловолоконный кабель весит в 100 раз меньше эквивалентного ему по пропускной способности медного кабеля). Кроме того, такой кабель не требует дефицитных меди и свинца, а состоит главным образом из самого распространенного на земле материала — двуоксида кремния; он не восприимчив к электромагнитным помехам.

Волоконно-оптическая линия связи в простейшем варианте состоит из источника электрических сигналов, которые с помощью светонизлучающего диода или лазера преобразуются в световые импульсы типа кода Морзе. Эти световые импульсы распространяются по световолоконному кабелю и на приемном конце линии с помощью фотодетектора снова преобразуются в электрические сигналы. Однако стеклянные волоконные световоды (а в оптическом диапазоне наиболее прозрачным диэлектриком является стекло) до недавнего времени обладали большим не-

достатком — потери в них составляли около 1000 дБ/км, что исключало возможность их применения в линиях связи длиннее нескольких метров.

Но, как показал в 1966 г. Ч. Као (Великобритания), можно получить стеклянные волоконные световоды с потерями менее 20 дБ/км. В 1970 г. американской фирмой «Корнинг» были изготовлены стеклянные волоконные световоды с потерями порядка 20 дБ/км, а вскоре были получены световоды с потерями менее 10 дБ/км. В настоящее время разработаны волоконные световоды, потери в которых менее 1 дБ/км, что близко к теоретическому пределу.

В Советском Союзе работы по стеклянным волоконным световодам с малыми потерями наиболее широко ведутся в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР (совместно с Институтом химии АН СССР) под руководством А. М. Прохорова. В 1975 г. в группе, возглавляемой Е. М. Диановым, были получены волоконные световоды с сердцевинной из чистого кварцевого стекла и боросиликатной оболочкой, обладающие потерями менее 10 дБ/км на длине волны 0,8 мкм. Затем была проведена серия работ по увеличению числовой апертуры этих световодов. Числовая апертура — важнейшая характеристика волоконных световодов. Она определяется разницей показателей преломления сердцевинной и оболочки. Чем больше числовая апертура, тем выше эффективность ввода светового излучения в световод. Легирование сердцевинной световода германием увеличило числовую апертуру световодов и в несколько раз повысило эффективность ввода излучения.

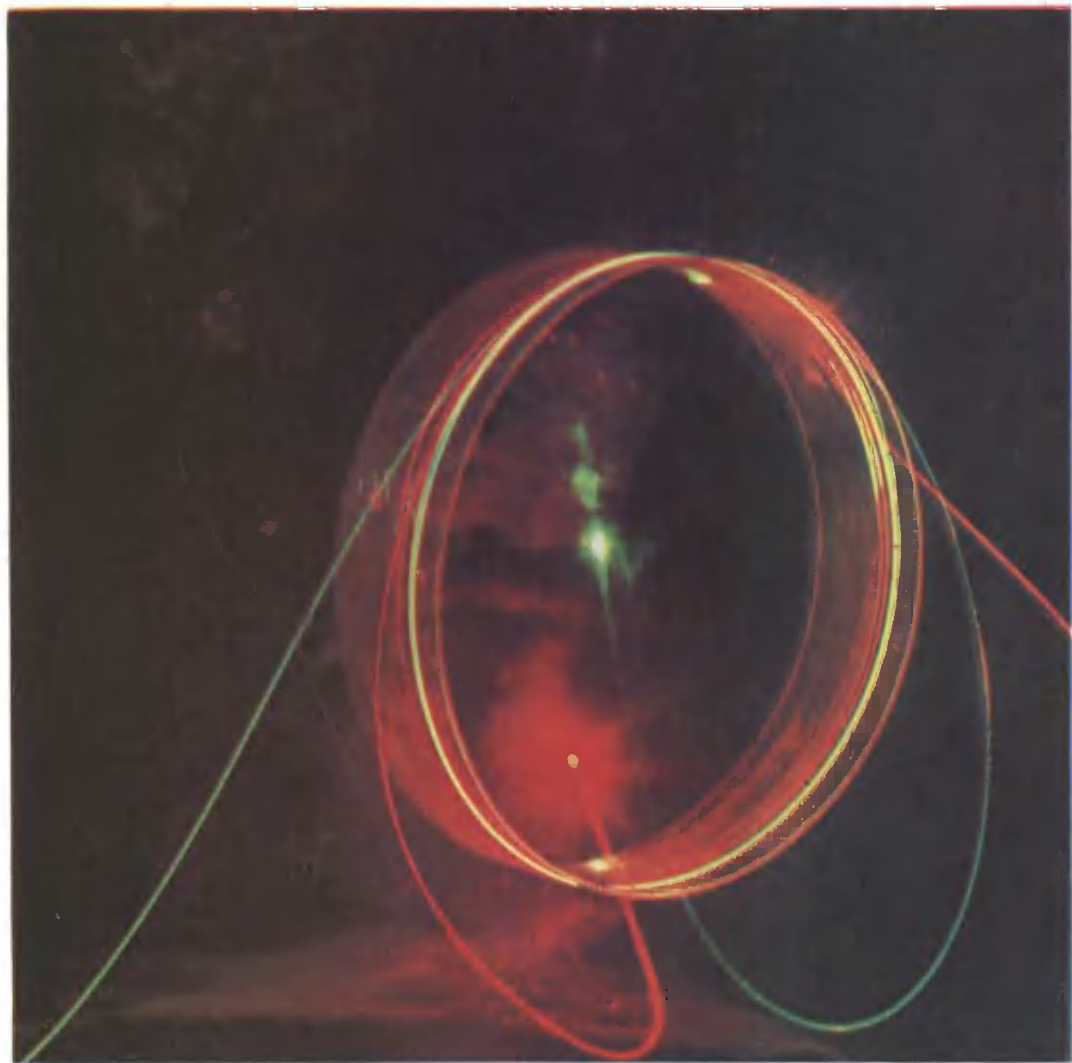
Одно из главных преимуществ волоконно-оптических линий связи — широкая полоса пропускания. Однако в случае многомодовых световодов по-

лоса пропускания ограничивается так называемой модовой дисперсией, связанной с неодинаковой скоростью распространения по световоду излучения различных типов колебаний. Этот эффект можно почти полностью устранить, если выбрать подходящий профиль распределения показателя преломления по сечению световода¹.

К интересным физическим проблемам относится выяснение механизмов оптических потерь в стеклянных волоконных световодах. В ФИАНе разработан ряд методик и проведено комплексное исследование механизмов оптических потерь в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. В результате недавно получен волоконный световод с потерями порядка 0,7 дБ/км². Светопроводящее волокно было изготовлено методом химического осаждения из газовой фазы. В качестве исходных материалов использовались SiCl_4 , GeCl_4 и O_2 особой чистоты. Обычно при получении световода происходит испарение GeO_2 при $T=1800^\circ\text{C}$; в результате в распределении показателя преломления по сечению волновода образуется провал. Для устранения этого дефекта в процессе схлывания трубки в заготовку через трубку пропускалась смесь $\text{GeCl}_4 + \text{O}_2$. Затем из заготовки

¹ Теоретические расчеты для радиодиапазона были сделаны А. Л. Микаэляном в 1951 г. Подробнее см.: — «ДАН», 1951, т. 81, № 4, с. 569—571.

² Белов А. В., Гурьянов А. Н., Девятых Г. Г., Дианов Е. М., Неуструев В. Б., Николайчик А. В., Прохоров А. М., Хопин В. Ф., Дюшин А. С. — «Квантовая электроника», 1977, т. 4, № 9, с. 2041—2043.



Стеклнные волоконные световоды с сердцевинной, легированной германием.

Фото Н. Н. Алексеева.

длиной 120 мм и диаметром 7 мм вытягивался световод диаметром 120 мкм и длиной до 400 м.

Кроме того, исследованы трехслойные структуры, которые при больших размерах сердцевинны волокна позволяют получать режим, близкий к одномодовому, а также максимально возможную полосу пропускания.

Созданные световоды находят широкое применение в науке, технике и народном хозяйстве. Благодаря тому что по волокну передается неискаженное изображение, врачи получили уникальную возможность видеть внутреннюю поверхность пищеварительного тракта человека без хирургического вмешательства (метод так называемой гастроэнтероскопии). Проводятся также исследования по связи блоков ЭВМ с помощью волоконных световодов. Используя световоды с малыми потерями, в ФИАНе удалось осуществить оптическую связь ЭВМ и дис-

плеев на расстоянии 750 м. Кроме того, волоконный световод может быть использован для создания компактных оптических линий задержки, в то время как при свободном пространстве излучения такие линии представляют собой громоздкие многозеркальные системы.

Гидромагнитная модель активности звезд типа Т Тельца

Р. Е. Гершберг
Доктор физико-математических наук

П. П. Петров
Кандидат физико-математических наук

Крымская астрофизическая
обсерватория АН СССР

Переменные звезды типа Т Тельца — один из наиболее интересных и загадочных объектов звездного мира Галактики. Они характеризуются быстрыми и непериодическими изменениями блеска, во время которых яркость звезды за сутки, а иногда даже за часы и десятки минут меняется во много раз. На спектрограммах звезд этого типа на фоне обычного спектра поглощения, напоминающего спектр Солнца, видны сильные эмиссионные линии водорода, кальция, железа и других элементов, а также непрерывная эмиссия в области коротких длин волн; этот эмиссионный спектр напоминает спектр солнечной хромосферы.

Во время колебаний блеска таких звезд происходят весьма сложные изменения их спектров: меняется интенсивность и распределение по спектру непрерывного излучения; у многих линий значительно изменяются интенсивность и контуры; некоторые линии вообще перестают быть видны, другие, напротив, резко усиливаются. У значительного числа звезд этого типа обнаружено очень сильное инфракрасное излучение, мощность которого в десятки раз превышает мощность оптического излучения (напомним, что инфракрасное излучение Солнца во много раз слабее его видимого излучения).

Хотя звезды типа Т Тельца

были открыты американским исследователем А. Х. Джоем еще в 1945 г., до сих пор неизвестны ни конкретные физические процессы, которые обуславливают вспышки и сильное неравновесное излучение этих звезд в спокойном состоянии, ни источники энергии, которые создают мощное инфракрасное излучение и поддерживают вспышечную активность этих звезд.

В 1969 г. одна из звезд типа Т Тельца в созвездии Лебедя за несколько месяцев увеличила свой блеск примерно в 100 раз и с тех пор — вот уже около 8 лет — очень медленно ослабевает. Эта звезда называется фуор V 1057 Лебедя (слово «фуор» происходит от названия звезды FU Ориона, у которой около 40 лет назад наблюдалось аналогичное явление). Развитие фуора из звезды типа Т Тельца с еще большей остротой ставит вопрос о природе активности и источниках энергии этих объектов.

Несмотря на существенные пробелы в понимании физики и энергетики звезд этого типа, ряд независимых соображений приводит к выводу об их молодости. Это важное заключение впервые было сделано В. А. Амбарцумяном в 1947 г., и с тех пор получены новые наблюдательные данные, подтверждающие этот вывод. Так, переменные звезды типа Т Тельца концентрируются к плоскости Галактики, где находятся самые молодые объекты нашей звездной системы, и ассоциируются со светлыми и темными облаками межзвездного вещества — сравнительно короткоживущими галактическими образованиями. Далее, звезды этого типа встречаются только в самых молодых звездных скоплениях, но их нет уже в Плеядах — звездном скоплении среднего возраста. Наконец, в атмосферах этих звезд обнаруживается аномально

высокое содержание лития — элемента, количество которого систематически уменьшается с увеличением возраста звезды. Таким образом, активность звезд типа Т Тельца свойственна лишь ранним стадиям звездной эволюции. Здесь мы имеем парадоксальный в астрофизике случай, когда не известно, по существу, что представляет собой звезда, но известны ее примерный возраст (10^6 — 10^7 лет) и ее место в общей схеме звездной эволюции.

Сложный характер изменения различных характеристик звезд типа Т Тельца обусловил необходимость комплексных исследований этих объектов. В последние годы по инициативе Крымской астрофизической обсерватории АН СССР и Астрономического института АН Узбекской ССР было организовано несколько кампаний таких кооперативных наблюдений, в которых приняли участие астрономы Абастуманской, Бюраканской, Гиссарской, Крымской, Львовской, Ташкентской, Стокгольмской обсерваторий, Крымской и Алма-Атинской станций Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга. Во время одной из таких кампаний была обнаружена заметная переменность поляризационных и спектральных свойств звезды Т Тельца при практически постоянном уровне ее блеска. Кроме того, оказалось, что наблюдаемые отношения интенсивностей эмиссионных линий кальция в спектре этой звезды таковы, что они, в принципе, не могут возникать в среде с однородными физическими условиями. Эти наблюдательные факты позволили сделать вывод о значительной неоднородности поверхности таких звезд, о существовании на них областей с заметной напряженностью магнитного поля. Такое заключение и было положено в основу нашей гидро-



Область в созвездии Лебедя, богатая светлыми и темными облаками. Положение фуора V 1037 Лебедя отмечено крестом. [Из фототеки Г. А. Шайна.]

магнитной модели активности звезд типа Т Тельца.

Чтобы лучше понять основную идею предлагаемой модели, напомним некоторые известные свойства магнитных полей на Солнце. Темные пятна на его поверхности возникают лишь при наличии достаточно сильного локального магнитного поля, которое существенно подавляет конвективные движения в подфотосферных слоях;

при этом к данному участку фотосферы Солнца уменьшается приток тепла снизу, температура видимой поверхности падает и развивается темное пятно. Однако плотности потоков энергии, выходящих из темных солнечных пятен и из яркой, невозмущенной фотосферы, мало отличаются друг от друга; но практически все излучение нормальной фотосферы — это равновесное излучение горячего газа, а в излучении пятна основную роль играют невидимые гидромагнитные волны, энергия которых в конечном счете расходуется на нагрев солнечной атмосферы. С дру-

гой стороны, темное солнечное пятно возникает лишь там, где напряженность магнитного поля достигает величины, превышающей некоторый критический уровень. Иными словами, перестройка структуры фотосферы Солнца в присутствии магнитного поля — это пороговый процесс, причем с достаточно резким порогом: не существует солнечных пятен — даже самых маленьких — с полем 800 Гс, но много пятен с полем 1000—1200 Гс.

Поэтому, если допустить, что на значительной части поверхности звезд типа Т Тельца существуют магнитные поля с

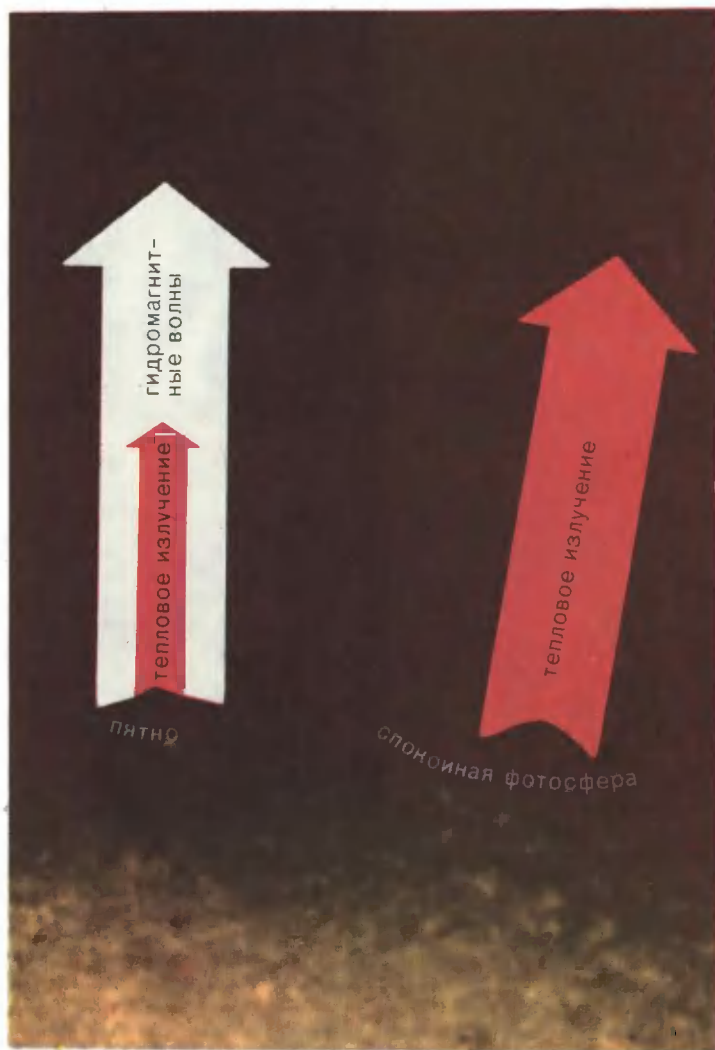
напряженностью, близкой к критической, то можно предположить, что сравнительно небольшие вариации таких полей будут приводить к существенному изменению наблюдаемой картины. Если напря-

женность магнитного поля станет ниже критической на некотором сравнительно небольшом участке поверхности звезды, то здесь должен появиться участок нормальной яркой фотосферы, и этот процесс можно

кой модели необходимо магнитное поле в несколько килогаусс.

Предлагаемая модель позволяет с единой точки зрения объяснить основные свойства звезд типа Т Тельца. Прежде всего, решается проблема источников энергии для обычной вспышечной активности этих звезд, для явления фуора и для аномально сильного инфракрасного излучения: вполне возможно, что дело заключается не в переменном источнике энергии, а в механизме преобразования достаточно мощного и постоянного потока энергии, идущего из глубин звезды, в ту или иную форму излучения с ее поверхности. Далее, решается вопрос о том, почему у этих переменных звезд отношение светимости хромосферы к светимости фотосферы в сотни раз больше, чем это отношение на Солнце: предлагаемый механизм вызывает не столько аномальное усиление хромосферного излучения, сколько значительное подавление оптического излучения фотосферы. Наконец, в рамках предложенной модели удается объяснить и ряд непосредственно наблюдаемых свойств звезд типа Т Тельца: появление абсорбционных особенностей в спектре во время сильных вспышек, значительное разнообразие фотометрических и спектральных свойств трех известных в настоящее время фуоров, такие тонкие эффекты в развитии фуора V 1057 Лебеда, как сложный эмиссионный спектр, наблюдаемый вскоре после максимума блеска, систематическое ослабление инфракрасной светимости этого объекта после вспышки фуора, неоднозначность спектральной классификации фуора на стадии спада блеска.

Другая привлекательная сторона гидромагнитной модели активности рассматриваемых переменных звезд состоит в том, что при построении этой модели мы используем только известные астрофизические явления, не привлекая каких-либо гипотетических процессов и явлений *ad hoc*. Действительно, наблюдения Солнца непосредственно обнаруживают и эффект магнитного подавления



Излучение спокойной солнечной фотосферы и солнечного пятна. Общее количество излучаемой энергии с единицы поверхности в обоих случаях примерно одинаково, но спокойная фотосфера дает равновесное тепловое излучение — видимый солнечный свет, а солнечное пятно — главным образом невидимые гидромагнитные волны.

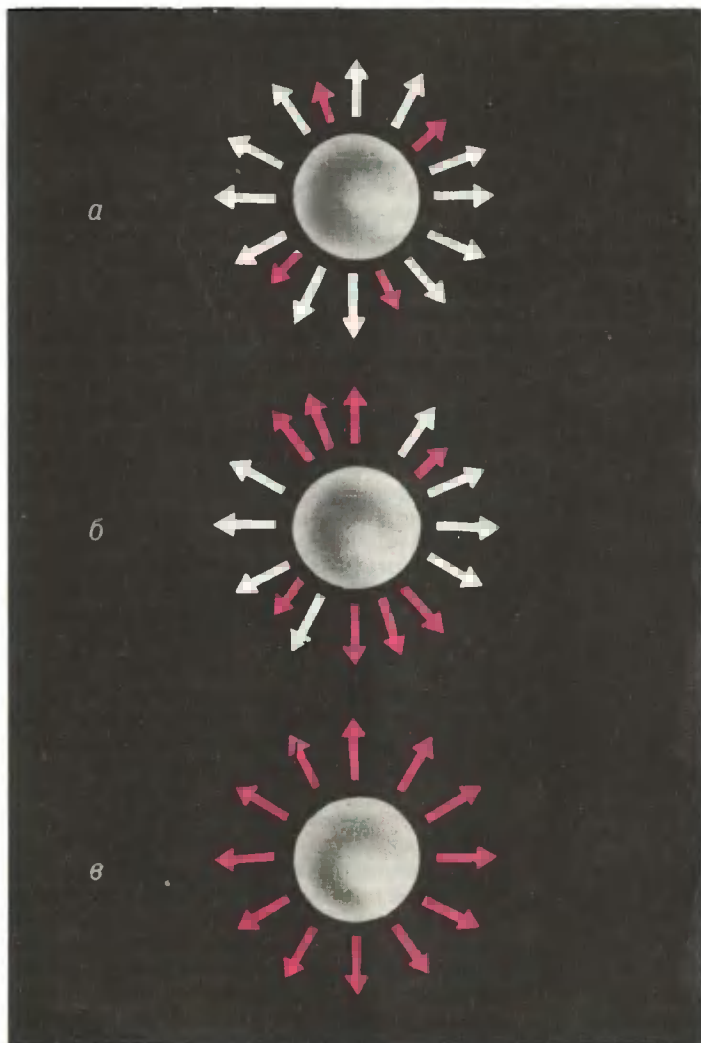
отождествить с обычной вспышкой звезды типа Т Тельца; если же глобальное поле звезды ослабевает до уровня ниже критического, то нормальная фотосфера должна возникнуть по всей поверхности звезды, и такой процесс можно отождествить со вспышкой фуора. Количественные оценки показывают, что для реализации та-

теплового излучения, и действие магнитного поля в качестве «реле», переключающего поток излучаемой энергии в каналы «теплового излучения» или «гидромагнитные волны». С другой стороны, среди звезд, дей-

ствительно, известны объекты (так называемые магнитные звезды), у которых напряженность магнитных полей достигает нескольких и даже нескольких десятков килогаусс, и эти поля иногда обнаружива-

ют подходящие по амплитуде и по временным характеристикам изменения напряженности. Но это — более горячие звезды, чем Т Тельца; у них, согласно существующим представлениям о внутреннем строении звезд, нет значительных по глубине областей с преобладанием конвективного переноса энергии, что необходимо для работы «магнитного реле», так что магнитные звезды и не должны обладать переменностью, свойственной объектам типа Т Тельца.

