

9

1977

ПРИРОДА





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

Доктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРКИН

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. ЭНГЕЛЬГАРДТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

На первой странице обложки. Детеныш
малайского медведя. В Берлинском
зоологическом саду рождаются и
воспитываются в неволе малайские
медведи. См. статью Г. Дате «Зооло-
гические сады ГДР и их задачи».

Фото Г. Будиха.

На четвертой странице обложки.
Тукан — один из редких видов птиц,
живущих в Берлинском зоологическом
саду.

Фото В. П. Дацкевича.

Редакция рукописей не возвращает.

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

Сентябрь 1977 года

В НОМЕРЕ

К 60-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОГО ОКТЯБРЯ	В. Е. Соколов, А. В. Яблоков Перспективы охраны животного мира СССР	3
	Н. Н. Николаев На каких расстояниях происходят сильные взаимодействия при высоких энергиях	10
	Л. А. Попов, В. И. Крылов Мечение тюленей в Антарктике	20
К 60-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОГО ОКТЯБРЯ	М. М. Одинцов Техногенный фактор в инженерной геологии	21
	Ю. П. Псковский Звездная карта неолитического человека	28
	Н. Ф. Глазовский Подземный сток и солевой баланс пустынь	30
	И. Г. Чистяков, С. А. Селезнев Биологическая роль лиотропных жидких кристаллов	38
	Б. В. Кромберг Пути образования эллиптических и спиральных галактик	46
	ЗООПАРКИ — НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ	
	А. Г. Банников Зоопарки, зоологические сады, питомники и их значение в охране животных	53
	Г. Дате Зоологические сады в ГДР и их задачи	57
	Б. Д. Васильев Опыт польских зоопарков	70
	В. Р. Шатилов В ооцитах лягушки транслируется любая информационная РНК	78
	М. К. Петров Как создавали науку?	80
	В. И. Громов Скульптура палеолитического человека	89
	Ю. Б. Румер Неизвестные фотографии А. Эйнштейна	90
	Н. К. Верещагин Гибель мамонтовой фауны в плейстоцене	94

	Ю. Е. Березкин Древнейшая цивилизация Южной Америки	100
	К 50-ЛЕТИЮ ЗАВЕРШЕНИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ В. Гейзенберг Развитие квантовой теории. 1918—1928 г.	112
	А. А. Шамшурин Химия стреляющих жуков	124
	Н. Д. Оводов «Пещерные наклонности» бурого медведя	126
КРАСНАЯ КНИГА	А. И. Соков В защиту памирского архара	129

НОВОСТИ НАУКИ	Бозе-конденсация в жидком ^4He (132) — Звук от нейтрино (132) — Проблема солнечных нейтрино (133) — Заряженные черные дыры (134) — Полосы на поверхности Фобоса (134) — Новые успехи в геномной инженерии (135) — Функции низкомолекулярных РНК (135) — «Генетическая трансформация» в клетках млекопитающих (136) — Эпидемия охватила сорняк (137) — Эмиграционная активность северных котиков (137) — Особенности кровоснабжения змей (138) — Малая панда в неволе (138) — Средиземноморская мушка вторглась в Мексику (138) — Наэлектризованные пчелы (139) — «Акула», заглатывающая пляж (139) — Золото в воде океанов (139) — Проблемы охраны фауны (140) — Посыпка дорог солью вредит окружающей среде (142) — «Голоса» кефали (142) — Распространенность щелочных пород (143) — Магматический флюорит (143) — Мантийная «струя» (143) — Метеоритный кратер на берегу Карского моря (144) — «Палеосейсмология» Восточной Азии (144) — Извержение подводного вулкана (144) — Ритуально-охотничья стоянка палеоиндейцев (145).	132
----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

РЕЦЕНЗИИ	Информатика и ее роль в развитии науки М. Г. Ярошевский Коммуникации — нервная система науки	146
	Ю. А. Шрейдер Коммуникации средство создания комфортной информационной среды	149
	Б. А. Старостин Коммуникации — для изучения научных коммуникаций	152