Перечисленные соображения делают гидромагнитную модель весьма правдоподобной, но необходимы, конечно, прямые подтверждения наблюдениями. К сожалению, это довольно трудная задача, так как яркость звезд типа Т Тельца в сотни раз слабее яркости тех звезд, где сейчас удается проводить измерения магнитных полей. Если все-таки такие наблюдательные данные будут получены и тем самым будет подтверждена важность порогового характера взаимодействия магнитного поля и конвекции, эта модель не только даст возможность разобраться в одной из интереснейших фаз развития звезд, но и найдет применение в других астрофизических явлениях, поскольку магнитное поле и конвективный перенос энергии — существенные факторы для многих космических объектов.



Гидромагнитная модель активности звезд типа Т Тельца. В спокойном состоянии большая часть энергии излучается звездой в форме невидимых гидромагнитных волн [а]. Во время обычных вспышек на поверхности звезды образуются участки нормальной фотосферы [б]. Во время вспышки флуора практически по всей поверхности звезды магнитное поле становится слабее критического,

и светимость звезд приходит в соответствие с полной мощностью внутренних источников энергии [в].

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1977 Г.

По физике — Ф. У. Андерсон, Н. Ф. Мотт, Д. Х. Ван Флек

Нобелевская премия 1977 г. по физике присуждена Ф. У. Андерсону (Philip W. Anderson) (США), Н. Ф. Мотту (Nevill F. Mott) (Англия), Д. Х. Ван Флеку (John N. Van Fleck) (США) за фундаментальные теоретические исследования в области электронной структуры магнитных и неупорядоченных систем.

Филипп Уоррен Андерсон, американский физик, родился 13 декабря 1923 г.



Филипп Уоррен Андерсон.

Кембриджского университета, с 1975 г. — Принстонского. Он — член Национальной академии наук США с 1967 г.

Ф. Андерсон широко известен своими теоретическими и экспериментальными исследованиями по физике конденсированного состояния. Ему принадлежат фундаментальные работы по физике магнетизма, сегнетоэлектричеству, сверхпроводимости, сверхтекучести и теории неупорядоченных систем.

Новое направление в теории магнетизма открыла работа Ф. Андерсона, объясняющая свойства магнитных примесей в немагнитных металлах. Было известно, что магнитные атомы одного и того же вещества, находящиеся в разных немагнитных металлах, могут иметь совершенно разные магнитные моменты. Например, атом железа в алюминии имеет нулевой магнитный момент, в меди — магнитный момент нормальной величины, а в палладии — аномально большой. Ф. Андерсон показал, что формирование магнитного момента примеси происходит с участием электронов металла, которые образуют вокруг примеси оболочку, обладающую магнитным моментом. Величина этого момента зависит от свойств металла и может значительно превышать собственный момент магнитного атома.

Важную роль в теории сверхпроводимости играет так называемая теорема Андерсона, которая утверждает, что немагнитные примеси не влияют на температуру перехода металла в сверхпроводящее состояние.

В 1958 г. появилась работа Ф. Андерсона о локализации электронных состояний в неупорядоченных системах (т. е. в жидких, аморфных и стеклообразных веществах). Эта работа надолго опередила свое время, ее фундаментальность стала очевидной лишь в середине 60-х годов. К этому времени многочисленные исследования, в которых важную роль сыграли работы советского физика Б. Т. Колomoйца, показали, что аморфные полупроводники обла-

В 1943 г. окончил Гарвардский университет. С 1949 г. работает в лаборатории Белл-телефон, в 1967—1975 гг. — профессор

дают рядом уникальных свойств, которые, в частности, открывают возможности для широких практических применений. Одновременно создавалась и теория неупорядоченных систем, в основу которой легли упомянутая выше работа Ф. Андерсона, работы Н. Мотта и советского ученого И. М. Лифшица.

Как известно, в кристаллах разрешенные уровни расщепляются в энергетические зоны, и электрон, энергия которого попадает внутрь такой зоны, может рассматриваться, как свободный. Благодаря периодичности решетки он может двигаться, не рассеиваясь на ее узлах. Сохраняются ли эти свойства в неупорядоченной структуре? Ответ на этот вопрос дает работа Ф. Андерсона. Оказывается, что при достаточно большом беспорядке электронные состояния являются строго локализованными, т. е. электроны не могут перемещаться, не получая энергии от тепловых колебаний решетки. При уменьшении степени беспорядка электроны делокализуются. Это явление получило название перехода Андерсона.

Все работы Ф. Андерсона содержат много принципиально новых идей. Они открывают пути, по которым идут многочисленные исследователи.

Невилл Фрэнсис Мотт, английский физик, родился 30 сентября 1905 г. В 1927 г. окончил Кембриджский университет. В 1929—1930 гг. работал в Манчестерском университете, в 1930—1933 гг. в Кембриджском, в 1933—1954 гг. — профессор Бристольского университета. В 1954—1971 гг. — директор Кавендишской лаборатории. Он — член Лондонского королевского общества с 1936 г.

Н. Мотт принадлежит к физикам того поколения, которое стояло у истоков квантовой механики. Еще в 30-х годах он получил классические результаты в квантовой теории атомных столкновений. Однако основные работы Н. Мотта относятся к теории твердого тела. В 1938 г. Н. Мотт (одновременно с Г. Ванье) предсказал новую квазичастицу — экситон слабой связи, экспериментально обнаруженный советским физиком Е. Ф. Гроссом и его сотрудниками. Такой экситон представляет собой водородоподобный атом, образованный электроном и дыркой кристалла. Этим предсказанием было положено начало обширной области физики твердого тела.

Научная деятельность Н. Мотта чрезвычайно многообразна. Он (совместно с Р. Герни) создал теорию фотографическо-



Невилл Фрэнсис Мотт

го процесса. В 1949 г. Н. Мотт объяснил переход кристалла из металлического состояния в диэлектрическое, который может происходить при изменении давления или температуры (переход Мотта). Механизм этого явления состоит в том, что при уменьшении ширины разрешенной зоны кулоновское взаимодействие между электронами приводит к локализации электронных состояний.

Последнее десятилетие деятельность Н. Мотта в основном связана с теорией неупорядоченных систем. Он является одним из создателей этого направления. Усилия Н. Мотта и его сотрудников направлены на описание энергетического спектра и характера электронных состояний в неупорядоченных системах. Отклонения от совершенной кристаллической структуры приводят к появлению электронных состояний в запрещенной зоне, вследствие чего края разрешенных зон оказываются размытыми. Строго говоря, это означает, что запрещенной зоны не существует. Тем не менее, как показал Н. Мотт, существует полоса энергий, внутри которой электронные состояния локализованы. Эта полоса имеет строго определенные границы, которые называются порогами подвижности. Электроны, имеющие энергии вне

полосы, делокализованы, т. е. могут свободно перемещаться в пространстве.

В неупорядоченной системе, так же как в металле, вводят понятие об уровне Ферми,— максимальной энергии заполненных (при низких температурах) состояний. Электропроводность системы существенно зависит от положения уровня Ферми относительно порогов подвижности. Если уровень Ферми находится вне полосы локализованных состояний, проводимость имеет металлический характер, т. е. слабо зависит от температуры. Если уровень Ферми лежит внутри полосы, то проводимость имеет активационный характер, т. е. экспоненциально обращается в ноль с понижением температуры. В последнем случае неупорядоченная система напоминает собственный кристаллический полупроводник. Пересечение порога подвижности уровнем Ферми часто наблюдают экспериментально. В связи с этим возникает вопрос о поведении металлической проводимости вблизи порога подвижности. Важным достижением Н. Мотта является разработка концепции минимальной металлической проводимости. Согласно Н. Мотту, металлическая проводимость не может быть меньше некоторой величины, слабо меняющейся от вещества к веществу (обычно она порядка $300 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$). Поэтому при пересечении уровнем Ферми порога подвижности металлическая проводимость исчезает скачком. Как подчеркивает Н. Мотт, эти идеи в значительной мере восходят к работам советских физиков А. Ф. Иоффе и А. Р. Регеля.

В аморфных полупроводниках уровень Ферми находится посередине полосы локализованных состояний. При низких температурах, когда концентрации делокализованных электронов и дырок малы, проводимость имеет прыжковый характер. Электрон перескакивает из одного локализованного состояния в другое, используя энергию тепловых колебаний атомов. Н. Мотт нашел температурную зависимость прыжковой проводимости, которая имеет весьма нетривиальный характер и носит название «закон Мотта». Этот закон, наблюдавшийся в многочисленных экспериментах, является одним из самых главных достижений теории неупорядоченных систем, развитие которой в значительной степени определили работы Н. Мотта.

Б. И. Шкловский

Доктор физико-математических наук

А. Л. Эфрос

Доктор физико-математических наук

Ленинград

Джон Хасбрук Ван Флек, американский физик-теоретик, родился 13 марта 1889 г. В 1920 г. окончил Висконсинский и в 1922 г.— Гарвардский университеты. В 1923—1928 гг. работал в Миннесотском университете, в 1928—1934 гг.— профессор Висконсинско-



Джон Хасбрук Ван Флек.

го университета, в 1935—1969 гг.— Гарвардского. Он — член Национальной академии наук США с 1935 г.

Ван Флек является одним из создателей современных представлений о магнетизме вещества. В 1926—1928 гг. он разработал квантовую теорию диамагнетизма и парамагнетизма атомов и молекул. Один из членов в вычисленной Ван Флеком формуле для полной магнитной восприимчивости получил название ванфелековского парамагнетизма.

В последующих работах Ван Флека квантовая теория магнетизма получила дальнейшее развитие, в том числе, в применении к кристаллическим телам. По результатам всех этих исследований им была написана в 1932 г. монография, получившая широкую известность¹. Значение

¹ Van Vleck J. H. Theory of electric and magnetic susceptibilities! Oxford Univ. Press. Oxford, 1932.

этой книги и ряда других его работ 30-х годов состоит также в том, что они внесли существенный вклад в развитие основных понятий квантовой теории химической связи. Ван Флек (вслед за Крамерсом) разработал теорию так называемого внутрикристаллического, или лигандного поля, позволяющую приближенно рассматривать сложные задачи о взаимодействии парамагнитных металлических ионов с окружающими их катионами с учетом симметрии окружения. Эти работы, наряду с объяснением статических магнитных свойств парамагнитных кристаллов, заложили основу для исследования оптических спектров и спектров парамагнитного резонанса таких кристаллов.

Своими работами Ван Флек оказал значительное влияние на развитие наших представлений о природе физических свойств другого большого класса магнитных веществ — магнитоупорядоченных кристаллов (ферро- и антиферромагнетиков). Он — один из первых физиков, четко указавших роль различных видов взаимодействия микрочастиц в этих кристаллах. Обменные силы кулоновского электростатического происхождения определяют тип магнитного упорядочения (ферро-, антиферро-, ферромагнитный и т. д.), а магнитные (релятивистские) силы — магнитную кристаллографическую анизотропию. Ван Флек независимо от Гейзенберга предложил простейшую модель обменного межатомного взаимодействия («гейзенберговский обменный гамильтониан»), нашедшую широкое применение (в том числе и в собственных работах Ван Флека) для объяснения свойств магнитоупорядоченных кристаллов. Он также открыл новый тип анизотропного взаимодействия, связанного со спин-орбитальным взаимо-

действием электронов. Это позволило найти механизмы магнитной анизотропии, более эффективные во многих случаях, чем обычное магнитное дипольное взаимодействие.

Наконец, Ван Флек выполнил ряд фундаментальных работ по теории магнитной релаксации и магнитного резонанса — одного из самых тонких и эффективных методов исследования магнитных свойств, атомной структуры и химических связей вещества. Он построил теорию спин-решеточной релаксации для парамагнитных ионов в кристаллах, обусловленной спин-орбитальным взаимодействием и модуляцией внутрикристаллического поля колебаниями решетки (механизм Кронига — Ван Флека). Им же был предсказан весьма необычный эффект «фононного узкого горла» («bottleneck») в спин-решеточной релаксации парамагнитных ионов при низких температурах, введено понятие спиновой температуры в проблеме динамической поляризации ядер и т. д. С именем Ван Флека связана разработка метода моментов в теории магнитного резонанса, широко используемого для исследования ширины и формы резонансной линии систем взаимодействующих магнитных моментов.

Ряд работ Ван Флека последних десятилетий посвящен изучению электронных конфигураций редкоземельных элементов в различных кристаллах. И как все предыдущие работы, они отмечены глубоким проникновением в сущность явлений магнетизма.

Е. А. Туров

Доктор физико-математических наук

М. И. Куркин

Кандидат физико-математических наук

Свердловск

По химии — И. Пригожин

Нобелевская премия по химии за 1977 г. присуждена известному бельгийскому физико-химическому Илье Пригожину (I. Prigogine) за работы по термодинамике необратимых процессов и их использование в химии и биологии.

Илья Романович Пригожин родился 25 января 1917 г. в Москве. Образование получил в Бельгии, где окончил Брюссельский университет. С 1947 г. заведует кафедрой химической физики в этом университете, с 1962 г. он возглавляет Меж-

дународный институт физики и химии (Бельгия), а с 1967 г. — директор Научно-исследовательского центра статистической механики и термодинамики Техасского университета (США).

И. Пригожин — член Королевской



Илья Пригожин.

академии наук Бельгии, Национальной академии наук США, Американской академии наук и искусств и многих других академий и научных обществ.

И. Пригожин опубликовал около 300 научных работ по различным проблемам физической химии, термодинамики и биологии. Четыре монографии И. Пригожина переведены на русский язык¹.

И. Пригожин — ученый с необычайно широким кругом интересов. Им получены существенные результаты в таких несхожих областях науки, как теория растворов и статистическая механика, теория биологической эволюции и теория движения автотранспорта. Однако наибольшую

известность принесли ему работы по феноменологической теории необратимых процессов. Фактически И. Пригожина, вместе с другим лауреатом Нобелевской премии Л. Онзагером (Нобелевская премия по химии 1968 г.), можно считать основателем современной термодинамики неравновесных процессов. Хотя основы термодинамики линейных необратимых процессов были заложены уже в работах Л. Онзагера 1931 г., именно с работ И. Пригожина начинается быстрое развитие этого раздела термодинамики, в результате чего термодинамика линейных необратимых процессов к настоящему времени может считаться столь же завершенной наукой, как и классическая термодинамика. Существенный вклад внес И. Пригожин и в термодинамику нелинейных необратимых процессов, т. е. термодинамику систем, далеких от равновесия. Многие из его идей, иногда чисто интуитивного характера, нашли широкий отклик в среде ученых, занимающихся проблемами термодинамики, химии и биологии.

Какие же важнейшие результаты получены И. Пригожиным, которые позволили ему стать несомненным лидером современной термодинамики? Остановимся на них в самой краткой и неполной форме.

Еще в 1947 г. в своей первой монографии по термодинамике необратимых процессов И. Пригожин представил изменение энтропии открытой системы в виде двух членов $dS = d_e S + d_i S$ и тем самым ввел понятие продукции энтропии ($d_i S$) и потока энтропии ($d_e S$). Хотя сходное предположение было высказано еще де Донде в 1927 г., четкая и ясная постановка проблемы в работах И. Пригожина показала значение этого двучленного уравнения для термодинамики открытых систем и, в частности, позволила И. Пригожину ввести аналитическое выражение для второго начала термодинамики в виде неравенства $d_i S \geq 0$. Наиболее оригинальной стала его так называемая локальная формулировка второго начала термодинамики и введение в качестве базы для термодинамики неравновесных процессов принципа локального равновесия. Этот принцип сводится к утверждению, что в каждом малом элементе объема в целом неравновесной системы существует состояние локального равновесия, причем локальная энтропия является такой же функцией локальных макроскопических переменных, как и в равновесной системе. Этим самым сразу решается сложный вопрос об энтропии неравновесных состояний и возможность

¹ Введение в термодинамику необратимых процессов. М., 1960; Неравновесная статистическая механика. М., 1964; Химическая термодинамика (совместно с Р. Дефэй), Новосибирск, 1966; Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций (совместно с П. Гланс-лорфом). М., 1973.

использования уравнения Гиббса для описания неравновесных систем. Аналитическое выражение для второго начала термодинамики в этом случае принимает вид $\sigma[S] \geq 0$, где $\sigma[S]$ — производство энтропии в единице объема за единицу времени, взятое из выражения для полного производства энтропии системы

$$p = \frac{dS}{dt} = \int \sigma[S] dV = \int \sum_{\alpha} J_{\alpha} X_{\alpha} dV \geq 0,$$

где J_{α} и X_{α} — термодинамические потоки и силы.

Следующим этапом в построении термодинамики линейных необратимых процессов была теорема, которая впоследствии вошла в литературу под названием теоремы Пригожина. Согласно этой теореме, в стационарном состоянии при фиксированных внешних параметрах скорость продукции энтропии в термодинамической системе минимальна. Это положение для закрытых систем было доказано еще Л. Онзагером. Однако именно И. Пригожин четко показал, что из этой теоремы вытекает совершенно иной критерий эволюции, чем критерий эволюции классической термодинамики, т. е. производство энтропии для необратимых процессов в открытой системе стремится к минимуму (критерий Пригожина). Критерий эволюции классической термодинамики состоит в том, что энтропия для необратимых процессов в изолированной системе стремится к максимальной величине (критерий Клаузиуса). Теорема Пригожина разрешила важнейший для термодинамики линейных необратимых процессов вопрос о точной характеристике стационарного состояния открытой системы, что резко расширило область применения этого раздела термодинамики.

Принцип локального равновесия, теорема Пригожина, так же как соотношение взаимности Онзагера, лежат в основе термодинамики линейных необратимых процессов.

Как показал И. Пригожин, теорема о минимуме производства энтропии справедлива только в линейной области и может не выполняться для систем, далеких от равновесия. Поэтому для таких систем требуется новый критерий эволюции. Такой критерий был предложен И. Пригожиным и П. Глансдорфом. Критерий Глансдорфа — Пригожина для нелинейной термодинамики, по существу, был первой попыткой построения критерия эволюции для систем, далеких от равновесия. В связи с этим возник и подробно разбирается в работах И. Пригожина вопрос об устойчи-

вости неравновесных состояний систем, далеких от равновесия.

Решение вопроса об устойчивости привели Пригожина к одному из самых значительных его открытий — к открытию диссипативных структур. В природе существует два вида структур: равновесные и диссипативные. Равновесные структуры (например, кристаллы) образуются в ходе обратимых превращений, происходящих в системах, близких к равновесию. Диссипативные структуры возникают в системах, далеких от равновесия, они существуют только благодаря обмену энергии и вещества с внешней средой и стабильны только до тех пор, пока связаны соответствующими потоками с окружающей средой. Теория диссипативных структур и математический аппарат, использованный Пригожиным для их описания, вызвали широкий резонанс, и число работ в современной литературе по диссипативным структурам непрерывно возрастает.

Работы И. Пригожина имели большое влияние на различные разделы химии и физики, но, по-видимому, особенно сильное влияние они оказали и оказывают на биологию. Сам И. Пригожин неоднократно обращался к биологическим проблемам. В совместной работе с бельгийским биохимиком Дж. Виамом он попытался на базе термодинамики линейных необратимых процессов построить термодинамическую теорию развития организмов². Он проявляет значительный интерес к проблемам происхождения жизни и эволюции организмов. Идеи И. Пригожина были использованы М. Эйгеном (лауреатом Нобелевской премии по химии 1967 г.) при создании молекулярной теории эволюции³.

Многие идеи И. Пригожина еще не получили достаточного развития и иногда встречают сопротивление. Однако в целом проделанная И. Пригожиным и его соавторами работа явилась основой для будущих исследований в такой быстро развивающейся области науки, как термодинамика нелинейных неравновесных процессов.