НОВЫЕ КНИГИ	Происхождение и эволюция галактик и звезд (155) — И. И. Карпов, Ю. И. Лисневский. Кварки (155) — К. Шварц, Т. Гольдфарб. Поиски закономерностей в физическом мире (155) — В. Паули. Труды по квантовой теории (155) — И. И. Гласс. Ударные волны и человек (155) — С. А. Каплан. Физика звезд (156) — Проблемы экспериментальной биологии (156) — Л. Певзнер. Основы биоэнергетики (156) — Е. М. Егорова. Дикорастущие декоративные растения Сахалина и Курильских островов (156) — А. Г. Жабин. Жизнь минералов (156) — И. Г. Киссин. Вода под землей (157) — Атлас минералов и руд редких элементов (157) — И. Ф. Крузенштерн. Путешествие вокруг света в 1803, 1804, 1805 и 1806 годах на кораблях «Надежде» и «Неве» (157) — Я. Вольневич. У аборигенов Океании (157) — Г. Васильев. Белая цапля (158) — Г. П. Матвиевская. Рене Декарт (158) — Б. А. Розенфельд. История неевклидовой геометрии (158) — В. М. Богуславский. Ламетри (158) — П. И. Старосельский, Е. П. Никулина. Егор Егорович Вагнер (158).	155
--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

В КОНЦЕ НОМЕРА	Г. Е. Горелик Загадочные выстрелы. Из неопубликованных рассказов о Шерлоке Холмсе	159
-----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Перспективы охраны животного мира СССР

Академик В. Е. Соколов, профессор А. В. Яблоков

Москва

Проблемы охраны фауны касаются, по существу, всех без исключения людей. Нет на Земле человека, который захотел бы жить в будущем в компании одних лишь мух и мышей, воробьев и крыс, тараканов и некоторых видов пауков, т. е. представителей тех немногих видов, которым наша цивилизация не угрожает истреблением. Поэтому если мы сегодня не будем сознательно и активно решать проблемы охраны природы, завтра окажется уже поздно говорить об охране многих видов животных — они просто исчезнут с лица Земли, как уже исчезли на глазах двух-трех последних поколений людей несколько десятков видов животных.

Во второй половине XX в. охрана окружающей среды становится жизненно необходимым компонентом внутренней и внешней политики любого государства. В нашей стране проблемам охраны природы придается исключительно важное значение: в «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг.», одобренных XXV съездом КПСС, охрана природы выделена в одну из самых важных народнохозяйственных задач¹.

Охрана фауны занимает одно из центральных мест в комплексе проблем охраны природы. В ней, как в зеркале, отражаются успехи и недостатки организации охраны природы в целом.

Оценивая перспективы охраны фауны в нашей стране, можно выделить по крайней мере четыре основных аспекта проблемы: развитие теории охраны фауны; решение вопросов охраны фауны при хозяйственном строительстве; совершенствование системы правовых отношений в области охраны фауны; перспективы международного сотрудничества в этой области.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ОХРАНЫ ФАУНЫ

Несмотря на то, что целые поколения экологов, зоологов, ботаников, биогеоценологов и других специалистов разрабатывали и изучали различные пути охраны природы (и в частности животного мира), в мировой науке не существует пока сложившейся системы принципов в этой области.

¹ Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг.— В кн.: «Материалы XXV съезда КПСС», М., 1976.

Речь идет о формулировке системы аксиом в области охраны природы в целом и охраны отдельных видов и форм органического мира в частности. Ни в одном учебнике по охране природы мы не найдем, к сожалению, четко сформулированной аксиоматики, хотя, казалось бы, что в системе современного образования неизблемые правила, аксиомы, определяющие отношения человека со средой, взаимоотношения человечества и животного мира, должны быть не менее важными, чем четыре действия арифметики.

Сейчас в ряде научных советов Академии наук СССР предпринимаются попытки сформулировать систему общих принципов как на основе огромного числа специальных практических и теоретических разработок в области охраны природы непосредственно, так и на основе современных знаний в области экологии и изучения биосферы.

Не рассматривая подробно картины исследований в этом направлении, укажем на три подхода: первый — назовем его «экологическим» — основан на формулировке так называемого принципа взаимозависимости в окружающей нас живой природе; второй — «системно-структурный» — исходит из принципа сохранения качественного многообразия живой природы; третий — «популяционно-генетический» — говорит о возможности сохранения любого вида только как системы взаимосвязанных популяций.