А. И. Зотин

Доктор биологических наук

Москва

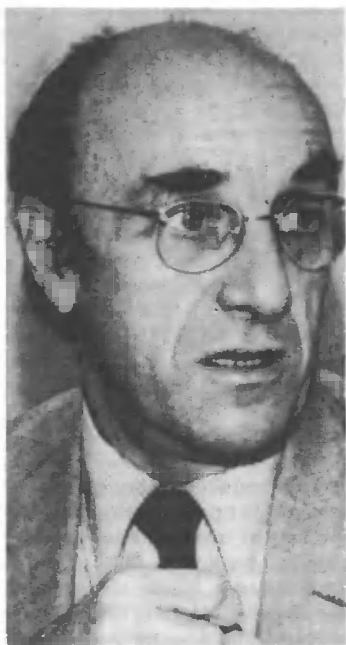
² Зотин А. И. Термодинамический подход к проблемам развития, роста и старения. М., 1974.

³ Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М., 1973.

По медицине — Р. Гилемин, Э. Шелли и Р. Ялоу

Нобелевские премии 1977 г. по медицине присуждены американским ученым Роджеру Гилемину (Roger Guillemin) и Эндрию Шелли (Andrew V. Schally) за установление химической структуры и изучение пептидных релизинг-гормонов гипо-

ваний в Лондоне, затем 6 лет в Макгиллском университете в Монреале, где получил степень доктора философии. В 1957 г. переехал в США, где некоторое время работал в Бейлорском университете в Хьюстоне, а с 1962 г. он возглавляет



Роджер Гилемин.



Эндрию Шелли.

таламуса и Розалин Ялоу (Rosalin S. Yalow) за исследование множественных молекулярных форм белковых гормонов.

Роджер Гилемин родился 11 января 1924 г. в Дижоне во Франции, степень доктора медицины получил на медицинском факультете Лионского университета, а степень доктора философии в Монреальском университете в Канаде. В 1953 г. переехал в США. С 1953 г. он — профессор физиологии Бейлорского университета в Хьюстоне, а с 1970 г. — профессор медицины в Калифорнийском университете в Сан-Диего.

Эндрию Шелли родился 30 ноября 1926 г. С 1949 по 1952 г. работал в Национальном институте медицинских исследо-

Лабораторию эндокринологии и полипептидов в Новом Орлеане.

Вся научная деятельность Р. Гилемина и Э. Шелли была посвящена изучению гормонов гипоталамуса. К 1955 г., благодаря классическим работам Г. Харриса, М. Сафрона, С. Макканна и др., в эндокринологии сложилось представление, что гормональная функция гипофиза находится под контролем гипоталамуса, который выделяет в кровь специальные вещества — релизинг-факторы (от англ. release — освобождать) и ингибирующие факторы. Эти вещества с током крови через портальную систему сосудов поступают в гипофиз, где стимулируют или тормозят секрецию тропных гормонов, регу-

лирующих функцию периферических эндокринных желез: коры надпочечников, гонад и щитовидной железы.

Гипоталамические гормоны вырабатываются в ничтожно малых количествах, что существенно усложняет их исследование, и поэтому работы по их выделению и очистке затянулись на 15 лет. Автор этих строк имел возможность провести некоторое время в лабораториях Э. Шелли и Р. Гилемина в 1968 г., где принимал участие в биологическом тестировании рилизинг-гормонов и мог почувствовать ту атмосферу энтузиазма и эмоциональной напряженности, в которой проводились эти исследования. Наибольший прогресс к тому времени был достигнут в изучении фактора, стимулирующего секрецию тиреотропного гормона (ТРФ). Согласно новой номенклатуре, этот фактор получил название тиролиберина. Было установлено, что в его состав входят три аминокислоты: глутаминовая, гистидин и пролин и отсутствуют свободные аминная и карбоксильная группы. Авторы синтезировали 6 пептидов со всеми возможными комбинациями последовательности аминокислотных остатков: гистидина, пролина и глутаминовой кислоты, но ни один из них не обладал заметной биологической активностью. Первый успех пришел, когда в пептиде Н-Глу-Гис-Про-ОН под действием уксусного ангидрида N-концевой остаток был превращен в остаток пироглутаминовой кислоты. Полученный продукт обнаружил слабые следы биологической активности, свойственной тиролиберину. Несколько большей активностью обладал пептид с метилированной карбоксильной группой, а самым активным был пептид (Пиро)-Глу-Гис-Про-NH₂. Сравнительное изучение природного и самого активного из синтетических препаратов показало, что синтезированный пептид идентичен природному соединению, выделенному из гипоталамуса. Так, в 1969 г. путем химического синтеза было установлено строение тиролиберина.

Через год авторы выделили из гипоталамуса в чистом виде другой фактор, люлиберин, стимулирующий секрецию лютеинизирующего гормона (ЛГРФ). Его полная первичная структура была расшифрована в 1971 г. сразу же после получения препарата в чистом виде, и для этой цели было использовано около 200 мкг вещества. Это оказался декапептид со структурой: (Пиро)-Глу-Гис-Три-Сер-Тир-Гли-Лей-Арг-Про-Гли-NH₂.

Два года спустя был получен тре-

тий фактор, который тормозил секрецию соматотропного гормона и был назван соматостатином. Это был тетрадекапептид Н-Ала-Гли-Цис-Лиз-Асп-Фен-Фен-Три-Лиз-Тре-Фен-Тре-Сер-Цис-ОН с дисульфидным мостиком между 3-м и 14-м остатками полуцистина.

Одновременно с завершением этих исследований в лабораториях Р. Гилемина и Э. Шелли были синтезированы химическим путем все изученные гипоталамические гормоны. В настоящее время гипоталамические гормоны синтезируются во многих лабораториях мира. Они синтезированы и в нашей стране, в Институте экспериментальной эндокринологии и химии гормонов АМН СССР, и исследуются в эксперименте и в клинике.

Р. Гилемин и Э. Шелли изучили многие свойства гипоталамических гормонов. Они установили, что тиролиберин наряду со стимуляцией секреции тиреотропного гормона увеличивает образование пролактина. Люлиберин стимулирует секрецию лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормона, поэтому его часто называют еще гонадолиберин, поскольку он активирует образование обоих гонадотропных гормонов. Соматостатин, помимо торможения секреции соматотропина, ингибирует активированную тиролиберин, секрецию тиреотропного гормона. Более того, специальные опыты показали, что соматотропин действует не только на гипофиз, но подавляет также выделение островками Лангерганса поджелудочной железы инсулина и в большей степени глюкагона.

Путем химического синтеза Р. Гилемин и Э. Шелли получили искусственные аналоги природных гипоталамических гормонов, которые имели в десятки раз большую биологическую активность, чем природные соединения, и синтезировали также препараты, конкурентно подавляющие эффект гипоталамических гормонов. Среди искусственных аналогов обнаружилось вещество с пролонгированным действием.

Сегодня синтетические либерины и статины широко применяются в клинике. Тиролиберин используется для диагностики нарушений функции щитовидной железы. Введение гонадолиберина больным со вторичной аменореей в ряде случаев индуцировало овуляцию, которая в дальнейшем подтверждалась беременностью. Поскольку соматостатин оказался эффективным ингибитором секреции глюкагона, в настоящее время пытаются использовать

его при лечении ювенильной формы сахарного диабета.

Химический синтез дал в руки исследователей достаточные количества гормонов гипоталамуса. В ряде лабораторий мира были разработаны радиоиммунологические методы их определения и изучено распределение гипоталамических гормонов в различных органах и тканях. Соматостатин, помимо гипоталамуса, был обнаружен в значительном количестве в особых клетках островков Лангерганса в поджелудочной железе, что позволяет допустить его причастность к развитию некоторых форм сахарного диабета. Тиролиберин был найден во многих отделах головного мозга. Кроме того, при введении животным он влиял на поведение, причем это влияние нельзя было объяснить изменением гормонального статуса. Накопленные сведения, таким образом, заставляют думать, что гипоталамические гормоны обладают широким спектром биологического действия и, по всей вероятности, принимают участие во многих нервных процессах. Поэтому биологическая роль этих веществ, несмотря на большое количество проведенных исследований, пока еще не может считаться выясненной окончательно. При изучении гипоталамических гормонов можно ожидать новых, интересных и фундаментальных результатов.

Блестящие исследования Р. Гилемина и Э. Шелли, получившие высокую оценку в виде присуждения их авторам Нобелевской премии, создали фундамент для возникновения и в значительной степени способствовали развитию нового, важного и перспективного направления в современной эндокринологии, которое сейчас бурно развивается.

Если работы Р. Гилемина и Э. Шелли были направлены на решение одной большой проблемы, при изучении которой использовались самые различные методы современной биохимии и химии, то в исследованиях другого лауреата Нобелевской премии, Розалин Ялоу, для изучения самых различных гормонов был использован в основном один радиоиммунологический метод, который позволил тем не менее получить автору ценные и оригинальные результаты.

Розалин Ялоу родилась 19 июля 1921 г. в Нью-Йорке. Образование получила в Иллинойском университете. В 1945 г. ей присуждена степень доктора философии. В 1946—1950 гг. Р. Ялоу работала в Хантер-Колледже. В 1950—1970 гг. она — замести-

тель, а с 1970 г. — руководитель радиоизотопной службы госпиталя в Бронксе (Нью-Йорк). Значительная часть ее научно-исследовательской деятельности связана с Маунт-Синайским медицинским институтом, а многие работы выполнены в сотрудничестве с Соломоном Берсоном, скончавшимся в 1970 г.



Розалин Ялоу.

До разработки радиоиммунологических методов главным критерием идентификации белковых гормонов было определение их биологической активности. Преимущество радиоиммунологических методов заключалось в том, что они не зависели от гормональной активности и позволяли определять белковые гормоны по их уникальной структуре в экстрактах ткани или плазме крови, где другие белки присутствовали в больших количествах. Сочетание радиоиммунологического метода с гельфильтрацией через сефадексы давало возможность выявлять гормоны в нескольких формах, различающихся размерами молекулы, даже когда крупномолекулярные белки (прогормоны) были лишены биологической активности.

В первых работах Р. Ялоу была показана гетерогенность паратгормона в плазме крови человека.

Интересные результаты были получены ею при изучении гастрина, гормона,

вырабатываемого в кишечном тракте и стимулирующего секрецию соляной кислоты стенками желудка. В крови больных с пернициозной анемией Р. Ялоу обнаружила помимо обычного гастрина (гептадекапептида) также гастрин с большим молекулярным весом («большой» гастрин). Позднее «большой» гастрин был найден также в ткани кишечника и было показано, что под действием трипсина он превращается в обычный гастрин. На основании проведенных исследований Р. Ялоу высказала предположение, что «большой» гастрин отличается добавочным пептидом, присоединенным через остатки основных аминокислот к аминному концу гастрина. Это предположение позднее полностью подтвердили другие исследователи, когда выделили «большой» гастрин из кишечника и установили его химическую структуру. Радиоиммунологические методы обнаружили также присутствие в крови людей «очень большого» гастрина, по молекулярному весу соответствовавшего альбумину. Содержание его в крови повышалось при язве двенадцатиперстной кишки, голодании и других состояниях.

Значительный интерес представляют исследования Р. Ялоу, посвященные аденокортикотропному гормону (АКТГ). В ее работах «большой» АКТГ был обнаружен в очень малых количествах в гипофизе человека и в несколько большем количестве в плазме здоровых людей в паке, однако он значительно преобладал в плазме пациентов с так называемым эктоимическим синдромом Иценко — Кушинга и в большом количестве обнаруживался во внегипофизарных опухолях, ответственных за его секрецию. «Большой» АКТГ из опухоли имел лишь 4% активности гормона, секретируемого гипофизом, но после кратковременной инкубации с трипсином он превращался в низкомолекулярный пептид, то биологической активности не отличающийся от обычного АКТГ. Уже давно было замечено, что эктопический синдром Иценко — Кушинга особенно часто связан с опухолью легкого. Исследования Р. Ялоу и ее сотрудников показали, что почти у всех пациентов с первичной карциномой легкого содержание иммунореактивного АКТГ в плазме повышено, независимо от наличия у них синдрома Иценко — Кушинга. Более того, уровень АКТГ в плазме оказался прогностическим показателем, так как быстрое падение его после хирургического или терапевтического лечения карциномы указывало на благоприятное дальнейшее течение болезни, а стой-

кое сохранение на высоком уровне, как правило, не оставляло никаких надежд на выздоровление.

Необычные результаты были получены в лаборатории Р. Ялоу при исследовании АКТГ в экстрактах гипофиза у десяти различных видов животных. «Большой» АКТГ был обнаружен далеко не во всех гипофизах, но у некоторых видов животных была выявлена промежуточная (по молекулярному весу) форма иммунореактивного АКТГ, которая после гидролиза трипсином не превращалась в низкомолекулярную форму, а быстро теряла иммунореактивные свойства. Интересно, что промежуточная форма определялась только в гипофизе животных, надпочечники которых вырабатывают большое количество кортикостерона. У всех животных и человека, надпочечники которых секретируют главным образом кортизол, в гипофизе находили только известный низкомолекулярный АКТГ. По данным многих исследователей, введение такого АКТГ резко увеличивает секрецию кортизола, хотя в обычных условиях у них вырабатывается главным образом кортикостерон. Проведенные исследования позволили Р. Ялоу постулировать существование в гипофизе животных неизвестного ранее АКТГ, который в отличие от описанного в литературе гормона стимулирует в основном секрецию кортикостерона.

Следует подчеркнуть следующий знаменательный факт. Нобелевская премия по медицине в 1977 г. присуждена эндокринологам за фундаментальные исследования гормонов. Если вспомнить, что в 1971 г. премия по медицине также была присуждена Э. У. Сезерленду за работы по расшифровке механизма действия глюкона и адреналина и раскрытие роли циклического аденозин-монофосфата в гормональном эффекте, то можно высказать вполне обоснованное заключение, что изучение гормонов в настоящее время развивается особенно бурными темпами. В различных лабораториях мира достигнуты значительные успехи, которые получают всеобщее признание, а эндокринология как наука о гормонах превращается в одно из ведущих направлений современных исследований.

Ю. А. Панков
Член-корреспондент АМН СССР
Москва

Космические исследования

«Вертикаль-5»

30 августа 1977 г. в 5 ч 30 мин по московскому времени с территории Европейской части СССР в средних широтах произведен запуск на высоту 500 км геофизической ракеты «Вертикаль-5». Цель запуска — продолжение исследований коротковолнового излучения солнечной короны и метеорного вещества, начатых на ракетах «Вертикаль-1 и -2» и спутниках «Интеркосмос-1, -4, -7, -11 и -16». Исследования проводятся в рамках программы «Интеркосмос» и осуществляются специалистами социалистических стран со времени запуска первого спутника серии «Интеркосмос» в октябре 1969 г.

Сейчас известно, что рентгеновское излучение от спокойной солнечной короны, температура которой около 2 млн градусов, практически отсутствует в диапазоне длин волн короче 10 Å. Однако в активных областях, над солнечными пятнами, корона разогревается до температур, превышающих 5 млн градусов. Такие области способны давать рентгеновское излучение большой энергии в диапазоне длин волн от 10 до 1 Å. Эта часть спектра активных областей остается практически вне поля зрения исследователей. В то же время ее изучение весьма важно, во-первых, потому, что интенсивность излучения в диапазоне от 10 до 1 Å экспоненциально зависит от температуры, что позволяет решить вопрос, существуют или не существуют в центре активной области участки с температурой до 10 млн градусов. Во-вторых, необходимо выяснить природу источников этого излучения, так как именно с их эволюцией связано возникновение самых мощных явлений солнечной

активности — солнечных вспышек, вызывающих целый комплекс геофизических явлений.

Для измерения малоинтенсивных потоков на «Вертикали-5» были установлены фотометры, изготовленные специалистами ПНР и СССР. Для фотографирования источников рентгеновского излучения с длинами волн меньше 12 Å в ПНР был разработан блок из 40 камер-обскур. Регистрируемый диапазон рентгеновского излучения зависит, с одной стороны, от толщины выбранного фильтра и материала и от состояния солнечной активности и времени экспозиции — с другой. Поэтому существенную роль для настройки этой аппаратуры играет прогноз солнечной активности, который во время эксперимента на «Вертикали-5» давал Научный совет службы «Солнце — Земля» АН СССР. Фильтры для камер-обскур были изготовлены из различных материалов: серебра, олова, титана, алюминия, бериллия, меди и др. Этот прибор уже работал на ракетах «Вертикаль-1» и «Вертикаль-2».

Второй прибор, изготовленный польскими специалистами, — широкополосный рентгеновский фотометр для измерения потока солнечной радиации во время низкой солнечной активности. Прибор работает в двух диапазонах: 0,8—10 и 1,8—6 Å. В качестве детекторов в нем используются два пропорциональных счетчика с фильтрами. Один счетчик наполняется аргоном, другой неоном.

Советские специалисты изготовили спектрогелиофотометр для измерения интенсивности рентгеновского излучения в диапазоне 2—15 кэВ. Прибор состоит из пропорционального счетчика, который обеспечивает счет рентгеновских квантов в четырех энергетических диапазонах. Проведенные ранее аналогичные измерения в этой

части спектра в активных областях не приводили к определенным результатам, так как не было ясно, регистрируются рентгеновские фотоны или ускоренные частицы в земной атмосфере. Поэтому в спектрогелиофотометре разработана сложная система защиты от фона космических лучей, которая включает пластиковый сцинтиллятор и фотоумножитель. Система антисовпадений позволяет отделить полезный сигнал от шума. Прибор отличается высоким временным разрешением, что позволяет изучать кратковременные всплески и колебания потока излучения.

Вся научная аппаратура размещается на специально разработанной стабилизированной платформе, осуществляющей наведение на избранный участок солнечной короны. Платформа представляет собой двухосную следящую систему, состоящую из грубого и точного датчиков Солнца, высокочастотных волновых приводов и электронно-логической системы. Вес устанавливаемой на ней научной аппаратуры может достигать 100—120 кг. Точность стабилизации не хуже 20 угловых секунд.

В дальнейшем предполагается также исследовать устойчивость солнечного излучения, его возможные быстрые колебания с целью выяснения, связано ли это излучение с вкраплениями газа, нагретого до 10 млн градусов, или же существует вклад излучения анизотропных пучков ускоренных электронов.

Для последующих экспериментов на ракетах «Вертикаль» учеными ПНР, СССР и ЧССР разработан ряд солнечных рентгеновских телескопов для получения изображения Солнца в диапазоне 10—30 Å и спектрометров для исследования спектра солнечной короны с высоким пространственным разрешением.

Для измерения пространственной плотности микрометеоритов на ракете «Вертикаль-5» был установлен детектор частиц, разработанный чехословацкими специалистами. Чувствительной поверхностью являются два конденсатора, каждый из которых состоит из четырех органических пленок толщиной около 1 мкм, напыленных алюминием с обеих сторон. Метеорная частица, обладающая достаточной энергией, создает пробой в конденсаторе, сигнал регистрируется и передается на Землю. Предельная чувствительность прибора составляет 10^{-14} г при условной скорости 20 км/с.

Л. А. Ведешин

Москва

Космические исследования

«Прогноз-6»

22 сентября 1977 г. в 3 ч 51 мин по московскому времени в Советском Союзе была запущена автоматическая станция «Прогноз-6», предназначенная для изучения солнечной активности и ее влияния на межпланетную среду и околоземное космическое пространство. Станция массой 910 кг была выведена на сильно вытянутую эллиптическую орбиту с высотой в апогее 197 900 км, в перигее — 498 км, наклоном 65° и периодом обращения 94 ч 48 мин. Выведение станции на расчетную траекторию было осуществлено с промежуточной геоцентрической орбиты.

«Прогноз-6» продолжил исследования, начатые в 1972 г. станцией «Прогноз». Как и на пяти предыдущих станциях этого типа, научная аппаратура на «Прогнозе-6» предназначена для исследования корпускулярного и электромагнитного излучений Солнца, потоков солнечной плазмы, а также для изучения магнитных полей в околоземном пространстве. Основная цель этих исследований — раскрытие механизма солнечно-земных связей (механизма воздействия повышенной солнечной активности и сопутствующих явлений на состояние около-

земной среды). Кроме того, на станции установлены приборы для исследования галактических ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма-лучей.

Большая часть научной аппаратуры на «Прогнозе-6» была разработана и изготовлена в Советском Союзе. На станции установлены также приборы, созданные в ЧССР и Франции по программам международного сотрудничества в области исследования и использования космического пространства. Французские ученые и специалисты совместно с советскими коллегами разработали прибор «Снег-2МП» для исследований в области гамма-астрономии, а также прибор «Галактика» для регистрации ультрафиолетовых лучей с длинами волн в диапазоне 120—350 нм.

Как известно, 17 июня 1977 г. в Советском Союзе с помощью советской ракеты-носителя был запущен французский спутник «Снег-3», специально предназначенный для исследований в области гамма-астрономии. Прибор «Снег-2МП» на станции «Прогноз-6» также установлен в соответствии с программой долгосрочного сотрудничества между СССР и Францией в области гамма-астрономических исследований; прибор позволит регистрировать гамма-лучи с энергиями в диапазоне ~ 1 МэВ и тем самым дополнит и расширит исследования, проводимые спутником «Снег-3».

Кроме того, французские специалисты изготовили прибор «МПГ» (эксперимент «Межпланетный гелий») для исследования состава межпланетной среды, в частности определения концентрации водорода, дейтерия и нейтрального гелия ($\lambda = 58,4$ нм) и прибор «ЖЕМО-С2» для изучения корпускулярного состава солнечной плазмы, в частности для регистрации электронов с энергиями в диапазоне от 0,3 до 20 МэВ, протонов (2—500 МэВ) и α -частиц (30—75 МэВ).

Чехословацкие ученые и специалисты разработали прибор «ТП-2» для изучения состава солнечных вспышек и

прибор для исследования характеристик рентгеновского излучения Солнца. Как известно, во время активных процессов на Солнце (например, во время солнечных вспышек) происходит ускорение заряженных частиц, которые, взаимодействуя с веществом солнечной атмосферы, генерируют рентгеновское излучение. Таким образом, исследование солнечного рентгеновского излучения позволяет получить данные о месте возникновения вспышки и энергетическом спектре возбуждавших его частиц и, следовательно, лучше понять механизм ускорения частиц и природу солнечной вспышки.

Глобальное и систематическое изучение физических процессов в околоземном космическом пространстве имеет важнейшее значение для современной науки. Эксперименты на «Прогнозе-6» являются значительным вкладом в программу Международного исследования магнитосферы (МИМ), начатую в 1976 г.

С. А. Никитин

Москва

Космические исследования

Гамма-просвечивание космических аппаратов

Для правильной интерпретации показаний детекторов космических излучений и результатов радиобиологических экспериментов в космосе, для расчета защиты экипажа и радиационно-чувствительных материалов от космического излучения важно знать, в какой степени это излучение, например протоны солнечных вспышек и радиационных поясов Земли, ослабляются оборудованием и конструкциями космических аппаратов. Б. С. Грибов, Н. Н. Репин, В. А. Сакович и В. М. Сахаров создали установку, принцип действия которой заключается в том, что в заданную точку внутри аппарата помещают изотропный гамма-источник, а прошедшее

через оборудование нерассеянное излучение регистрируется коллимированным сцинтилляционным детектором, который перемещается снаружи объекта.

Сравнивается интенсивность гамма-излучения, прошедшего через оборудование, с интенсивностью этого излучения в отсутствие приборов. Погрешность от излучения, рассеянного соседними участками, может достигать 10%. Наиболее простой способ повысить точность измерений — увеличить их длительность.

С помощью описанной установки определено распределение интенсивности космического гамма-излучения внутри некоторых космических аппаратов, в частности в зоне размещения животных биологического спутника «Космос-690».

«Космические исследования», 1977, т. XV, вып. 3, с. 491—493.

Космические исследования

Инфракрасные спектры лунного грунта

Из астрономических наблюдений известно, что в спектре отражения поверхности Луны есть максимум в инфракрасной области на длине волны 3,5 мкм. Спектры образцов лунного реголита, снятые в земной лаборатории, подтвердили астрономические данные.

Таким образом, появилась возможность применять инфракрасную спектроскопию отражения для изучения фазового состояния и даже элементного состава вещества небесных тел, лишенных газовой оболочки. При этом очень важно было узнать: отличаются ли спектры отражения реголита, доставленного на Землю и претерпевшего механические воздействия, перемешивания и т. д., от спектров реголита в естественном состоянии. На этот вопрос ответил экспери-

мент, проведенный М. Н. Марковым, Г. М. Гречко, А. А. Губаревым, Ю. С. Ивановым и В. С. Петровым на орбитальной станции «Салют-4». Для наблюдений использовался инфракрасный телескоп-спектрометр, разработанный в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР. В результате исследований, проведенных в космосе, установлено, что у спектров отражения реголита на Луне и у спектров лунного грунта, находящегося в земной лаборатории, видна интенсивная полоса отражения в диапазоне 3—5 мкм. Различие состоит в том, что максимум отражения для Луны несколько выше, а длинноволновый край полосы отражения круче и располагается на меньшей длине волны, чем для доставленных на Землю образцов. Это связано, по-видимому, с некоторыми структурными различиями грунта, исследованного в лаборатории, и грунта в естественном залегании.

«Космические исследования», 1977, т. XV, вып. 3, с. 475—478.

Космические исследования

Еще одна карта Марса

Н. Н. Крупенин построил карту диэлектрической проницаемости и плотности грунта Марса по данным поляризационных радиоастрономических измерений, проведенных с помощью станций «Марс-3» и «Марс-5», а также по данным наземных радиолокационных измерений на длинах волн 3,8 и 12,5 см. При построении карты вычислялись значения диэлектрической проницаемости и плотности грунта с учетом разрешения по поверхности в каждом эксперименте. Далее значения этих величин для локального участка поверхности усреднялись по всем измерениям, выполненным для данного района. На карте плотности грунта Марса обращает на себя внимание

район вблизи кратера Никс Олимпика, верхний покров которого состоит из весьма рыхлого грунта. Вероятно, это связано с протекавшей здесь ранее вулканической деятельностью, в результате которой район кратера оказался покрыт толстым слоем рыхлого вулканического пепла. Следует обратить внимание на западный край области Хеллас, исследованный с борта станции «Марс-3». Судя по данным измерений, предгорная часть этой области состоит из довольно плотного грунта.

Созданная карта показывает, что в верхнем покрове Марса значения диэлектрической проницаемости и плотности изменяются в очень широких пределах: от величин, соответствующих рыхлому грунту, до значений, характерных для земных и лунных скальных пород.

«Космические исследования», 1977, т. XV, вып. 3, с. 470—474.

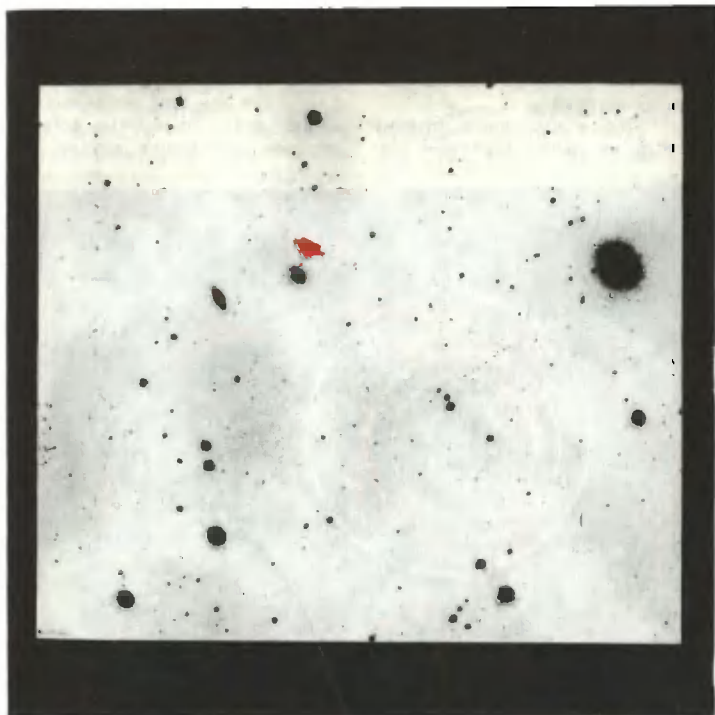
Астрономия

Сверхновая Куликовского

На Крымской станции Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга (ГАИШ) ведется регулярное патрулирование Сверхновых звезд с помощью 40-сантиметрового астрографа. В январе 1977 г. П. Г. Куликовский обнаружил Сверхновую, которая вспыхнула на периферии галактики NGC 4340 (координаты: прямое восхождение $\alpha = 12^h, 21^m, 1^s$; склонение $\delta = +77^\circ 0'$ (1950)).

Сверхновая была открыта вблизи максимума блеска и в момент обнаружения имела звездную величину 16,5 (в фотографических лучах). К сожалению, плохая погода не позволила построить уверенную кривую изменения светимости звезды со временем.

Это вторая Сверхновая



Сверхновая Куликовского 1977 [показана стрелкой]. Фотография получена П. Г. Куликовским на 40-сантиметровом астрографе Крымской станции ГАИШ.

звезда, открытая П. Г. Куликовским; первая обнаружена им в июне 1971 г.

Э. А. Дибай

Доктор физико-математических наук
Крымская станция ГАИШ

Астрономия

Оптическое излучение в области двойной радиогалактики 3С285

Радиоисточники, обнаруживаемые по их радиоизлучению, иногда отождествляются с оптическими галактиками.

Часто радиогалактики бывают двойными, причем области радиоизлучающей плазмы располагаются симметрично по обе стороны оптической (родительской) галактики. Принято считать, что облака релятивистских электронов, создающих радиоизлучение, выбрасываются из центральных частей галактики и расширяются в окружающее пространство, постепенно уменьшая свою яркость. До сих пор ни одно из таких радиооблаков не было обнаружено в оптике.

В марте 1977 г. американские астрофизики Б. Саслоу, Дж. Тайсон и П. Крэйн впервые обнаружили слабое оптическое свечение в одной из областей радиоизлучения, связанного с источником 3С285. С помощью 4-метрового телескопа-рефлектора обсерватории Китт-Пик были получены 4 негатива, на которых в месте расположения радиоисточника (восточный компонент двойной радиогалактики) найден слабый оптический объект размером порядка секунды дуги; объект имеет голубой цвет.

Была измерена фотоэлектрическая величина этого оптического объекта, которая оказалась равной 23^m , что по порядку величины соответствует яркости ночного неба. Была предпринята попытка измерить поляризацию, но она не удалась. Положение оптического объекта совпадает с максимумом протяженного радиоизлучения.

Как считают авторы, оптическое излучение является синхротронным излучением релятивистских электронов. Программа поиска оптического излучения в радиогалактиках продолжается; по мнению Саслоу, такое излучение, по-видимому, наблюдается еще в двух объектах — 3С3903 и 3С265.

«Astronomy and Astrophysics»,
1977, v. 59, p. 15.

Астрохимия

Самая тяжелая молекула в космосе

Группа астрономов, возглавляемая Л. У. Эвери и Дж. М. Маклеодом (Хертсберговский институт, Торонто, Канада), в результате радионаблюдений обнаружила присутствие в созвездии Тавра молекул цианотриацетилена (HC_3N). Это наиболее близкая к органическим соединениям молекула из всех, когда-либо наблюдавшихся в космическом пространстве.

Так как цианотриацетилен очень легко вступает в реакции, в свободном состоянии он на Земле не наблюдался, и поэтому характерный для него микроволновый спектр излучения до сих пор оставался неизвестен. По просьбе канадских астрономов группа исследователей, возглавляемая Г. Крото (Сассекский университет, Великобритания), синтезировала цианотриацетилен и определила спектр его излучения. Спектры, полученные независимо канадскими астро-

физиками и английскими химиками, совпали.

Цианотриацетилен основан на цепочке из семи спаренных атомов углерода. Дж. М. Маклеод считает, что более точное наименование — «цианогексатриин». По-видимому, под таким названием HC_3N и будет фигурировать в дальнейших публикациях.

Теперь специалисты надеются обнаружить в межзвездном пространстве девятиатомную цепочку углерода — HC_3N , а в дальнейшем, возможно, и органическое соединение. Так как простейшей из аминокислот является глицин, то сейчас в Монашском университете (Мельбурн, Австралия) изучается его микроволновый спектр.

«Science News», 1977, v. 111, № 17, p. 260—261 (США).

Метеоритика

Метеорит Иннисфри

5 февраля 1977 г. экипажи нескольких пассажирских самолетов, летавших над Северной Америкой, радиовали о наблюдении яркого светящегося объекта, идущего на снижение. Просмотр пленки, снятой в это время 12 станциями Канадской болидной сети, позволил канадскому астроному А. Холидею определить природу и траекторию этого объекта.

Было установлено, что это метеорит, входивший в верхние слои атмосферы со скоростью 14,2 км/с. На одном из снимков движение болиды прослеживается до высоты приблизительно 20 км над земной поверхностью.

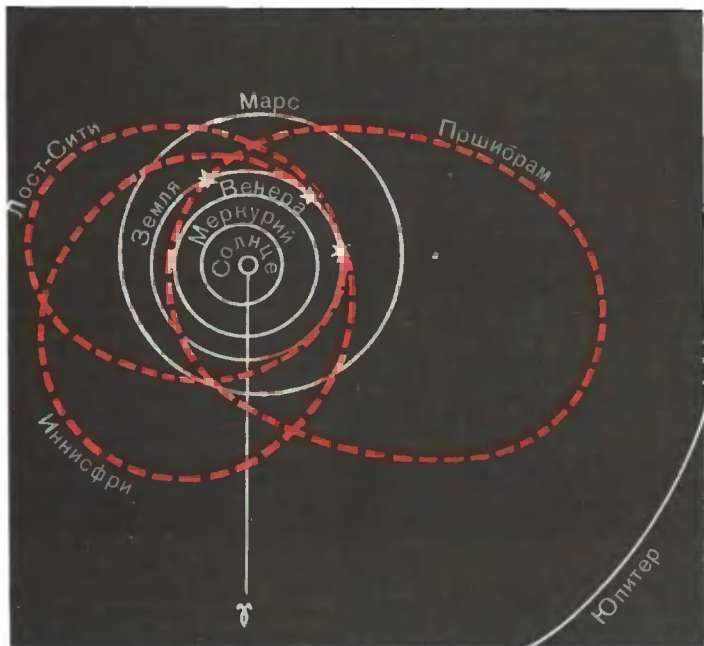
Обработка снимков на ЭВМ позволила определить район падения, где 16 февраля поисковая группа Холидея обнаружила метеорит на поле возле городка Иннисфри (давшего ему название), в 150 км к востоку от Эдмонта (провинция Альберта). Лабораторное изучение показало, что Иннисфри принадлежит к числу

гиперстеновых хондритов (с низким содержанием железа). Его масса составляла 2,07 кг, а размеры несколько больше кулака¹.

Это всего лишь третий за всю историю изучения ме-

теоритов метеорита Лост-Сити², выпавших в штате Оклахома (США) в январе 1970 г., весом более 17 кг.

Все эти три небесных тела двигались по орбите, афелий которой находился внутри ор-



Падение метеоритов Пршибрам [1959], Лост-Сити [1970] и Иннисфри [1977] удалось сфотографировать, это позволило определить их орбиты.

теоритов объект, падение которого удалось с достаточной точностью сфотографировать для определения его орбиты. Два других метеорита были значительно крупнее: общая масса обломков метеорита Пршибрам, найденного в Чехословакии в апреле 1959 г. и принадлежащего к классу бронзито-вых хондритов, составляет почти 10 кг; четыре обломка брон-

зитов. Юпитера. Отсюда делается вполне обоснованное предположение, что они пришли в окрестности Земли из пояса астероидов, лежащего между Юпитером и Марсом. Вероятно, именно Юпитер своим притяжением нарушил их первоначальную орбиту.

Редкие случаи быстрого обнаружения метеоритов после их падения позволяют использовать их как своего рода «космический зонд». Например, изучение метеорита Лост-Сити показало, что поток космических лучей, в особенности их высокоэнергичная компонента, на расстоянии около 300 млн км от Земли резко возрастает — примерно на 20%. По-видимому, в более близких районах потоку космических лучей препятствует солнечный ветер. Быстрое обнаружение выпав-

¹ По более поздним сообщениям, найдено еще 6 обломков, и общая масса метеорита Иннисфри приближается к 4 кг. (Прим. ред.)

² Подробнее см.: «Природа», 1975, № 7, с. 41.

ших метеоритов дает также возможность определить хронологию изменений в процессах солнечной активности. Для этого измеряется содержание изотопов, возникших в метеоритах под действием космических лучей (в том числе такого короткоживущего, как ^{37}Ar — период его полураспада 35 сут).

Исследование метеорита Иннисфри продолжается.

«Science News», 1977, v. 111, № 14, p. 212 (США).

Физика

Получение пикосекундных импульсов лазерного излучения

Сверхкороткие световые импульсы — необходимый инструмент при изучении процессов, длительность которых не превышает 10^{-9} — 10^{-12} с. Источником таких импульсов служит обычно лазер, работающий в режиме пассивной синхронизации мод. Для осуществления такого режима в резонатор лазера вводят кювету с раствором насыщающегося поглотителя, который должен обладать двумя основными свойствами. Во-первых, пропускание излучения падающего на кювету с поглотителем, должно возрастать по нелинейному закону вплоть до насыщения при увеличении интенсивности этого излучения. Во-вторых, поглотитель должен восстанавливать свои свойства за время, меньшее времени прохода импульса по резонатору. В противном случае поглотитель, оставаясь просветленным, не участвует в формировании импульсов. Однако если время релаксации просветления велико, сам процесс просветления (или насыщение поглощения) осуществляется легко, т. е. при малой интенсивности излучения активной среды. И наоборот, при коротких временах жизни молекул поглотителя в возбужденном

состоянии, т. е. при малых временах релаксации просветления, насыщение поглощения осуществляется лишь при весьма высоких интенсивностях.

Таким образом, для получения сверхкоротких импульсов света наиболее выгодно использовать насыщающийся поглотитель, казалось бы, с взаимоисключающими свойствами: он должен легко просветляться и быстро релаксировать в исходное состояние.

На физическом факультете Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР получены импульсы пикосекундной длительности при вынужденном сокращении времени релаксации просветления поглотителя. В МГУ использован лазер на органических соединениях с ламповой накачкой, в ФИАНе — рубиновый лазер. Методика получения сверхкоротких импульсов в условиях вынужденного сокращения времени релаксации просветления поглотителя как раз и позволяет объединить упомянутые выше взаимоисключающие свойства поглотителя.

Сокращение времени релаксации наступает в результате возбуждения генерации в полосе флуоресценции молекул поглотителя. Для этого кювета с раствором поглотителя изготавливается таким образом, что служит одновременно высокодобротным оптическим резонатором (на плоскопараллельные боковые грани такой кюветы наносятся отражающие диэлектрические покрытия). Насыщающийся поглотитель под действием излучения активной среды лазера легко просветляется, т. е. его молекулы оказываются в возбужденном состоянии. Если излучение активной среды достаточно интенсивно, то из спонтанных переходов молекул поглотителя в основное состояние развивается генерация, которая опустошает возбужденный уровень; наступает быстрая релаксация просветления.

В результате чрезвычайно быстро формируются импульсы пикосекундной дли-

тельности. Это особенно важно в условиях импульсной накачки. Кроме того, существенно расширяется класс веществ, которые можно использовать в качестве насыщающихся поглотителей. Малое время релаксации просветления не является теперь необходимым условием, поэтому можно использовать хорошо известные красители с удачно выбранными спектрами поглощения. В области около 580 м при использовании в качестве активной среды раствора родамина 6Ж в этиловом спирте, а в качестве насыщающегося поглотителя — этанольного раствора крезилла фиолетового, были получены импульсы, длительность которых не превышала 30 пс. По-видимому, описанную методику можно применять и в ультрафиолетовой части спектра (340 нм), когда активной средой служит паратерфенил, а насыщающимся поглотителем — раствор РОРОР.

«Квантовая электроника», 1977, т. 4, № 11, с. 2442—2447.

Физика

Открыта новая частица

Группа Л. Ледермана (Батавия, Лаборатория им. Э. Ферми, США) в экспериментах на ускорителе с энергией 400 ГэВ обнаружила новую частицу (резонанс) с массой около 9,5 ГэВ, способную распадаться на положительный и отрицательный мюоны.

Мишени из меди и пластины облучались протонами с энергией 400 ГэВ. Детектор, представляющий собой двухлучевую спектрометр, регистрировал мюоны, рождающиеся одновременно. Всего было обнаружено 9 тыс. событий, в которых регистрировалось одновременное появление двух мюонов с массой системы больше 5 ГэВ. Относительная

точность в измерении массы составляла примерно 2%. В качестве контрольного опыта детектировались уже известные частицы: J/ψ -частицы с массой $\sim 3,1$ ГэВ и ψ' -частицы с массой $\sim 3,75$ ГэВ.

В результате обработки экспериментальных данных авторами было получено распределение числа двухмюонных событий в зависимости от массы системы. В области 9,5 ГэВ отчетливо наблюдается резонанс, содержащий несколько сот событий. (Расчетное значение массы $9,54 \pm 0,04$ ГэВ.)

В 1974 г. в аналогичных опытах были открыты J/ψ -частицы¹, что послужило началом чрезвычайно интенсивного развития новых представлений в физике элементарных частиц и привело к появлению «стандартной схемы», согласно которой все известные частицы и резонансы можно построить из четырех кварков и антикварков. Означает ли открытие группы Ледермана, что в природе существует еще один тип кварков или это более сложное образование из прежних кварков, покажут дальнейшие эксперименты.