Названные общие принципы еще не дают нам достаточно полных правил в области охраны фауны, но они показывают, что аксиоматизация знаний в этой области при современном уровне биосферных, экологических, генетических исследований становится возможной.

Приведем один из вариантов такой аксиоматизации, надеясь на заинтересованное обсуждение его не только биологами, но и специалистами смежных дисциплин.

Жизнь существует в форме сообществ живых организмов (биоценозов). Чем сложнее эти сообщества, тем они устойчивее, поэтому

— для сохранения жизни необходимо сохранение биоценозов;

— для длительного сохранения биоценозов необходимо сохранение эволюционно достигнутой степени сложности этих сообществ.

Каждый вид, обладая неповторимым генофондом, представляет собой уникальный результат эволюции. Сегодня невозможно предвидеть значение для человека того или иного генофонда в будущем. Примеры показывают, что виды, ранее считавшиеся вредными или бесполезными, оказываются исключительно важными и заслуживающими сохранения, поэтому необходимо сохранение всего видового многообразия, сохранение разнородности живой природы.

Виды в природе существуют в тесной связи с другими видами. Сохранение одного лишь вида без сохранения связанных с ним видов (в цепях питания и как важных компонентов среды) невозможно, поэтому

— для сохранения отдельных видов необходимо

сохранение сообществ (биоценозов), в которые входят интересующие нас виды.

Каждый вид представляет собой систему эволюционно интегрированных популяций. Вид не может длительное время существовать, будучи представлен лишь одной изолированной популяцией, поэтому

— для сохранения отдельного вида необходимо сохранять (или создать) взаимосвязанную систему популяций.

В силу неизбежных колебаний численности небольшие по числу особей группы рано или поздно достигнут нуля. Для гибели группы достаточно, чтобы до нуля упала численность особей лишь одного из полов (у двуполовых организмов) или чтобы частота встречи особей разного пола уменьшилась настолько, чтобы не обеспечивать продолжения рода, поэтому

— малочисленные популяции всегда находятся под угрозой исчезновения и требуют особой охраны.

Еще одно важное направление научной и практической работы — разработка стратегии сохранения все большего числа видов, исчезающих и резко сокращающихся в числе. В тех случаях, когда пассивных мер защиты (регламентация охоты, промысла, создание заповедников и заказников и т. п.) оказывается недостаточно, необходимо искать пути для специального и **полного контроля** за жизнью исчезающего вида. Такой контроль осуществим, видимо, лишь в двух главных случаях: в условиях промышленного хозяйства и в условиях паркового (в широком смысле) содержания.

В прошлом в хозяйство было вовлечено намного больше видов, чем сохранилось их в домашнем или полудомашнем состоянии до сих пор, в том числе среди домашних или полудомашних видов были крупные и мелкие хищники (например, ласка, хорь), ряд копытных (антилопы, лось и др.), крокодилы, некоторые виды птиц и т. д. Уже одно это говорит о возможности резкого увеличения количества видов (ныне являющихся дикими), разводимых в неволе с целью получения определенной продукции, что можно назвать организацией промышленного хозяйства. В первую очередь, это касается видов животных, ныне относимых к категории промысловых. Переход от промысла к хозяйству, к промышленному разведению в условиях неволи или полуневоли — перспективный путь сохранения большинства промысловых животных². Отсюда следует другое важное направление научных исследований — изучение особенностей ныне непромысловых животных с целью их одомашнивания и вовлечения впоследствии в промышленное хозяйство в определенном выше смысле.

Ранее парковое (зоопарки, зоосады, внутригородские зоны отдыха) содержание животных рассматривалось лишь с эстетических позиций и с позиций музейно-просветительной деятельности. Такое положение

² Я б л о к о в А. В. Методологические аспекты взаимоотношения человека и животного мира.— В кн.: «Методологические аспекты исследования биосферы», М., 1975; Я б л о к о в А. В. От промысла — к хозяйству.— «Природа», 1973, № 1.