В. П. Мартемьянов
Москва

Физика

Световые лучи взаимодействуют на расстоянии

А. Ч. Тэм и В. Халпер (Нью-Йорк, США) обнаружили взаимодействие между двумя параллельными пучками света, проходящими через пары натрия. Если частота обоих пучков чуть выше частоты спектральной линии D1 натрия (область аномальной дисперсии), а пучки параллельны и не перекрываются (расстояние меж-

ду ними $\sim 0,5$ мм), то в случае противоположной циркулярной поляризации пучки, проходя через пары натрия, отталкиваются (при одинаковой поляризации — притягиваются).

Взаимодействие пучков не представляет собой рассеяние света на свете, а осуществляется с помощью поляризованных по спину атомов натрия. Этот же эффект приводит к расщеплению линейно поляризованного пучка на два луча, циркулярно поляризованных в противоположных направлениях. Авторы назвали наблюдаемый эффект «циркулярным самодулучепреломлением». Существенно, что частота света должна быть немного больше частоты атомного перехода в натрии.

По-видимому, оптическое возбуждение линии D1 приводит к ориентации спинов атомов натрия параллельно спинам фотонов в пучке. Таким образом, каждый пучок окружен преимущественно атомами натрия, спины которых параллельны спинам фотонов пучка и антипараллельны спинам фотонов (а следовательно, и атомов) другого пучка. Поляризованные атомы натрия свободно диффундируют из пучка и образуют вокруг него своего рода оболочку. Такая оболочка оказывает отталкивающее действие на противоположно поляризованный луч, причем сила взаимодействия квадратично зависит от расстояния.

«Physical Review Letters»,
1977, v. 38, № 6, p. 278
(США).

Молекулярная биология

«Вертикальные» перемещения мембранных белков

М. Шиницки (Национальный институт здоровья, Бетесда, США) разработал новый метод регистрации движения мембранных белков

и с успехом применил его для изучения структуры мембран эритроцитов человека.

К настоящему времени известно много примеров перемещения белков в плоскости биомембраны, о смещении же белков перпендикулярно плоскости мембран сообщалось лишь в очень немногих публикациях. Метод Шиницки, позволяющий регистрировать именно такие перемещения, основан на том, что в мембранные белки с помощью дансилазиридина или N-(1-анилинафтален-4-) малеимида вводится высокочувствительная флуоресцентная метка. Положение максимум флуоресценции этой метки зависит от того, находится ли участок белка с меткой в водной фазе или он погружен в гидрофобную фазу мембраны. Кроме того, положение белка относительно границы раздела фаз (мембрана — вода) можно выяснить, добавляя в водную суспензию мембранных частиц специальные вещества — гасители флуоресценции (производные пиридина и пиколина).

Используя эти подходы, Шиницки показал возможность перемещения мембранных белков эритроцитов человека в направлении, перпендикулярном плоскости мембраны. Обогащение мембран холестерином повышало «вязкость» молекулярного окружения мембранных белков (так называемую микровязкость) и вело к частичному вытеснению белков из мембран в водную фазу; уменьшение же микровязкости влекло за собой более глубокое погружение белков в мембрану.

Новые данные о «вертикальных» перемещениях мембранных белков свидетельствуют о более широкой, чем считалось прежде, распространенности этого явления при функционировании биомембран. Они подтверждают предположение, высказанное С. А. Остроумовым (Институт биоорганической химии АН СССР) и Л. Н. Воробьевым (Московский государственный университет), что такого рода перемещения играют большую роль в регуляторной функции био-

¹ Окунь Л. Б. Новые мезоны. — «Природа», 1976, № 8.

мембран: при подобных смещениях белковых субъединиц, входящих в состав мембранных ферментов или транспортных систем, активность и тех и других белково-мембранных комплексов может обратимо изменяться.

По материалам: «Биологические науки», 1976, № 7, с. 22—24; «Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA», 1976, v. 73, p. 4526—4530 (США); «Biochemistry», 1977, v. 16, p. 982—986 (США).

Биохимия

Воздействие гербицидов на почвенные микроорганизмы

Специалисты Института почвоведения АН КазССР провели обширную серию опытов с гербицидами корневого и систематического действия в условиях Южного Казахстана, на орошаемых почвах и при богарном земледелии. Цель, которую поставили перед собой исследователи, — установить воздействие гербицидов на биохимические процессы, протекающие в почвах различных климатических зон республики. Большинство гербицидов не оказывает угнетающего действия и даже стимулирует деятельность микроорганизмов, но некоторая их часть отличается токсичностью.

Объектами исследования стали сероземы, светло- и темно-каштановые почвы под посевами орошаемой сахарной свеклы и озимой пшеницы на богаре. Лишь в начале вегетации отмечалось некоторое угнетение микрофлоры. Небольшое токсическое действие характерно для мурбетолы, алипура и смеси последнего с далапоном в пределах слоя почвы 0—10 см. Алипур и эптам подавляли рост бактерий в каштановых, а эптам — в темно-каштановых почвах; ингибирующее действие продолжалось 15—20 дней. Особенно чувствительны к производствен-

ным дозам гербицидов были актиномицеты и грибы.

В лабораторных условиях определялось действие различных концентраций леноцила и ронита на чистые культуры микроорганизмов. Раствор концентрации 0,1 г/л соответствует производственной полевой дозе, применяемой для сахарной свеклы. Установлено, что леноцил не угнетал развития микрофлоры даже при больших дозах. Более токсичным по отношению к грибам, актиномицетам и бациллам оказался ронит, ингибирующий их рост при 1%-ной концентрации.

Особенно важно применять гербициды при борьбе с сорняками в условиях малообеспеченного влагой богарного земледелия. Так как механическая прополка приводит к разрыхлению почвы и нежелательному дополнительному испарению влаги, то более эффективна химическая прополка. Использование гранулированного молиндата и малолетучего эфиро 2,4Д показало, что эти гербициды не угнетают бактерии, актиномицеты и грибы. Вдобавок усиливается процесс нитрофикации, выделения углекислоты, увеличивается активность почвенных ферментов. В то же время не снижается биологическая активность сероземов при посеве озимой пшеницы и применении перечисленных гербицидов.

Так как многие исследователи основную роль в детоксикации гербицидов отводят микронаселению почвы, используемому исходные соединения и их метаболиты в качестве источников биофильных элементов и энергии, то были проведены эксперименты со стерильной и нестерильной почвами. Действительно, в стерильной почве токсическое действие гербицидов сохранялось полностью, в отличие от почвы, не подвергавшейся стерилизации.

Но основная роль в разложении гербицидов принадлежит почвенной микрофлоре. При этом экологические факторы, улучшающие условия жизнедеятельности микроорганизмов и способствующие их

размножению, значительно усиливают процесс детоксикации гербицидов. Необходимо только помнить, что функциональная деятельность многих экологических систем, среди которых заметное место занимает такое сложнейшее сочетание, как почва с ее разнообразными биоценозами, предельно чувствительны к отклонениям от привычной нормы, часто возникающим как следствие неблагоприятного вмешательства человека. Поэтому мероприятия по химизации сельского хозяйства и широкому применению химических средств защиты растений требуют самого серьезного контроля.

По-видимому, прежде всего необходимо создавать биологические активные соединения, не накапливающиеся в пахотном слое, с относительно короткими сроками разрушения. Не менее важен подбор оптимальных экологических условий, при которых активизируется жизнедеятельность почвенных микроорганизмов, что в конечном итоге способствует уничтожению гербицидов. Кроме того, каждый предлагаемый для внедрения гербицид необходимо проверять не только на сорняках и культурных растениях, но и на почвенной микрофлоре, способствующей восстановлению эффективного плодородия почвы и повышающей урожайность сельскохозяйственных растений.

Действие гербицидов на почвенные микроорганизмы в условиях Казахстана.
Пушино, 1977.

Молекулярная биология

Биологические структуры под рентгеновскими лучами

Е. Спиллер, Р. Федер, Дж. К. Топалян (Научно-исследовательский отдел американ-

ской фирмы «Ай-Би-Эм») разработали новый метод микроскопии в рентгеновских лучах. Чтобы получить изображение биологического объекта, его помещают на тонкую пленку (резист) и облучают пучком рентгеновских лучей. Затем пленку опускают в особый растворитель, удаляющий те ее части, которые, не будучи защищены исследуемым объектом, подверглись наиболее интенсивному облучению. В результате на поверхности пленки появляется изображение, размеры и форма которого соответствуют размеру и форме объекта, нанесенного на пленку. После этого изображение фотографируют с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Таким способом можно получать изображения объектов с разрешением, приблизительно в 25 раз превышающим разрешение лучших световых микроскопов. Несомненные преимущества нового метода и перед электронным микроскопом. Прежде всего, это возможность получать изображения в относительно «мягких» условиях. Напомним, что в пучке электронов разрушаются многие лабильные биологические объекты. Кроме того, при электронной микроскопии применяется специальная обработка биологического материала, которая может вызвать образование артефактов. Недостаток электронной микроскопии еще и в том, что объект можно наблюдать лишь в вакууме, т. е. в условиях, далеких от естественных.

Используя новый метод для микроскопирования пигментных клеток сетчатки глаза лягушки, Б. Панесса и А. Задунайски (Нью-Йоркский университет) обнаружили в их составе неизвестные ранее мельчайшие структуры размером около 50 Å.

Дж. Седат (Йельский университет), исследуя хромосомы из слюнных желез плодовой мушки (дрозофилы), получил очень четкое изображение, на котором видны структуры хромосомы размером около 250 Å. Есть надежда, что этот метод удастся

применить для определения порядка расположения генов в хромосоме.

Однако получение пучка рентгеновских лучей необходимой интенсивности — непростая задача. Например, чтобы получить качественное изображение пигментной клетки лягушки, американским специалистам пришлось воспользоваться синхротронным излучением гамбургского ускорителя (ФРГ). Другой недостаток метода — довольно длительное время экспозиции (около 10 ч). Предполагается, однако, что в ближайшее время метод будет усовершенствован и упрощен.

«Science News», 1977, v. 111, № 11, p. 171 (США).

Зоология

Боливийский дельфин — самостоятельный вид

Швейцарский исследователь китообразных Г. Пиллери (Бернский университет) на основе материалов, собранных во время экспедиции в Боливию в 1976 г., пришел к выводу о существовании самостоятельного вида речных дельфинов — боливийского дель-

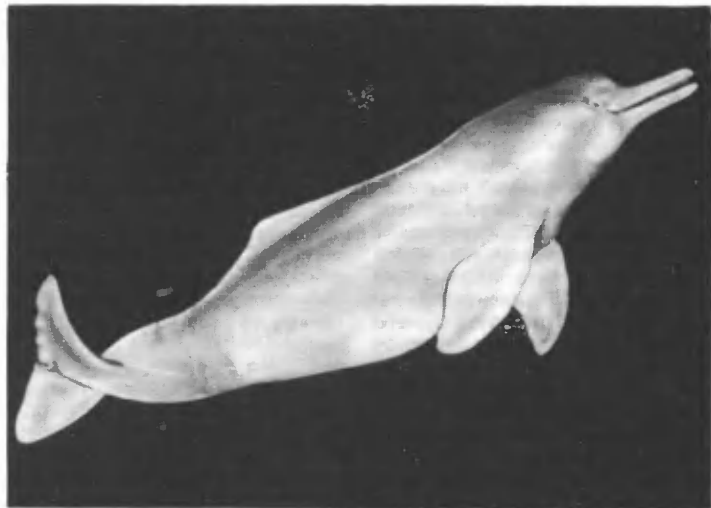
фина (*Inia boliviensis*)¹, который четко отличается по числу зубов и пропорциям тела от типичного пресноводного амазонского дельфина (*Inia geoffrensis*).

Экспедиция Пиллери обследовала бассейны рек Бени и Маморе, образующих после слияния один из крупных притоков Амазонки — Мадейру. Исследователи установили, что популяции речных дельфинов этого района, обитающие не только в реках, но и в огромных, тянущихся на многие десятки километров полупроточных озерах, полностью изолированы от популяций амазонского дельфина громадными водопадами. Такая изоляция длится не менее нескольких миллионов лет. Этого времени оказалось вполне достаточно для возникновения самостоятельного вида, выделившегося из некогда единой группы популяций речных дельфинов Амазонки.

Несколько лет назад Пиллери и его сотрудники установили видовую самостоя-

¹ Pilleri G. Zoologische Mission in Beni (Bolivia) und nach Uruguay (1976—1977). Verl. Hirnanatom. Inst., Ostermundigen, Schweiz, 1977.

Боливийский дельфин [*Inia boliviensis*].



тельно² речного пресноводного дельфина, обитающего в р. Инд на п-ве Индостан². Таким образом, за последние годы семейство речных дельфинов (Platanistidae), состоявшее, как считалось, всего из четырех видов (ла-платского, амазонского, китайского и гангского)³, пополнилось двумя новыми видами. Общее же число видов зубатых китообразных ныне составляет не менее 72.

А. В. Яблоков

Доктор биологических наук

Москва

Зоология

«КПД» передвижения пингвинов

Места гнездовых императорских пингвинов часто расположены на большом расстоянии от кромки льдов. Ежегодно, с наступлением времени выведения птенцов, каждый взрослый пингвин покидает водную стихию и направляется к месту гнездовья. Единственный источник пищи остается в море, и все время нахождения в пути пингвин ничего не ест. Максимальная скорость его передвижения едва достигает 3 км/ч. В связи с этим можно было предполагать, что по крайней мере расход энергии при ходьбе у пингвинов сведен к минимуму.

Эту проблему изучали американские биологи Б. Пиншоу, М. Федак и К. Шмидт-Нильсен. Чтобы определить энерготраты пингвинов, они измеряли потребляемый ими кислород (для чего снабжали их резиновой маской и обучали ходить по бесконечной ленте). Измерения показали,



пингвин, снабженный резиновой маской, движется по бесконечной ленте. Таким способом исследователи измеряют объем потребляемого им кислорода, чтобы определить затрачиваемую им при ходьбе энергию.

что «коэффициент полезного действия» пингвинов при ходьбе весьма невысок. Двигаясь со скоростью 3 км/ч на расстояние 1 км, императорский пингвин (а также пингвин Адели) расходует на 20—80% кислорода больше на единицу массы своего тела, чем другие птицы. Затраты энергии у них вдвое выше, чем у большинства бегающих млекопитающих со сравнимой массой тела.

Исследователи указывают, что пингвины по своей морфологии и способу передвижения занимают среднее положение между водными и сухопутными животными. Однако такой «компромисс», ссылаясь на эффективность и скорости ходьбы, в то же время мало влияет на степень приспособленности этой птицы к условиям существования. Дело в том, что на суше у пингвинов практически нет врагов: единственный хищник — антарктический поморник — лишь похищает их яйца, но, видимо, безопасен для взрослых особей. Кроме того, пингвины при необходимости могут увеличивать свою скорость на суше:

они ложатся на брюхо и скользят, отталкиваясь от снега или льда мощными лапами.

«The Sciences», 1977, v. 17, № 3, p. 4 (США).

Ботаника

Американская фрелихия в Австралии

На территории австралийского штата Квинсленд широко распространилась фрелихия (*Froelichia floridana*), занесенная с американского континента.

Первые находки фрелихии в Австралии стали известны еще в 1959 г., но тогда она не образовывала массивных зарослей. Теперь же этим растением в южной части штата занята пять отдельных урочищ площадью до 250 га каждое.

Все районы, где встречается фрелихия, характеризуются легкими песчаными почвами. Здесь фрелихия успешно вытесняет местные виды. На других почвах, как полагают специалисты, она встретит более активное сопротивление со стороны местных травянистых растений.

Биология и экология фрелихии, а также возможные меры контроля за ее распространением продолжают изучаться сотрудниками Сельскохозяйственной исследовательской станции в Шервуде (Квинсленд).

«Smithsonian Institution Natural Science Event Bulletin», 1977, v. 2, № 4, p. 14 (США).

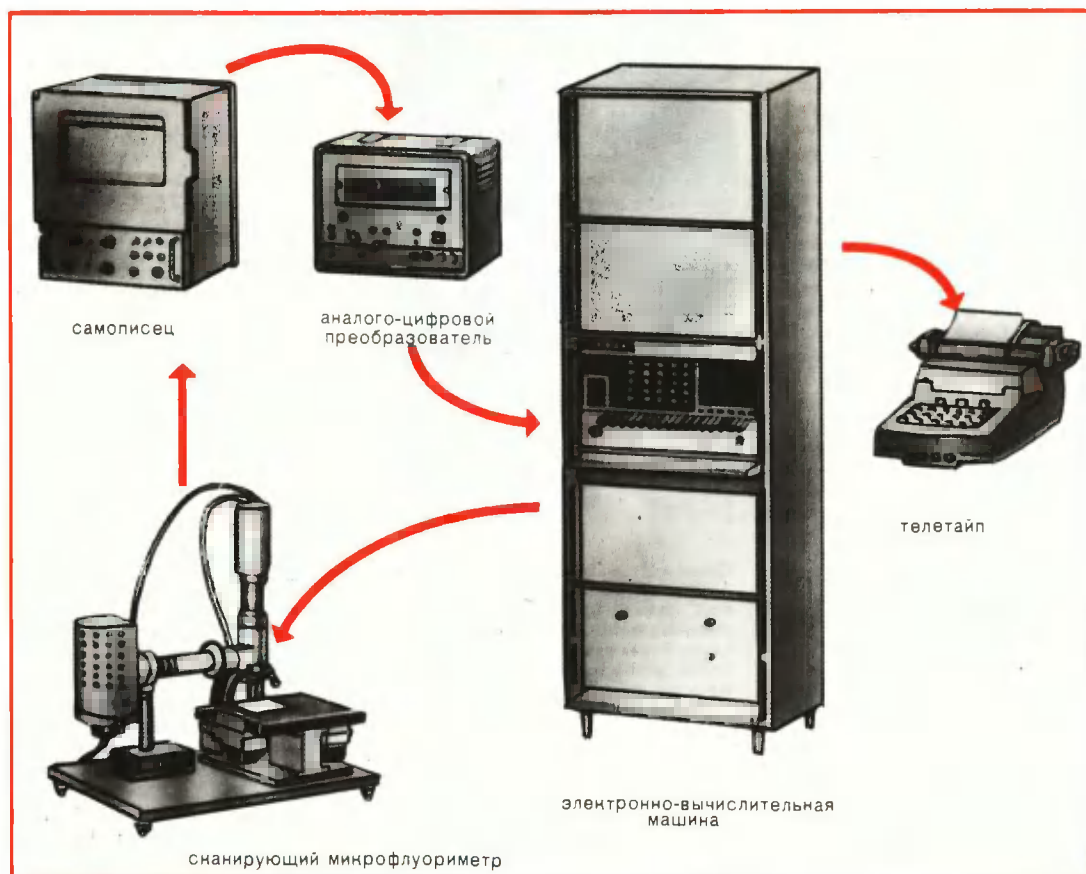
Химия

Обработка тонко-слоистых хроматограмм с помощью мини-ЭВМ

В Институте молекулярной биологии АН СССР со-

² Pilleri G. Field observations carried out on the Indus Dolphin *Platanista indi* in the winter of 1972. *Investig on Cetacea*, 1972, v. IV.

³ Яблоков А. В. и др. Киты и дельфины. М., 1972.



Блок-схема системы автоматизации измерений и обработки тонкослойных хроматограмм.

здана система, предназначенная для автоматизации измерений и обработки тонкослойных хроматограмм.

Техника тонкослойной хроматографии позволяет осуществлять разделение чрезвычайно малых, наногаммовых количеств исходного материала. Хроматографическая зона на тонкослойной хроматограмме имеет форму, близкую к эллипсу, а ее поперечные размеры обычно составляют несколько миллиметров. Один из наиболее чувствительных методов измерения количества вещества в таких зонах — флуоресцентный метод, основанный

на измерении флуоресценции красителя, который связывается с исследуемым веществом.

Возбуждающий флуоресценцию световой зонд сканирует каждую хроматографическую зону по двум взаимно перпендикулярным направлениям, совпадающим с направлениями хроматографирования и проходящим через центр зоны. С помощью фотоумножителя и самописца регистрируется свет флуоресценции, затем определяются площади под кривыми, вычерченными самописцем, и на основании полученных данных подсчитывается количество вещества в хроматографической зоне.

Используемая в Институте молекулярной биологии АН СССР система состоит из двух главных элементов — сканирующего микрофлуориметра и мини-ЭВМ. На столике микрофлуориметра размеща-

ется измеряемая тонкослойная хроматограмма. Импульсы, управляющие движением сканирующего столика, подаются от ЭВМ. При перемещении столика световой зонд возбуждает флуоресценцию вещества в хроматографической зоне.

Свет флуоресценции с помощью имеющейся в приборе оптической системы попадает на вход фотоэлектронного умножителя и преобразуется в электрический сигнал, который усиливается и после преобразования поступает на вход ЭВМ. Программа ЭВМ составлена таким образом, что система автоматически находит максимум хроматографической зоны, осуществляет сканирование по обоим направлениям, вычисляет количество анализируемого вещества в зоне и печатает результаты измерений. Если из-за плохого разделения некоторые хроматографические зо-

ны сливаются, ЭВМ производит нужные расчеты и с ошибкой, не превышающей 5—6%, определяет количество вещества в каждой из зон, несмотря на их плохое разделение. Подобные расчеты можно выполнить и без применения ЭВМ, но это требует весьма длительного времени, что в потоковом анализе, при большом количестве измерений, нежелательно.

Использование автоматической системы значительно облегчает труд исследователя, повышает точность определения количества вещества, почти в 20 раз (по сравнению с ручной обработкой) уменьшает время, требуемое для проведения полного анализа тонкослойной хроматограммы и, наконец, уменьшает требования к качеству хроматографического разделения.

Л. Б. Каминир

Кандидат технических наук

Москва



Минералогия

Уникальные кристаллы кварца в Крыму

На берегу Симферопольского водохранилища, в изверженных породах южной окраины Лозовского карьера, найдены кристаллы полупрозрачного кварца необычной для Крыма величины — до 10 см длиной (еще недавно самым крупным в Крыму считался кристалл призматической формы длиной около 3 см).

Кристаллы обнаружены в полостях кварцевых жил в самой верхней части вулканогенной толщи Лозовского массива, относящегося к нижнеюрскому возрасту. Сама эта толща имеет весьма сложный петрографический состав. Она залегает на породах тааврической серии (верхний триас — нижняя юра) и перекрыта осадочными отложениями эскиординской свиты нижнеюрского возраста. Слагающие массив породы подверглись интенсивным постмагматическим изменениям.

Параллельный сросток крупного кристалла кварца (10 см по длинной оси, 4—5 см в поперечнике) с меньшими кристаллами. Найдено автором в Крыму.

Ярко выраженные денудационные процессы, а также ряд действующих здесь карьеров хорошо вскрыли Лозовский массив, что позволило детально его изучить. Давно уже в этом районе установлено разнообразное рудопроявление, не имеющее, однако, промышленного значения (содержание микрокомпонентов в породах, равно как в воде источников Лозовского участка и в одном из найденных кристаллов, носит аксессуарный характер и представляет лишь минералогический интерес).

Опишем два наиболее интересных образца из найденных кристаллов. Один из них, размером 10 см по длинной оси и 4—5 см в поперечнике, находится в параллельном сростании с более мелкими кристалликами кварца, аналогичными по форме. Он име-

ет удлиненно-призматическую форму гексагонального облика благодаря хорошо развитым граням призмы $(10\bar{1}0)$; грани ромбоэдра $(10\bar{1}1)$ и $(01\bar{1}1)$ в кристалле развиты в одинаковой степени слабо; грани трапецоэдра и бипирамиды не проявились¹. К стенке полости весь сросток прикреплялся гранями призмы и частично гранью ромбоэдра самого большого кристалла, что способствовало развитию его обеих вершинок.

Другой кристалл, тоже призматической формы, окончательный, рос в друзовой полости; он имеет длину 10,2 см и поперечник 1,5 см. Вершинка этого кристалла напоминает острое хорошо отточенного шестигранного карандаша.

Грани призмы каждого из кристаллических индивидов покрыты поперечной штриховкой. Кварц бесцветен, в поверхностной зоне чистый, прозрачный, но внутренняя часть

¹ Гониометрические определения проведены Ю. А. Борисенко (Харьковский государственный университет).

каждого кристалла вблизи пирамид нарастания, особенно у места прикрепления, изобилует мелкими трещинками и включениями.

Особенности морфологии найденных кристаллов кварца, а также характер внутреннего строения указывают на их образование из низкотемпературных гидротермальных растворов (не более 360°C) в тектонически активной зоне, в пределах которой заложена долина р. Салгир.

Находка описанных кристаллов кварца явилась неожиданностью даже для знатоков минералогии и геохимии Крыма; она представляет определенный научный интерес в связи с изучением гидротермальных проявлений полиметаллических и других полезных ископаемых в пределах Крыма.

Профессор С. В. Альбов
Л. С. Педан

Симферополь

Сейсмология

Новая модель вулканизма и сейсмичности Камчатки

Принято считать, что в зоне гипоцентров землетрясений, где происходит накопление и разрядка упругих напряжений, вещество Земли жестче и, соответственно, сейсмическая добротность мантии выше, и наоборот, под действующими вулканами вследствие влияния магматических очагов вещество Земли размягчено, коэффициент поглощения сейсмических волн больше, т. е. сейсмическая добротность мантии уменьшается. Новые исследования

на Камчатке (В. В. Жадин, Институт горного дела СО АН СССР) противоречат этой общепринятой точке зрения.

В результате длительной работы камчатской региональной сети сейсмических станций получены спектральные характеристики поперечных волн землетрясений с глубиной очага 0—250 км. По этим характеристикам автором построено двумерное распределение добротности в поверхностных слоях мантии с нижней границей на глубинах 15, 70, 120 и 200 км.

Выделены области, отличающиеся разным характером распределения добротности. Оказалось, что большая часть действующих камчатских вулканов расположена над областью повышенных значений добротности; область низких значений добротности соответствует очагам землетрясений. Контуров еще одной области совпадают с зоной перехода от низменностей к возвышенностям.

Явное противоречие наблюдений с классическими моделями вулканизма и сейсмичности позволяет автору предположить иной механизм извержения вулканов на Камчатке. Дополнительная тепловая энергия извержений поступает не от магматических очагов (близость которых сказалась бы в уменьшении сейсмической добротности), а получается за счет окислительных реакций между глубинным материалом мантии и вкрапленными в него блоками континентальной литосферы. Присутствие последних объясняет нерегулярное распределение добротности под большей частью вулканов.

С другой стороны, совпадение активной сейсмической зоны с сильно поглощающей сейсмические волны областью разогретой мантии позволяет предположить здесь и специфический механизм землетрясений. Возможно, камчатские толчки связаны с остыванием и последующим изменением объема верхних слоев разогретого пластичного материала, в результате чего верхняя «хрупкая» корка

обрушивается в образовавшиеся пустоты. При этом возникают и специфические формы геоморфологии Камчатки — грабены и глубоко врезаемые в побережье морские бухты. Существенно, что очаги землетрясений на разных глубинах приурочены к зонам резкого изменения сейсмической добротности и, следовательно, максимальных градиентов температуры мантии.

В целом можно сделать вывод, что в тектонически активных зонах глубинный материал мантии находится в состоянии пластичного течения; он распространяется вверх вследствие конвективной неустойчивости и отделяется от земной поверхности относительно тонкой и однородной «хрупкой» коркой.

«Известия Академии наук СССР. Сер. физика Земли», 1976, № 2, с. 23—29.

Сейсмология

Пересмотр шкалы Рихтера

Сейсмолог Х. Канамори (Калифорнийский технологический институт, Пасадена, США) обращает внимание специалистов на недостатки широко принятой во всем мире сейсмической шкалы Рихтера, которые не позволяют, по его мнению, достаточно точно определять силу землетрясений с весьма высокими энергиями.

Эта шкала «игнорирует» длиннопериодные сейсмические волны, связанные с землетрясениями самой большой магнитуды. Такие землетрясения, очевидно, возникают вдоль вытянутых на значительные расстояния разломов земной коры и высвобождают энергию в виде волн, которые стало возможным регистрировать лишь благодаря недавно созданной аппаратуре. Поэтому в действительности шкала Рихтера занижает количество энергии, выделяемой такими подземными толчками, примерно в 60 раз. Например, Аляскинское зем-

¹ Сейсмическая добротность характеризует потерю энергии за период колебания (величина, обратная коэффициенту поглощения сейсмических волн).

летрясение 27 марта 1964 г., магнитуда которого по шкале Рихтера определена как 6,4, с учетом поправок должно иметь магнитуду 9,2; магнитуда Чилийского землетрясения 1960 г., оценивавшаяся по Рихтеру в 8,3, должна быть повышена до 9,5.

Предлагаемый Канамори пересмотр шкалы не затронет оценки землетрясений с меньшими магнитудами, поскольку для них не характерны длинные периодические волны.

«Science News», 1977, v. 116, No 9, p. 139 (США).

Метеорология

Тихоокеанская сеть метеорологических буйев

В апреле 1977 г. Национальное управление по изучению океана и атмосферы США завершило создание в Тихом океане сети специальных буйев, предназначенной для исследования процессов в водной и воздушной средах.

Последний из шести буйев типа «РЕВ» («Prototype Environmental Buoy» — «Прототипный буй для исследования среды»), входящих в эту сеть, был установлен в пункте с координатами 41,0° с. ш., 138,0° з. д., в нескольких сотнях километров от побережья штата Калифорния. Буй представляет собой диск диаметром 10 м с мачтой высотой 10 м. На нем установлено оборудование для измерения скорости и направления ветра, температуры воздуха, атмосферного давления и температуры на уровне морской поверхности, высоты, спектра и периода волн, а также температуры воды на глубинах 10—300 м.

Метеорологические данные каждые три часа автоматически передаются на прибрежную приемную станцию. В случае шторма или иного интересного метеорологического явления этот интервал

может быть значительно сокращен. Затем данные наблюдений на КВ- и УКВ-частотах ретранслируются с помощью геостационарного спутника «GOES».

Установка сети буйев «РЕВ» была начата в июле 1975 г. Сейчас с ее помощью контролируется большая часть северо-восточной области Тихого океана: от залива Аляска до вод, омывающих штат Калифорния. Уже накоплено немало важных океанографических и метеорологических данных. Так, существенно улучшился прогноз погоды и состояния моря в районе, отличающемся частой повторяемостью зимних штормов. С помощью сети буйев подробно прослежено возникновение и развитие более 20 штормов. Зарегистрирована максимальная скорость ветра, составляющая 55 узлов; максимальная высота волны — более 9 м.

Метеорологические данные, постоянно собираемые в одной точке, по единой программе, позволяют делать заключения о климатических особенностях районов, о которых до сих пор имелось очень мало информации. После завершения строительства Трансаяскинского нефтепровода резко возросло движение танкеров в северо-восточной части Тихого океана. Служба охраны природной среды США неоднократно обращала внимание на возможность катастрофического загрязнения моря, которая усугубляется трудными для судовождения климатическими условиями. Поэтому развитию метеорологического и океанологического прогноза в этой обширной и до сих пор слабо изученной области придается весьма большое значение.

«Ocean Engineering, Technical Bulletin», 1977, v. 3, No 2, p. 1—2 (США).

ками флаконов, ведер, канистр, игрушек и т. п.) приводит к тому, что на пляжах Северной Америки и Европы, а недавно и на пляжах Новой Зеландии все чаще появляются пластмассовые песчинки — рукотворный компонент современного осадочного материала. Это разноцветные или бесцветные шарики и диски диаметром до 5—6 мм и больше, состоящие из полиэтилена, полипропилена, полистирена и поливинилхлорида. Особенно много таких песчинок возле крупных промышленных центров и гаваней. Подсчет числа песчинок из пластика на одном погонном метре пляжей показал, что рекордное их количество наблюдается в песках пляжей у Окленда (свыше 10 тыс.) и у Веллингтона (свыше 40 тыс.); в небольших количествах (1—20) пластмассовые песчинки встречены на значительном удалении от возможных источников загрязнения¹.

Пластмассовые песчинки весьма устойчивы к процессам разрушения благодаря хорошо проявляющимся у них упругим свойствам (при ударах такие частицы пружинят, и среди них почти не встречается растресканных экземпляров). Их количество на пляжах неуловимо растет. Они неестественно выделяются на спокойном фоне морских галечников и песков, напоминая о том, что на Земле почти не осталось уголков, которых не коснулось бы загрязнение отходами человеческой деятельности. Если загрязнение морского бассейна пластмассой будет продолжаться прежними темпами, недалек день, когда солнечные ванны придется принимать на пластмассовом пляже.

Д. К. Патрунов

Кандидат геолого-минералогических наук
Ленинград

Охрана природы

Пластмассовый песок Загрязнение морского бассейна пластмассой (остат-

¹ «Marine Pollution Bulletin», 1977, v. 8, No 4, p. 82—84.

Охрана природы

Охрана Татр

В пограничных районах Польши и Чехословакии (в Татрах, Крконошах, Бескидах, Моравских воротах и др.) в целях совместной охраны биосферы установлены контрольно-измерительные приборы, регистрирующие степень загрязнения воздуха и позволяющие выявить источники загрязнения по обеим сторонам границы.

В этом сотрудничестве особое внимание уделено охране флоры и фауны Татр. Ученые Праги, Братиславы и Кракова, специалисты из Татринского национального парка, сотрудники метеостанций обеих стран, а также представители администрации пограничных территорий привлечены к разработке комплексной программы по охране воздушного пространства от вредных загрязнений.

«Польское обозрение», 1977, № 37, с. 4.

Петрография

Камень в сооружениях Переславль-Залесского

Переславль - Залесский, основанный в 1152 г. на берегу Плещеева озера, широко известен памятниками русского зодчества, среди которых наиболее значительны белокаменный Спасо-Преображенский собор (1157 г.), Даниловский (XVII в.) и Горичский (XVIII в.) монастыри. Здания эти, как и вся «серия» белокаменных сооружений Владимира, Суздалья, Кидекши, Боголюбова, полностью или частично сложены из блоков мягкого белого известняка или декорированы изделиями из него.

Исследование архитектурных памятников Владимиро-Суздальской Руси позволило выяснить, что строители этих древних соборов использовали



не местный известняк невысокого качества, а самые лучшие сорта вязкого, крепкого, морозоустойчивого известняка, доставлявшегося из подмосковных мячковских карьеров¹. А где брали строительный камень для переславль-залесских храмов?

В окрестностях Переславль-Залесского известняки залегают очень глубоко, под

мощной толщей морен и озерно-ледниковых отложений. Валун, вымытый из морен, иногда использовались в виде бутового камня для фундаментов, как в Спасо-Преображенском соборе. При разборке фундамента одной из церквей XVII в. также был извлечен крупный валун необычной плитчатой формы, представляющий собой метаморфизованный тонкорассланцованный алевритовый синевато-серый сланец с прослойками биотита и с включениями галек кварцита. В 4 км от города лежит валун подобного же цвета и состава, но громадных размеров; из-

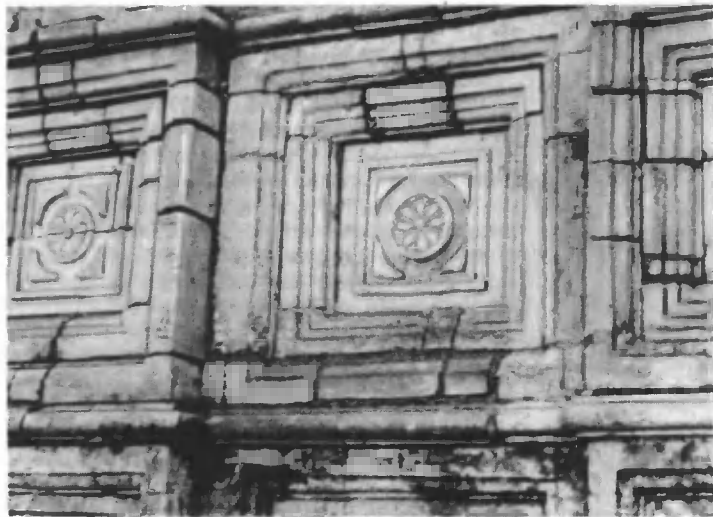
¹ Подробнее см.: Флоренский П. В., Соловьева М. Н. Белый камень белокаменных соборов. — «Природа», 1972, № 9.

Спасо-Преображенский собор в Переславль-Залесском [1157 г.], сложенный из блоков мячковского известняка.



Мячковский известняк из цоколя Горицкого монастыря с характерной фауной [*Fusulina cylindrica domodedovi*]. Длина 4,3 мм, поперечники 1 мм.

Белокаменный декор стены Даниловского монастыря в Переславль-Залесском [1696 г.], выполненный из мячковского известняка.



вестный под названием «Синего камня», он, по преданию, служил для ритуальных целей.

Известны в окрестностях Переславль-Залесского и небольшие месторождения пористого известнякового туфа, но он применен лишь в пристройках к Спасо-Преображенскому собору. Таким образом, очевидно, что при сооружении переславль-залесских храмов также использовался привозной камень. Чтобы установить, откуда именно он доставлялся, мной проведен сравнительный анализ ряда образцов.

Оказалось, что это мелкопористые детритовые извест-

няки, легко поддающиеся ножу и теслу. Они содержат от 54 до 55,8% окиси кальция при ничтожном количестве других окислов и поглощают воду в объеме от 8 до 13% своей массы. Все эти показатели характерны для подмосковных известняков мячковского горизонта среднего карбона². Таким же составом и свойствами обладают образцы известняка

из Спасо-Преображенского собора.

В образцах, отобранных из кладки монастырей, помимо петрографического анализа, были проведены микропалеонтологические исследования, оказавшиеся решающими. Е. А. Рейтлингер (Геологический институт АН СССР), проводившая микропалеонтологические определения, обнаружила в образцах известняка раковины одного из высокоспециализированных семейств фораминифер (*Fusulinidae*). Некоторые представители этого семейства служат важным идентификатором при сравнительных анализах. В известняке, отобранном из цоколя Горицкого монастыря, определена, например, *Fusulina cylindrica* и другие виды, характерные для карбонатных пород верхней зоны мячковского горизонта; образцы известняка из сооружений Даниловского монастыря содержат раковины других видов (*Fusulina mosquensis*, *Fusulinella*, близкая к *F. bocki*), присутствующие только в нижнем слое мячковского горизонта и служащие руководящей фауной для белого камня из штолен, разрабатывавшихся в окрестностях с. Домодедово на р. Пахре.

Таким образом, физико-химический, и в особенности палеонтологический, анализ показывает, что строители Горицкого монастыря добывали известняк из мячковских карьеров на Москве-реке, а камень для Даниловского монастыря брали только из подземных выработок, протянувшихся на несколько километров вдоль р. Пахры (здесь известняк более однороден и отличается исключительной белизной).

Такое широкое практическое использование отложений мячковского горизонта в старинных сооружениях, столь удаленных от Москвы, подтверждает исключительное значение для русской архитектуры мячковских известняков — замечательного строительного камня, незаслуженно забытого в современном строительстве.

А. М. Викторов

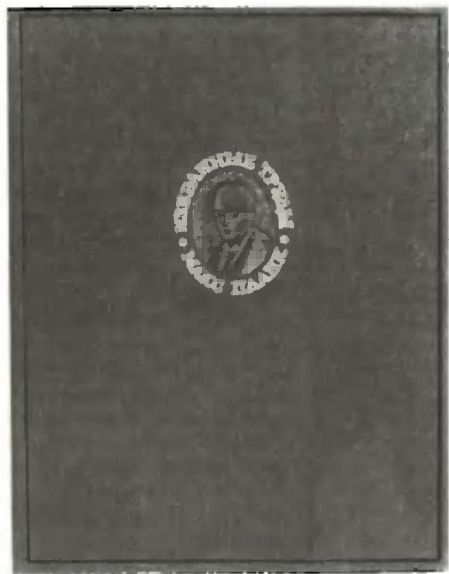
Москва

² О составе и свойствах известняков мячковского горизонта см., например: Викторов А. М. От камня к ... атмосфере — «Природа», 1973, № 2.

О рождении квантовой физики

С. Л. Мандельштам

Доктор физико-математических наук
Москва



Макс Планк. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. М., «Наука», 1975.

В 1975 г. Академия наук СССР в серии «классики науки» издала «Избранные труды» Макса Планка. Издание было приурочено к 75-летию появления первых работ Планка, посвященных теории излучения черного тела. В этих исследованиях было введено новое для физики понятие «квант действия»; они положили начало величайшей революции в физике — рождению квантовой физики¹.

К концу XIX столетия величественное здание физики казалось современникам в основном построенным. Механика, термодинамика, электродинамика, оптика были развиты трудами И. Ньютона, Р. Клазиуса, Л. Больцмана, Д. Максвелла,

Г. Герца до высокой степени совершенства. Оставались «недоделки», но не вызывало сомнения, что они найдут себе разрешение в рамках существующих теорий. Вскоре, однако, выяснилось, что это далеко не так.

27 апреля 1900 г. в Королевском институте в Лондоне состоялся весьма примечательный доклад одного из крупнейших физиков того времени — лорда У. Кельвина, озаглавленный «Тучи XIX века над динамической теорией тепла и света». В этом докладе Кельвин указывает на две «тучи»: вопрос о светоносном эфире, который должен сочетать свойства твердого тела и вместе с тем не препятствовать движению планет, и вопрос о равномерном распределении энергии между кинетической, вращательной и колебательной степенями свободы молекул. Обе «тучи», как оказалось впоследствии, вызвали революцию в физике.

Хотя светоносный эфир — гипотетическая среда, в которой распространялись упругие световые волны, — после появления в 1864 г. электромагнитной теории Максвелла, по существу, уже не был «необходим» для распространения света, вопрос об его существовании не подвергался серьезному сомнению². Еще в 1902 г. в превосходном для того времени учебнике физики О. Д. Хвольсона об этом говорится: «Вероятность гипотезы о существовании этого агента почти гра-

² В этой связи интересен разговор между двумя видными английскими физиками — Д. Брюстером и Дж. Тиндалем, происшедший несколько ранее, в 70-х годах, и приводимый Тиндалем в его книге «Шесть лекций о свете». Главное возражение Брюстера против волновой теории света заключалось в том, что бог не может быть повинен в таком неуклюжем изобретении, как заполнение пространства эфиром для произведения света. Тиндаль при этом замечает, что, по его мнению, спор переходит на опасную почву, так как Брюстер похваляется слишком близким знакомством с мыслями творца.