сегодня нас удовлетворить не может: роль зоопарков в ближайшем будущем должна быть расширена, они должны быть не только культурно-просветительными предприятиями, но и центрами размножения тех видов животных, численность которых в природе достигла критического состояния. Имеющийся мировой опыт в этой области показывает, что подобный путь применим, вероятно, ко всем без исключения группам животных.

Всемирно известен опыт Дж. Даррелла по созданию зоопарков нового типа — центров репродукции исчезающих видов³. Такой опыт есть и в других странах. Крупнейший в США зоопарк в Сан-Диего (Калифорния), например, заключил с правительством Мальгашской республики (о-в Мадагаскар) соглашение об организации размножения в неволе некоторых видов лемуру, исчезающих там в связи с интенсивным хозяйственным освоением территорий острова. Назрела необходимость создания и в нашей стране каких-то подобных центров репродукции исчезающих животных, и биологическая наука должна быть готова к решению этой практической задачи.

Все изложенное в этом разделе приводит к заключению, что в нашей стране, видимо, необходимо создание специального направления научно-технических работ, позволяющего для каждого исчезающего или редкого вида научно разработать и практически организовать специальные мероприятия, обеспечивающие в перспективе его неограниченно долгое существование.

РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ОХРАНЫ ФАУНЫ ПРИ ХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Включение проблемы охраны фауны в число крупнейших народнохозяйственных проблем говорит о понимании общегосударственной важности задач охраны окружающей среды. В десятой пятилетке на долю охраны среды отпущены миллиарды рублей — это огромная сумма. Дело состоит в том, чтобы рационально, с максимальной пользой использовать эти средства.

Сейчас открываются, видимо, определенные благоприятные перспективы в области улучшения работ заповедников. Опыт промышленно развитых стран говорит о том, что создание широкой сети заповедников и охраняемых территорий — чрезвычайно важный аспект охраны фауны — и не только по отношению к крупным млекопитающим и другим животным, но и по отношению ко многим беспозвоночным и низшим позвоночным, которые давно заслуживают охраны.

Важнейшее место в охране фауны занимает экологическая экспертиза всех крупных строек, составление экологических прогнозов развития отдельных крупных регионов страны. Практика хозяйственного строительства дает большой материал для разработки основных научных положений экологической экспертизы и экологического прогнозирования, которые как необходимый элемент уже сейчас входят в планирование крупных строек. В прошлом бывало так, что научное качество такой

экспертизы было недостаточно высоким, главным образом благодаря тому, что непосредственный хозяйственный эффект от строительства новых предприятий неоправданно завышался по сравнению с эффектом от традиционных форм использования природных ресурсов в нетронутом виде (от сельского, лесного, охотничье-промыслового и рыбного хозяйства и т. д.). Показателен в этом отношении пример с Аляской. В свое время этот район ценился в основном за то золото, которое добывалось в его недрах. Однако уже в середине нашего века оказалось, что стоимость всего добытого на Аляске золота ниже суммарной стоимости одних только мехов, полученных от эксплуатации охотничьих ресурсов этого региона.

В этом году вступил в действие Указ о 200-мильной рыболовной зоне⁴, имеющий далеко идущие последствия для охраны рыб, морских беспозвоночных, птиц и млекопитающих. Это событие назревало давно, и теперь задача состоит в том, чтобы в известной степени переориентировать наше морское хозяйство и промысел на разработку длительных программ использования когда-то казавшихся неисчерпаемыми, а теперь все более скудеющих богатств Мирового океана. Подсчеты показывают, что в случае принятия всеми государствами аналогичных мер (что практически и осуществляется быстрыми темпами) около 30% акватории Мирового океана получают «хозяев». Нам кажется это обстоятельство чрезвычайно перспективным с позиции настоящей, разумной организации, рассчитанной на неограниченно долгое использование животного мира.