¹ См.: Квантовой теории 75 лет. — «Природа», 1975, № 12.

ничит с достоверностью». Обсуждая свойства эфира и предлагая способы устранить указанные выше трудности, Кельвин замечает, что отрицательный результат опыта Майкельсона, пытавшегося обнаружить движение Земли относительно эфира, существенно затрудняет ситуацию. Кельвин заключает: «Я боюсь, что мы по-прежнему должны рассматривать тучу № 1 как очень плотную». Как известно, отрицательный результат опыта Майкельсона нашел естественное объяснение в специальной теории относительности Эйнштейна, перевернувшей существовавшие до тех пор представления о пространстве и времени.

Вторая «туча» возникла из статистической теории газов Максвелла — Больцмана, которая оказалась в противоречии с результатами экспериментов по удельной теплоемкости газов. Детально обсуждая эту проблему, Кельвин приходит к выводу, что эту гипотезу нельзя совместить с многочисленными экспериментальными данными, и заключает: «Наиболее простой способ прийти к желаемому результату, это попросту отвергнуть вывод (теории) и таким образом в начале двадцатого века исключить из поля зрения тучу, которая омрачала блеск молекулярной теории теплоты и света в течение последней четверти девятнадцатого столетия». Дело оказалось, однако, не таким простым. Вопрос о равномерном распределении энергии между степенями свободы тесно связан с проблемой закона излучения черного тела, серьезно занимавшей тогда физиков, и в конечном счете привел к еще одному революционному перевороту в физике — рождению квантовой физики.

Напомним развитие событий. В 90-х годах прошлого столетия физики — экспериментаторы и теоретики — тщательно исследовали излучение абсолютно черного тела. Согласно закону Кирхгофа, полученному им из самых общих термодинамических соображений, отношение излучательной способности любого тела ϵ_{λ} к его поглощательной способности A_{λ} для всех тел одно и то же и равняется излучательной способности черного тела ($A_{\lambda} = 1$) для той же длины волны и при той же температуре E_{λ} :

$$\frac{\epsilon_{\lambda}}{A_{\lambda}} = E_{\lambda}(\lambda, T).$$

Таким образом, излучение черного тела имеет универсальный характер, и исследование распределения энергии излучения

по длинам волн и его зависимости от температуры было одной из важнейших задач физики того времени. Оно было также весьма существенно и для тогдашней промышленности. Поэтому такие исследования проводились, в частности, в Имперском физико-техническом институте в Берлине, организованном незадолго до этого В. Сименсом.

В 1896 г. появилась известная формула Вина, выведенная им из полуэмпирических соображений:

$$E_{\lambda} = C\lambda^{-5} e^{-\frac{b}{\lambda T}} d\lambda,$$

где λ — длина волны, T — абсолютная температура, b и c — постоянные. Экспериментальные исследования показали, что эта формула дает хорошее согласие с опытом при малых значениях λ и T . Что касается длинных волн (инфракрасная область спектра) и высоких температур, то были обнаружены значительные расхождения между экспериментальными данными и значениями, получаемыми из формулы Вина. Однако экспериментальные данные из-за несовершенства методик измерений были отягощены весьма большими ошибками. Оставалось поэтому неясным, правильна ли формула Вина и отклонения от нее вызваны ошибками эксперимента или же формула Вина для больших значений λ и T — неприменима.

В июне 1900 г. появилась формула Рэлея, теперь обычно называемая формулой Рэлея — Джинса, основанная на статистическом рассмотрении излучения черного тела как совокупности осцилляторов с равномерным распределением энергии по степеням свободы:

$$E_{\lambda} = 8\pi k T \lambda^{-4} d\lambda,$$

где k — константа.

Планк, которого со студенческих лет, как он пишет, «прежде всего интересовали всеобщие законы, имеющие значение для всех процессов, протекающих в природе, и не зависящие от свойств тел, в этих процессах участвующих», занимался в то время вопросами термодинамики, и в частности малоизученным в то время понятием энтропии. Энтропия физической системы есть функция ее энергии и температуры, являющаяся мерой неупорядоченности системы. В 1896 г. Планк попытался приложить это понятие к выводу закона излучения, полностью понимая его важнейшее значение для физики. В дальнейшем оказалось, что рассмотрение энтропии, а не непосред-

венно энергии излучения, как это делал В. Вин, а позднее и Д. Рэлей, было чрезвычайно удачным и привело в итоге к успеху.

Планк рассматривал черное тело как полость, заполненную большим количеством осцилляторов и излучением. Осцилляторы под влиянием поля излучения совершают вынужденные колебания, испуская и поглощая излучение. Для второй производной энтропии осциллятора по его энергии, имеющей более простое выражение, чем сама величина энтропии, Планк принял простое выражение:

$$\frac{d^2 S}{dU^2} = -\frac{1}{avU},$$

где S — энтропия, U — энергия осциллятора, v — его частота, a — константа. Аналогичное выражение было введено Планком для энтропии излучения. Отсюда для интенсивности излучения с частотой v Планк получил выражение:

$$E_v = \frac{bv^3}{c^3} e^{-\frac{av}{T}},$$

которое, если перейти от частоты v к длине волны λ ($\lambda = \frac{c}{v}$), полностью совпадает с формулой Вина.

«В общем, казалось все в полном порядке», — пишет далее Планк. Однако все возрастающая точность измерений в опытах О. Люммера и Э. Прингсгейма и Ф. Пашена, а также переход к измерениям в области более длинных волн, делали все более реальными отклонения экспериментальных данных от формулы Вина. Это побудило Планка попытаться заменить выражение для энтропии осциллятора более совершенным, однако все попытки приводили опять к формуле Вина.

Планк «...был близок к тому, чтобы от них (попыток) отказаться окончательно». Но тут произошло следующее: на заседании немецкого Физического общества — тогдашнего форума немецких физиков — 19 октября 1900 г. Ф. Курльбаум и Г. Рубенс сообщили о своих новых результатах измерений в области очень больших длин волн.

За несколько дней до заседания Курльбаум и Рубенс сообщили этот результат Планку, у которого оставалось время, чтобы использовать его в своих вычислениях. Принимая интенсивность излучения пропорциональной температуре, Планк получил для второй производ-

ной энтропии осциллятора выражение:

$$\frac{d^2 S}{dU^2} = -\frac{C}{U^2},$$

где C — константа.

Далее Планк ввел более общее выражение:

$$\frac{d^2 S}{dU^2} = -\frac{1}{avU + \frac{U^2}{C}}$$

Как легко видеть, это выражение при малых значениях U переходит в первое из написанных выше выражений для

$\frac{d^2 S}{dU^2}$, а при больших значениях U — во второе.

С этим, более общим выражением, для интенсивности излучения, отнесенного к длинам волн, получилось выражение:

$$E_\lambda = \frac{C\lambda^{-5}}{e^{\frac{c}{\lambda T} - 1}},$$

которое Планк сообщил на том же заседании 19 октября и предложил произвести его проверку.

Это и есть знаменитая формула Планка для интенсивности излучения черного тела. Для больших значений

vT , как легко видеть, разлагая $e^{\frac{c}{\lambda T}}$ в ряд, она переходит в формулу Рэля — Джинса. Для малых значений vT можно пренебречь в знаменателе единицей, и получится формула Вина.

Уже утром следующего дня Планка разыскал Рубенс и сообщил, что он в ту же ночь, после окончания заседания сравнил эту формулу со своими экспериментальными результатами и везде нашел удовлетворительное совпадение. По-видимому, в тот же вечер состоялась вторая встреча Рубенса с Планком, подтверждавшая эти «ночные вычисления». Забегая вперед, скажем, что все дальнейшие измерения подтверждали его формулу со все большей и большей точностью.

Дело было сделано. Однако, как пишет Планк, оставалось самое трудное — теоретическое обоснование приведенного

выше более общего выражения $\frac{d^2 S}{dU^2}$ и следующего из него выражения для энтропии осциллятора.

Это было сделано Планком во втором докладе в Физическом обществе 14 декабря 1900 г.

Незадолго до этого Л. Больцман,

рассматривая газ как совокупность очень большого, но конечного числа частиц, показал, что энтропия такой системы, находящейся в каком-либо состоянии S , связана с вероятностью этого состояния W соотношением

$$S = \frac{R}{N} \ln W + C, \text{ где } R — \text{газовая}$$

постоянная, N — число молекул в грамм-моле, C — постоянная. Планк, следуя Больцману, принял, что энтропия черного тела, рассматриваемого как совокупность очень большого числа одинаковых осцилляторов, связана с вероятностью W нахождения этой системы в состоянии с энергией U_N тем же соотношением:

$$S = k \ln W,$$

где k — константа. Планк далее принял, что энергия системы U_N есть сумма весьма большого числа дискретных, равных друг другу очень малых элементарных порций энергии ϵ . Сделав эти предположения, Планк получил приведенное выше обобщенное выражение для энтропии осциллятора. Таким образом, и эта часть задачи была решена.

Планк далее получает для элемента энергии свое знаменитое значение $\Sigma = h\nu$. Величину h , поскольку она имеет размерность произведения энергии на время, Планк назвал «элементарным квантом действия».

Из результатов измерений интенсивности излучения черного тела Планк определил численное значение h :

$$h = 6,55 \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{с}.$$

Константа h получила название константы Планка; ее современное значение $h = 6,626 \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{с}$.

Для константы c , которую в дальнейшем Планк обозначил буквой k , он получил значение: $k = 1,346 \cdot 10^{-16} \text{ эрг/град}$. Эта константа, теперь называемая константой Больцмана, и есть абсолютная газовая постоянная. Сам Больцман эту константу никогда не вводил и не интересовался ее численным значением. Современное значение $k = 1,3806 \cdot 10^{-16} \text{ эрг/град}$.

Наконец, что казалось тогда совсем странным, из измерений тепловое излучения Планк определил величину элементарного кванта электричества e :

$$e = 4,69 \cdot 10^{-10} \text{ [CGSE]}.$$

Планк сравнивал это значение с двумя существовавшими тогда результатами прямых измерений, дававших $e = 1,29 \cdot 10^{-10}$ и $e = 6,5 \cdot 10^{-10}$. Современное значение $e = 4,8032 \cdot 10^{-10} \text{ [CGSE]}$.

Мы можем только изумляться тому, как физики прошлого, пользуясь крайне несовершенной аппаратурой, умели получать очень точные экспериментальные данные. Это, разумеется, относится не только к приведенным выше константам, но и к другим важным постоянным — скорости света, отношению e/m для электрона, длины волн спектральных линий и т. д.

Весь приведенный выше вывод опирался на представление о том, что энергия каждого осциллятора может иметь не произвольное значение, а лишь целочисленные значения величины $\epsilon = h\nu : h\nu, 2h\nu, 3h\nu$ и т. д. Надо было дать физическую интерпретацию этой величины. Это оказалось самым трудным, и здесь начинается одна из самых драматических страниц в истории физики.

Доквантовая или, как ее стали позже называть, классическая физика была, по существу, физикой континуума; любые изменения состояния физической системы считались непрерывными. Все известные к тому времени физические явления описывались дифференциальными уравнениями, позволяющими по значению физических величин в данной точке пространства и времени определить их значение в соседних точках пространства или в близкие моменты времени. Статистическая кинетическая теория газов, достигшая к этому времени высокого развития, не составляла в этом смысле исключения, и здесь для описания движения отдельных частиц использовались уравнения классической механики.

Иначе обстояло дело, как мы видели, с «квантом действия». Чтобы получить согласующуюся с экспериментом формулу Планка, с необходимостью следовало принять, как это и сделал Планк, что множество состояний, в которых может находиться осциллятор, является не непрерывным, а дискретным, и различие между двумя такими состояниями характеризуется одной, универсальной для всех осцилляторов постоянной, имеющей хотя и малую, но конечную величину. Как следовало из сказанного выше, проделанный Планком анализ показал, что все пути использования классических законов колебаний осциллятора с необходимостью приводили к формулам Вина и Рэлея — Джинса, противоречащим эксперименту. Таким образом, в этом вопросе надо было отказываться от представлений классической физики. Планку, до мозга костей «классическому физику», отлично владевшему ее метода-

ми и знавшему ее возможности, это было чрезвычайно трудно. На протяжении многих лет он пытался найти интерпретацию «кванта действия», не приводящую к полному отказу от представлений классической физики. В этом смысле очень показателен доклад Планка на I Сольевском конгрессе по физике в 1911 г., посвященном проблемам излучения и квантов, и дискуссия по этому докладу, в которой приняли участие А. Эйнштейн, Г. Лоренц, П. Ланжевэн и другие выдающиеся физики, где понятие «квант действия» еще трактовалось как гипотеза и рассматривались различные способы его физической интерпретации.

Попытки синтеза классической и квантовой физики Планк продолжал еще долгие годы. Сам Планк об этом писал так: «...Я тогда же попытался как-то ввести h в рамки классической теории. Однако вопреки всем таким попыткам эта величина оказалась весьма строптивой. До тех пор пока ее можно было рассматривать как бесконечно малую, т. е. при больших энергиях и при более медленных изменениях во времени, все было в полном порядке. В общем случае, однако, в том или ином месте возникала зияющая трещина... Провал всех попыток перекинуть мост через эту пропасть вскоре не оставил никаких сомнений в том, что квант действия играет фундаментальную роль в атомной физике и с его появлением в физической науке наступила новая эпоха, ибо в нем заложено нечто, до того времени неслыханное, что призвано радикально преобразить наше физическое мышление, построенное на понятии непрерывности всех причинных связей, с тех самых пор, как Ньютоном и Лейбницем было создано исчисление бесконечно малых».

До нас дошел со слов В. Гейзенберга рассказ, хотя это, возможно, и легенда, о том как Планк во время длинных прогулок со своим маленьким сыном Эрвином в Грюневальдском лесу близ Берлина говорил ему, что он чувствует, что им сделано открытие первейшего значения, может быть, сравнимого с открытием Ньютона, или он совершенно заблуждается.

В первые годы после их появления работы Планка не имели большого резонанса. По-видимому, в этом значительную роль играла чуждость этих новых идей тогдашним физикам. Нам — современным физикам — этот психологический барьер полностью непонятен, и не только потому, что мы воспитаны на идеях квантовой фи-

зики, а главным образом потому, что мы привыкли к появлению в физике «сумасшедших», как говорил Н. Бор, идей.

Лишь в 1905 г. Эйнштейн, совершивший в этом же году переворот в традиционных понятиях классической механики, использовал идеи Планка для объяснения явлений фотоэффекта, люминесценции и ионизации газов. При этом Эйнштейн существенно углубил и расширил квантовые представления Планка. Он принял, что дискретность присуща не процессам взаимодействия осцилляторов с излучением, т. е. процессам поглощения и излучения энергии осциллятором, а самому световому излучению, представив его как поток световых квант-фотонов с энергией $h\nu$ ³. Планк, естественно, не мог согласиться с таким развитием своей гипотезы, ибо оно противоречило уравнениям Максвелла, которые допускали перенос электромагнитной энергии любыми самыми малыми порциями и общность которых в то время казалась несомненной. Однако для личности Планка характерен следующий абзац в его представлении Эйнштейна к избранию в Берлинскую Академию в 1913 г. Давая исключительно благоприятную и высокую оценку трудам Эйнштейна в разнообразных областях физики, Планк далее пишет: «То, что он в своих рассуждениях подчас, возможно, и стрелял мимо цели, как, например, в своей гипотезе о световых квантах, не следует ставить ему в укор, ибо, не идя на риск, даже в области точных наук нельзя ввести ничего действительно нового»⁴.

В 1907 г. Эйнштейн применил идеи Планка о дискретных значениях энергии осциллятора к твердому телу. При этом он был крайне осторожен: Эйнштейн пишет: «Если теория Планка содержит в себе зерно истины, то мы должны ожидать, что и в других областях теории теплоты найдутся противоречия между современной молекулярно-кинетической теорией теплоты и опытом, устраняемые предложенным здесь путем». Действительно, рассматривая твердое тело как совокупность осцилляторов, Эйнштейн смог качественно объяснить наблюдавшуюся экспериментально зависимость удельной теплоты от температуры, не дававшуюся классической молекулярно-

³ Термин «фотон» был введен гораздо позднее — в 1926 г. Г. Льюисом.

⁴ Physiker über Physiker. B., 1975, S. 202.

кинетической теории. В дальнейшем количественная теория была дана П. Дебаем.

В 1919 г. появилась знаменитая серия работ Бора по строению атома, объяснившая на основе сочетания классических законов механики (движение электрона по стационарным орбитам) и квантовых представлений (перескок электрона с одной орбиты на другую с излучением фотона) основные закономерности спектров атомов.

Наконец, укажем здесь на еще одну работу Эйнштейна 1916 г. В этой работе Эйнштейн рассмотрел статистически процессы излучения и поглощения фотонов атомами на основе постулата Бора и получил формулу Планка более последовательным путем — без привлечения представлений классической физики, как это имело место в выводе Планка. При этом, наряду с процессами поглощения и спонтанного излучения фотонов атомами, оказалось необходимым ввести еще процесс индуцированного, или, как это теперь называется, вынужденного излучения, при котором атом при взаимодействии с полем излучения испускает фотон в точности той же частоты и направления, что и падающий фотон. Существование этого процесса находит отражение во втором члене в знаменателе формулы Планка, который, по существу, и определяет отличие этой формулы от формулы Вина, соответствующей классической физике⁵. Процессом вынужденного излучения долгое время не интересовались, и лишь в последнее время он получил должную оценку — на использовании вынужденного излучения основано действие лазеров.

Остановимся на этом. Здесь, пожалуй, кончается первый этап развития квантовой физики, физики явлений, описываемых квантовыми законами, в которых неизменно участвует мировая константа — константа Планка⁶, но еще сохранившей элементы классической физики.

⁵ Было бы, однако, неправильно рассматривать существование вынужденного излучения как процесс чисто квантовый. Этот процесс проявляется и при классическом рассмотрении взаимодействия излучения с осциллятором, но не в столь ясной форме — он скрыт в выражении для поглощения, даваемом классикой.

⁶ В настоящее время в физической литературе для удобства вычисления обычно вместо константы h пользуются константой $\hbar$ «аш перечеркнутое»

Научные заслуги Планка нашли всеобщее признание. В 1919 г. ему была присуждена Нобелевская премия по физике. Он был избран членом многих академий наук и научных обществ, в том числе иностранным членом АН СССР. Имя Планка заняло место среди величайших физиков всех времен.

14—15 декабря 1975 г. в Берлине состоялась посвященная 75-летию открытия Планка совместная сессия Отделения Физики АН ГДР и Физического общества ГДР, в которой участвовало много иностранных ученых. Советская делегация состояла из В. А. Амбарцумяна, Н. Г. Басова, Б. М. Понтекорво и автора этих строк.

Сделанные на сессии доклады, а также выставка оригинальных документов позволили особенно остро почувствовать то далекое теперь время, когда родилось великое открытие Планка, и привлекательный образ самого Планка.

Вернемся теперь к рецензируемой книге. Планк был выдающимся физиком-теоретиком своего времени, работавшим в многочисленных областях физики. Широко известны, и в частности переведены на русский язык, его лекции по теоретической физике и ряд других работ. В рецензируемой книге собраны основные оригинальные работы Планка по термодинамике, теории излучения, квантовой теории и теории относительности, ранее не переводившиеся или напечатанные в труднодоступных журналах. Как очень правильно отметил Н. Г. Басов в своем докладе на Берлинской юбилейной сессии: «Казалось бы, в совершенно завершенных проблемах Планк находит, на первый взгляд, мелкие шероховатости, какие-то противоречия, которые в результате его досконального анализа вырастают в постановку новых вопросов». Поэтому многое из того, что сделал Планк, имеет не только исторический интерес, но актуально и важно для современной физики. Большой раздел книги содержит воспоминания и речи Планка — его можно горячо рекомендовать широкому кругу лиц, интересующихся физикой.

Текст сопровождается квалифицированными пояснительными статьями и комментариями и обширной библиографией. Следует отметить высокий уровень работы ответственного редактора книги Л. С. Полака и составителя У. И. Франкфурта.

Методология квантовой химии

В. Г. Закжевский

Москва



А. А. Печенкин. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ КВАНТОВОЙ ХИМИИ. М., «Наука», 1976, 152 с.

Каков «механизм» взаимодействия физики и химии, проявившийся в становлении квантовой химии? Какова природа ее центральных понятий? Эти и другие вопросы требуют тщательного методологического анализа. Поэтому нельзя не приветствовать выхода в свет рецензируемой книги — первого известного нам обстоятельного исследования методологических проблем квантовой химии.