Уже одно это далеко не полное перечисление аспектов связи хозяйственного строительства с практическими вопросами охраны фауны показывает, что в последние годы такая связь становится все более многосторонней и всеобъемлющей. Эти тенденции будут развиваться и дальше. Это, несомненно, приведет к тому, что в обозримом будущем необходимым компонентом всякого хозяйственного строительства станут вопросы «встраивания» в живую природу промышленности, вопросы воспроизводства и охраны животных и растений.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРАВОВОЙ ОХРАНЫ ЖИВОТНОГО МИРА

В последние годы происходит резкое оживление работ по совершенствованию правовых отношений в области охраны фауны в нашей стране.

Крупной вехой явилось учреждение Министерством сельского хозяйства СССР по поручению Совета Министров СССР «Красной Книги» — «Книги редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений СССР»⁵. В настоящем виде эта книга

⁴См.: Указ Президиума Верховного Совета СССР «О временных мерах по сохранению живых ресурсов и регулированию рыболовства в морских районах, прилегающих к побережью СССР» («Известия», 10 декабря 1976).

⁵См.: Положение о Книге редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений СССР — «Красной Книге СССР». — В кн: Жирнов Л. В., Винокуров А. А., Бычков В. А. Редкие млекопитающие, птицы и рыбы СССР. М., 1975.

нуждается в совершенствовании, поскольку она не имеет достаточной законодательной силы. Но работа — и очень важная работа — по созданию «Красной Книги» ведется. В ряде союзных республик учреждены республиканские «Красные Книги»; ведутся работы по созданию «Красных Книг» и в остальных союзных республиках.

В настоящее время ведется активная работа по выработке общесоюзного законодательства по охране фауны⁶. Огромное значение этого будущего закона не только в том, что страна получит впервые единые нормы фаунистического законодательства, но и в том, что в него введены некоторые совершенно новые принципиальные положения, отражающие важные тенденции и перспективы развития дела охраны фауны. Из таких предложений главные, на наш взгляд, следующие:

— ввести понятие о Государственном фаунистическом фонде, в который были бы включены все без исключения животные (как позвоночные, так и беспозвоночные) независимо от их значения для человека в настоящем;

— создать Государственный фаунистический кадастр как совокупность данных по распределению, численности, популяционной структуре и перспективам хозяйственного использования всех видов или групп видов животных — для всеобъемлющего государственного учета и организации охраны объектов животного мира;

— учредить Государственный коллекционный фонд, в который вошли бы все коллекции, хранящиеся в государственных и общественных организациях, а также коллекции, принадлежащие отдельным лицам и представляющие большую научную, культурно-просветительную или эстетическую ценность;

— ввести полный запрет на коллекционирование любых видов животных отдельными лицами: коллекционирование предполагается разрешить только организациям по специальным лицензиям;

— наделить зоопарки функциями центров репродукции редких и находящихся под угрозой исчезновения в дикой природе форм животных.

Наконец, чрезвычайно важно предложение о придании «Красной Книге» общегосударственного законодательного статуса (а не ведомственного статуса, каким она сейчас обладает).

Надо, конечно, иметь в виду, что никакое самое совершенное законодательство само по себе не в состоянии решить проблем охраны фауны. Только в сочетании с активной работой всех организаций, направленной на охрану фауны, связанной, конечно, и с ростом фаунистического сознания, возможны успехи в деле охраны фауны. Вспыхивающие в последние годы на страницах печати острые дискуссии по нравственным аспектам охоты, по гуманным методам обращения с животными

⁶Колбасов О. С. Экология: политика — право. Правовая охрана природы в СССР. М., 1976; Константиныди С. С. Охрана животного мира (правовые вопросы). Алма-Ата, 1975.

и т. п. показывают, что общественное сознание быстро меняется в «фаунистическом» направлении.

О МЕЖДУНАРОДНОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ФАУНЫ

Животный мир не знает государственных границ, и многие проблемы охраны фауны нельзя решить силами только одного государства. Отсюда вытекает огромное значение международного сотрудничества в деле охраны фауны.

СССР является участником многих международных соглашений по разным аспектам охраны фауны.

В последнее время расширяется сотрудничество в рамках СЭВа по координации национальных программ охраны окружающей среды.

Представители Советского Союза участвуют в работе ряда комиссий и групп Международного союза охраны природы (МСОП). Мы надеемся, что проведение — впервые в истории этой организации — Генеральной Ассамблеи этого союза в 1978 г. в СССР послужит толчком к резкому усилению нашего участия в работе МСОПа.