Автор ставил перед собой такие за-

дачи. «Во-первых, перевести проблему соотношения квантовой механики и химии, которая нередко обсуждается в плане априорного постулирования физических и химических форм движения материи, в плоскость последовательного методологического анализа. Во-вторых, выявить в терминах методологии науки основные познавательные структуры квантовой химии. В-третьих, развернуть непротиворечивый методологический аппарат, приспособленный для анализа таких дисциплин, как квантовая химия» (с. 151).

Развитие квантовой химии рассматривается в книге на фоне категорий интенсивного и экстенсивного развития знания. «В ходе экстенсивного развития идеи и концепции, возникающие в результате интенсивного развития, прилагаются к новым фактам и используются для решения новых задач» (с. 15). Интенсивные и экстенсивные шаги в развитии знания могут быть сопоставлены с периодами создания принципиально новых фундаментальных теорий (например, квантовой механики или теории относительности) и использования фундаментального знания в качестве рабочего аппарата.

Квантовая химия берет в качестве объекта исследования молекулярные системы. Основным объектом исследования в ней служат химические связи, трудности квантовомеханического рассмотрения которых вынудили создать ряд приближенных расчетных методов и развить понятийный аппарат, адекватный физическим и математическим приближениям. Последние представляют собой, как принято говорить, теории средней степени общности.

Мы не вполне согласны с высказыванием автора: «Что касается самого термина «приближенный метод», то это просто другое название концепции средней степени общности, подчеркивающее ее функциональное значение» (с. 33). В фи-

зической литературе слова «приближенный метод», как правило, обозначают вычислительную процедуру, содержащую те или иные приближения, как физические, например, пренебрежение влиянием какого-либо фактора (до математической обработки), так и математические, например, методика теории возмущений. Поэтому нам представляется, что корректным критерием, позволяющим отнести тот или иной приближенный метод к теориям средней степени общности, может служить наличие понятий, возникающих при использовании приближенных методов фундаментальной теории. Этим критерием, по сути дела, и пользуется автор.

В книге обращается внимание на роль процедуры моделирования в ходе становления квантовой химии. Модель определяется как объект, замещающий другой объект-оригинал и несущий о нем некоторую информацию. Рассмотрение развития моделей квантовой химии и перехода от одних моделей к другим приводит автора к выводу о существовании субординации моделей. Развитие расчетных методов квантовой химии полностью подтверждает положение, что «в модели выражается знание о прототипе, но не выражается ее отношение к прототипу, степень соответствия прототипу. Оценка соответствия модели и прототипа может быть получена построением другой, более полной модели, которая, в свою очередь, сама по себе тоже не будет сопоставима с прототипом» (с. 90).

Автор внимательно рассматривает вопрос о месте квантовой химии в общей структуре знания и ее связи с химией, которая, как подчеркивается в книге, обладает рядом весьма деликатных особенностей. Во-первых, «границы между физикой и химией всегда считались одними из самых устойчивых в естествознании». Во-вторых, «возникновение квантовой химии безусловно внесло коррективы в традиционное представление о границах между физикой и химией».

Чтобы раскрыть методологический контекст вопроса о междисциплинарных границах физики и химии, автор вводит две методологические категории — «фундаментализм» и «редукционизм». Категория фундаментализма «подчеркивает устойчивость человеческих знаний».

Фундаментальная роль квантовой физики по отношению к химии не требует доказательств. В современной химии значительный прогресс был достигнут после внедрения в практику целого ряда физи-

ческих методов исследований, таких как всевозможные виды спектроскопии. Кроме того, в практике химических работ встречаются ситуации, когда экспериментальное исследование в общем простых соединений затруднено вследствие их агрессивных свойств. В этом случае единственный путь узнать, например, геометрию молекул состоит в использовании квантовохимического расчета.

Для дальнейшего выяснения места квантовой химии по отношению к химии в рецензируемой книге рассматривается понятие редукционизма. Различаются два вида редукционизма: натурфилософский и естественнонаучный.

Редукционизм естественнонаучный, в противоположность натурфилософскому, не строит единой картины природы и не служит цели обосновать данные естествознания, исходя из философских конструкций, а «устанавливает правомерность сведения (редукции) одной области знания к другой. Иными словами, естественнонаучный редукционизм устанавливает подвижность междисциплинарных границ» (с. 128).

Редукционистская позиция в вопросе о соотношении между квантовой механикой и химией предполагает «отсутствие принципиальных препятствий для сведения химии к квантовой механике, т. е. возможность интерпретации, объяснения и обоснования химических фактов с точки зрения квантовой механики» (с. 129). Вполне естественно, что автор приводит в этой связи известное высказывание П. Дирака: «Общая теория квантовой механики уже закончена... Решающие физические законы, необходимые для математической теории большей части физики и всей химии, известны полностью, и трудности заключаются только в том, что точное приложение этих законов ведет к слишком сложным для решения уравнениям».

Популярно о квантовой теории твердого тела

Член-корреспондент АН СССР
Ю. А. Осипьян



М. И. Каганов, И. М. Лифшиц. КВАЗИЧАСТИЦЫ. М., «Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.», 1976, 80 с.

В этой небольшой книжке авторы попытались изложить все основные идеи квантовой физики конденсированных тел. Ясно, что при этом невозможно было обойтись без самоограничения. Надо было многое опустить. Что же авторы опустили, а что оставили? Опустили все, что относится к «работе» твердых тел, т. е. к их применению в разных областях техники, — этому посвящено много прекрасных книг. Оставили — основные представления.

Объяснение наблюдаемых в эксперименте свойств твердых тел потребовало создания новых понятий, среди которых, пожалуй, наиболее существенное и емкое — квазичастица (квант возбуждения). Квазичастицы прочно вошли в научный лексикон, а из научных статей и монографий перекочевали в научно-популярную литературу. Перекочевав, стали привычными, а значит поскучными. М. И. Каганов и И. М. Лифшиц постарались «освежить» квазичастицы, показать, что возможность их введения ясна не априорно, а требует ряда условий, отнюдь не всегда выполняющихся — низкой температуры, правильного расположения атомов в кристалле и т. д. и т. п. Каждое сложное явление можно рассматривать и изучать с разных сторон. Твердое тело — объект необычайно сложный. Почти каждый физик-твёрдотельщик имеет самостоятельный угол зрения на свой объект исследования — на твердое тело. Для авторов брошюры твердое тело — вместилище газов квазичастиц, описывая свойство которых они объясняют природу многих явлений — тепловых, электрических, магнитных, высокочастотных и статических. Особое место занимает последняя глава книги. Она — не изложение готовых теорий, а раздумье о будущем идей физики твердого тела, за пределами их естественного ареала. Авторы справедливо считают, что идеи квантовой физики твердого тела найдут себе применение в физике живого, на разных «этажах» биологических конструкций.

Именно поэтому широкому кругу читателей — конечно, не только биологов — важнознакомиться с идеями и методами физики твердого тела, сформулированными понятным языком.

Авторы поставили перед собой задачу изложить эти идеи качественно, не пользуясь математическими формулами и обращаясь лишь к физической интуиции читателя и к его способности правильно

воспринять рассуждения «по аналогии». На первый взгляд почти любого специалиста по физике твердого тела, такая попытка представляется невыполнимой. Действительно, кажется невозможным чисто популярное изложение идей и методов квантовой теории твердого тела без того, чтобы не впасть в вульгаризацию.

Однако авторы книги сумели достаточно основательно показать, что это возможно. С большой глубиной и с несомненным педагогическим мастерством они вводят непрофессионального читателя в специфический мир образов и понятий, характерных для квантовой теории. При этом четкость в формулировке некоторых понятий физики твердого тела, в определении области их применения и взаимосвязи разных понятий нашей науки показывают, что эта научно-популярная книга в некоторых отношениях превосходит по мастерству и глубине иные даже самые подробные и обширные книги по физике твердого тела, написанные с применением сложного математического аппарата. Особенно удачно, на мой взгляд, изложены разделы, посвященные таким проблемам, как энергетический спектр твердых тел и характеристики всех видов возбуждений в них, квантовая статистика, фононы. Очень наглядно иллюстрируется идея,

что «элементарные кирпичики» структуры твердого тела и «элементарные порции» возбуждений в твердых телах могут не совпадать. На примере электрона показано, что электрон как элемент структуры (частица) и как элемент возбуждения в спектре (квазичастица) характеризуется по-разному.

Наряду с глубоким и образным изложением таких общих для физики твердого тела понятий, как частица, квазичастица, энергетический спектр, его возбуждение, парные и коллективные взаимодействия, в книге есть главы, где налицо занимательное описание некоторых конкретных необычных примеров, таких как фононы в жидком гелии и сверхтекучесть, квантовые кристаллы и др.

При оценке книги в целом можно с несомненностью сказать, что попытка научно-популярного изложения принципов квантовой физики твердого тела авторам, очевидно, удалась. У меня нет никаких сомнений, что книга будет пользоваться большим спросом у разных категорий читателей. Мне кажется, что ее с удовольствием прочтут и физики всех специальностей и уровней, особенно педагоги — в этом отношении она также очень привлекательна.

Астрофизика

М. Рис., Р. Руффини, Дж. Уилер. ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ, ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ И КОСМОЛОГИЯ. Введение в современные исследования. Пер. с англ. В. Н. Мельникова и Н. В. Мицкевича. М., «Мир», 1977, 376 с., ц. 2 р. 72 к.

Эта книга, написанная ведущими американскими астрофизиками, задумана ими как введение в быстро развивающуюся область науки — релятивистскую астрофизику и космологию. Основное внимание авторы уделяют проблеме черных дыр и общей космологической задаче. Эти

проблемы рассматриваются с единой точки зрения — как проявления катастрофического географического коллапса (возможной конечной стадии эволюции вещества в наблюдаемой области Вселенной). Изучение конечных стадий этих предельных состояний наталкивается на принципиальную трудность, так как приводит к нарушению некоторых фундаментальных законов физики. Опираясь на развитые Дж. Уилером представления, авторы делают попытку преодолеть эти трудности благодаря использованию идей геометродинамики, точнее — квантовой геометродинамики,

что придает изложению особый интерес и остроту.

Книга представит интерес для физиков и астрономов, а также математиков и механиков.

Физика

Бергнер, Гельбке, Меллис. ПРАКТИЧЕСКАЯ МИКРОФОТОГРАФИЯ. Пер. с нем. К. Ф. Плитта и М. Р. Шпольского. Под ред. А. М. Розенфельда. М., «Мир», 1977, 320 с., ц. 2 р. 73 к.

Книга адресована вполне определенному кругу читате-

лей: научным работникам, занимающимся микроскопическими исследованиями в различных областях науки, техники, промышленности, сельского хозяйства и т. д. Авторы уделили основное внимание практике получения высококачественных микрофотографий объектов и процессов, теории оптических систем, применяемых при микрофотографировании, и физической природе процессов микрофотографии. Впервые дается описание процессов микрофотографии во всем диапазоне световых волн; рассматриваются специальные способы съемок в ультрафиолетовом, инфракрасном, монохроматическом, поляризованном свете и при флуоресцентном освещении, а также стереомикрофотографирование и микрофотографирование с помощью электронных вспышек.

Биология

Ю. А. Филипченко. ЭВОЛЮЦИОННАЯ ИДЕЯ В БИОЛОГИИ. Исторический обзор эволюционных учений XIX века. Отв. ред. А. А. Прокофьева-Бельговская. Изд. 3-е. М., «Наука», 1977, 227 с., ц. 1 р. 32 к.

Юрий Александрович Филипченко (1882—1930) принадлежит к числу выдающихся русских и советских биологов первой половины XX в. Научная деятельность Ю. А. Филипченко отличалась большой многогранностью и охватывала проблемы эмбриологии, зоологии, наследственности, изменчивости и эволюции. Его перу принадлежат две первые работы по генетике, выполненные в нашей стране еще в предреволюционный период.

Данная книга (первые два издания вышли в 1923 и 1926 гг.) представляет собой незаурядный оригинальный обзор истории эволюционных учений XIX века, составленный на основе изучения работ классиков биологии. Автор отдельно останавливается на работах отечественных ученых-эволюционистов: А. Н. Северцова,

Л. С. Берга, Д. Н. Соболева и др.

В книге также помещена статья, подготовленная редколлегией и дающая оценку данной работы Ю. А. Филипченко, а также список основных трудов автора.

География

Л. В. Голованов. СОЗВУЧЬЕ ПОЛНОЕ В ПРИРОДЕ. М., «Мысль», 1977, 175 с., ц. 47 к.

Книга в философском аспекте популярно рассказывает о всеобщей связи явлений и процессов, протекающих в географической оболочке Земли, взаимодействии всех геосфер и влиянии на них разнообразных космических факторов. В первую очередь автор обращается к работам В. И. Вернадского и Б. Л. Личкова. Много внимания уделено в книге популяризации идей А. Л. Чижевского, еще в 1915 г. выступившего с докладом на тему «Периодическое влияние Солнца на биосферу Земли» и посветившего свою жизнь исследованию этой проблемы. Издание рассчитано на широкие читательские круги.

История философии

Э. Альбрехт. КРИТИКА СОВРЕМЕННОЙ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ФИЛОСОФИИ. Пер. с нем. А. Г. Шестакова. М., «Прогресс», 1977, 160 с., ц. 35 к.

Две крупные философские школы XX столетия — логический позитивизм (логический эмпиризм) и аналитическое, или лингвистическое, направление в философии, господствующие сейчас в философской жизни Англии и приобретшие влияние в США и Скандинавии — обязаны своим возникновением главным образом Людвигу Витгенштейну (1881—1951).

Отталкиваясь от критического анализа «Логико-философского трактата» Л. Вит-

генштейна, автор критически рассматривает концепции лингвистической философии о соотношении речи, мышления и действительности, показывает уязвимость представлений неопозитивистов о языке как о главном или даже единственном предмете философских исследований.

Философия естествознания

Акбар Турсунов. ФИЛОСОФИЯ И СОВРЕМЕННАЯ КОСМОЛОГИЯ. М., Политиздат, 1977, 191 с., ц. 47 к.

Современная космология находится как бы в стадии перехода от философии, где она в течение столетий являлась неотъемлемой частью онтологических учений, к формированию ее в качестве фундаментальной физической науки со своим специфическим предметом и методами исследования. Именно поэтому философия оказывает большое влияние на выработку методологических оснований и логической структуры теоретических построений космологии.

В предлагаемой монографии предпринята попытка систематического анализа ряда мировоззренческих и методологических проблем современной космологии. Автор осуществляет экскурс в историю формирования идей о строении мира, на почве которых возникали целые системы религиозных, философских, естественнонаучных и эстетических воззрений. Особое внимание уделено актуальным философским проблемам понимания бесконечности мира, пространства и времени, а также критике метафизических и теологических интерпретаций новейших космологических открытий.

Воланд и пятимерная теория поля

Г. Е. Горелик

Москва

«— Нет,— ответила Маргарита,— более всего меня поражает, где все это помещается.— Она повела рукой, подчеркивая этим необъятность зала.

Коровьев сладко ухмыльнулся, отчего тени шевельнулись в складках у его носа.

— Самое несложное из всего! — ответил он.— Там, кто хорошо знаком с пятым измерением, ничего не стоит раздвинуть помещение до желательных пределов. Скажу вам более, уважаемая госпожа, до черт знает каких пределов»¹.

Вот оно, свидетельство не только теоретического знакомства мессира с физикой пятимерных событий, но и практического ее применения. И не где-нибудь там, в заоблачных высях — в глубоко неупругих взаимодействиях или в каких-нибудь других, не менее понятных явлениях, а в хорошо всем известной, разумеется, квартире № 50.

Перечитав еще раз слова Коровьева и сопоставив их с почти уже забытыми теперь событиями истории физики 20—40-х годов, сразу же понимаешь, что примерно то же самое, что было сделано в квартире № 50, собирались сделать с эйнштейновской общей теорией относительности (ОТО) те физики, которые предлагали считать, что кроме четырех измерений физического пространства существует еще

пятое. Цели подобных работ были неодинаковы. Некоторые из них, начиная с первой «пятимерной» работы Т. Калуци 1921 г., намеревались «раздвинуть» ОТО просто до «желательных пределов» и единым геометризованным образом описать электромагнетизм и гравитацию. В этих работах пятое измерение, по существу, обеспечивало появление в теории новых величин, которые можно было бы отождествить с четырьмя компонентами вектор-потенциала электромагнитного поля. Однако на самом деле в теории появилось не четыре, а пять новых величин, и пятую величину приходилось исключать специальным образом, что само по себе отнюдь не украшало теорию.

Другие «пятимерные» работы были связаны с надеждой раздвинуть «до черт знает каких пределов» теорию относительности и описать в пятимерной классической геометрии и квантовые явления. Эта надежда основывалась на том, что «описание 5-мерного мира при помощи 4-мерного формализма является неполным» и что «из неопределенности «4-мерных» законов можно получить принцип неопределенности и что квантовые явления в конце концов смогут быть объяснены теорией поля»².

Пятимерная теория, как принято считать, не оставила никакого-либо следа в современной физике, несмотря на то, что ею занимались в течение нескольких десятилетий многие

физики, среди них Паули и даже сам Эйнштейн. По-видимому, сейчас многие склонны считать все «пятимерное направление» делом рук если не самого иностранца в черном бархатном берете, то уж во всяком случае кого-нибудь из его свиты.

Вернемся теперь к событиям в квартире № 50. Как и для чего в романе о Мастере и Маргарите появилось пятое измерение?

Булгаков — врач по образованию — сохранял постоянный интерес к медицине, причем не только в практическом аспекте. Известны также интересы Булгакова и к не медицинским наукам, в частности особая роль книги П. Флоренского «Мнимости в геометрии» при создании «Мастера и Маргариты»³.

Впрочем, узнать о пятимерной теории он мог и не из «научных источников», а из широкой печати. Пятимерная теория родилась в 1921 г. Последняя работа Эйнштейна по этому вопросу опубликована в 1941 г., и только в 1944 г. он «официально» отказался от этого направления, хотя некоторые (очень немногие) физики продолжали заниматься пятимерной теорией (вплоть до настоящего времени). Важно то, что время написания «Мастера и Маргариты» (30-е годы) приходится на период активного функционирования идеи пятимерной теории. А проникновение подобных «послед-

¹ Булгаков М. Мастер и Маргарита. В кн. Булгаков М. Романы. М., 1975, с. 666.

² Бергман П. Г. Введение в теорию относительности. М., ИЛ, 1947, с. 381.

³ Чудакова М. Творческая история романа М. Булгакова «Мастер и Маргарита». — «Вопросы литературы», 1976, № 1.

них слов» науки в широкую печать можно проиллюстрировать хотя бы на примере публикации в газете каким-то весьма энергичным журналистом уравнений поля очередного варианта единой теории Эйнштейна⁴.

Для романа «Мастер и Маргарита» характерно, как известно, сближение бытового и «сатанинского», естественного и сверхъестественного. Многие «сатанинские» явления получают вполне обыденное,

даже скучно бытовое объяснение, и наоборот. И в этом смысле совершенно естественно было использовать пятое измерение для организации небезызвестных мероприятий в квартале № 50. Это как бы даже и не чудо, а практическое приращение достижений науки.

Умение сближать чудо и обыденность, привычное и необычное, видеть нормальное в ненормальном и ненормальное в нормальном одинаково плодотворно для поэтического и научного подходов к миру. И для того и для другого важна готовность к встрече с «чуждом».

Может быть, не лишне повторить, что объяснить все до конца — занятие безнадежное и вовсе не почетное (вспомним хотя бы печальную участь председателя Массолита). Поэтому нет никаких гарантий, что при следующем своем посещении мессир не захочет использовать, например, спонтанное нарушение симметрии вакуума. И уж никак нельзя будет посчитать черной магией применение им черных дыр для своих не всегда черных целей.

⁴ Эйнштейновский сборник, 1972, М., 1974, с. 58.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС

Адрес редакции 117049
Москва, В-49, Маро́новский пер.,
26. Тел. 237-50-30, 237-22-97.

Подписано к печати 12/XII-1977 г.
Т-20821.
Формат бумаги 70×100 1/16
Бум. л. 5
Уч.-изд. л. 17,1. Усл.-печ. л. 13,0
Тираж 85 000 экз. Зак. 2621.

Чеховский полиграфический
комбинат Союзполиграфпрома
при Государственном комитете
Совета Министров СССР
по делам издательства,
полиграфии и книжной торговли.
г. Чехов Московской области.



Февраль.

ПРИРОДА

Очередной, февральский номер — 750-й выпуск нашего журнала. Это знаменательное в жизни «Природы» событие редакция отмечает публикацией статей выдающихся русских и советских ученых, которые выступали на страницах журнала за 66 лет его существования. Среди авторов этого номера С. И. и Н. И. Вавиловы, И. П. Павлов, И. И. Мечников, М. Горький, Г. М. Кржижановский, В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман и многие другие замечательные деятели отечественного естествознания и его популяризаторы.

1912

ge du tiers iour celot
la bible. *in.*



L vecchio
ditt dier. les
vanes qui
sont de cello'
le ciel cor
eus assamblees en i lieu