Если же говорить о более далеких перспективах международной охраны фауны, то представляется важным создать систему международных соглашений со всеми пограничными с нами странами по комплексной охране животного мира. Такие же соглашения должны, видимо, связать нашу страну со всеми странами, где находятся миграционные пути и зимовки наших птиц. В еще более далекой перспективе кажется заманчивым проект выработки всеобъемлющего всемирного фаунистического законодательства, всемирной «Красной Книжки», но не общественной, каковой она является сегодня как орган Международного союза охраны природы, а межгосударственной.

Выше были затронуты далеко не все крупные проблемы охраны фауны. В этой области перед учеными и практиками стоят многочисленные проблемы разной степени сложности. Одни из них мы знаем как решать, по отношению к другим только вырабатываются методы и пути решения, третьи — еще только формулируются. Однако понимание важности решения проблемы охраны животного мира, распространяющееся в настоящее время как в нашей стране, так и во многих странах мира, служит залогом успеха в ее решении.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

РЕДКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ФАУНЫ СССР. Под ред. В. Е. Соколова. М., 1976.

Соколов В. Е., Саблина Т. Б. ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В СССР. М., 1974.

Федоров Е. К. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБЩЕСТВА И ПРИРОДЫ. М., 1972.

Дорст Ж. ДО ТОГО КАК УМРЕТ ПРИРОДА. М., 1968.

На каких расстояниях происходят сильные взаимодействия при высоких энергиях

Н. Н. Николаев



Николай Николаевич Николаев, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института теоретической физики им. Л. Д. Ландау АН СССР. Занимается физикой высоких энергий.

Известно, что радиус действия ядерных сил, ответственных за сильные взаимодействия элементарных частиц, крайне мал — порядка 10^{-13} см¹. Длины волн де Бройля, соответствующие этим частицам $\lambda = h/k$, также малы. При импульсе $k=1$ ГэВ/с длина волны $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-13}$ см, при импульсе 100 ГэВ/с она составляет всего $1,2 \cdot 10^{-15}$ см. Приведенными цифрами, казалось бы, исчерпан ответ на вопрос, вынесенный в название этой статьи. Но это не так. При высоких энергиях во взаимодействиях становятся существенными расстояния, которые во много раз больше и длин волн частиц, и радиуса действия ядерных сил. Наиболее ярко это проявляется в неупругих столкновениях частиц высокой энергии с тяжелыми ядрами.

Неупругие взаимодействия с рождением новых частиц привлекают сейчас все большее внимание. Интерес к ним вполне понятен, поскольку неупругие реакции составляют при высоких энергиях около 80% всех взаимодействий. Ясно, что для построения теории элементарных частиц и выяснения динамики взаимодей-

ствий при высоких энергиях необходимо прежде всего установить механизмы реакций множественного рождения.

Среднее число рожденных частиц довольно велико и быстро растет с ростом энергии. Так, при энергиях 50—70 ГэВ, характерных для экспериментов на Серпуховском ускорителе, рождается около пяти-семи новых частиц. При энергиях 200—500 ГэВ (ускорители лаборатории Ферми в Батавии, США, и новый ускоритель SPS в ЦЕРНе, Женева) среднее число рождаемых частиц вырастает до десяти и даже до пятнадцати. Необходимость регистрации большого числа частиц, возникающие трудности с обработкой информации о процессах с большим числом частиц привели к тому, что интенсивное и детальное изучение множественного рождения стало возможным только в 70-е годы.

Считалось само собой разумеющимся, что для получения как можно более полной и однозначной информации о столь сложных процессах следует использовать в качестве мишени, с которой сталкиваются ускоренные частицы, ядра водорода, состоящие из одного протона. Опыты с тяжелыми ядрами в качестве мишени почти не проводились. Тяжелые ядра состоят из большого числа протонов и нейтронов, и довольно много нуклонов ядра вовлекается

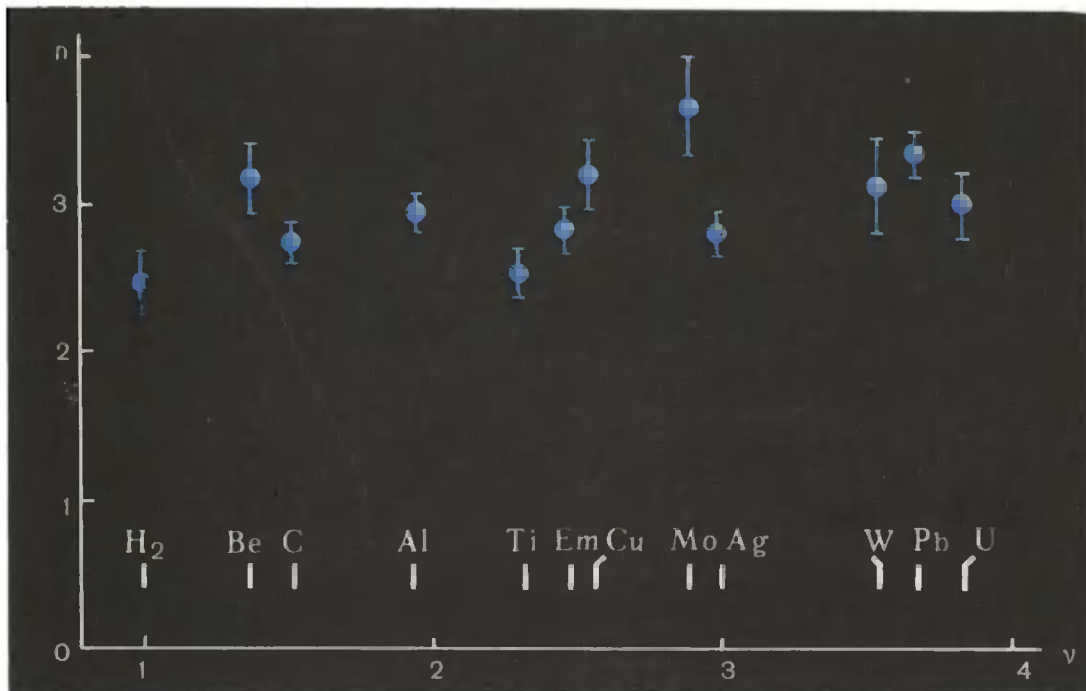
¹ Подробнее о свойствах элементарных частиц и типах их взаимодействий см.: Окунь Л. Б. Новые мезоны. — «Природа», 1976, № 8.

во взаимодействие. Считалось очевидным, что это только запутало бы и без того сложную ситуацию. Эксперименты по множественному рождению на ядрах если и проводились, то лишь постольку, поскольку по ряду причин не удавалось использовать водородные мишени. Это были или эксперименты с регистрацией взаимодействий в фотоэмульсиях, или опыты с частицами космических лучей.

Буквально за последние несколько лет интерес к взаимодействиям с ядрами заметно оживился. Хотя эксперименталь-

ных данных и мало, но по мере их накопления стало ясно, что множественное рождение на ядрах обладает рядом удивительных свойств. Самое интересное из них — прозрачность ядерной материи для вновь рожденных частиц высокой энергии.

Имеется в виду следующее. Налетающая на ядро частица высокой энергии сталкивается с одним из нуклонов ядра. В результате неупругого столкновения рождаются вторичные частицы. Представлялось естественным, что, пролетая через ядро, эти вторичные частицы сами будут



Предварительные результаты одного из экспериментов, проводимых сейчас в лаборатории Ферми [США].

Зависимость числа вторичных частиц n , вылетающих под углами $\theta \leq 2^\circ$, от числа длины поглощения протонов в ядре ν . Эти углы вылета отвечают вторичным частицам с энергиями ≥ 10 ГэВ. На рисунке указаны ядра, использованные в качестве мишеней. Видно, что число быстрых частиц, рождающихся на всех ядрах, одинаково, и никакого уменьшения их числа на тяжелых ядрах за счет поглощения внутри ядра не наблюдается.

Рисунок взят из доклада В. Бужа и др. на XVII Международной конференции по физике высоких энергий, проходившей в августе 1976 г. в Тбилиси.

испытывать столкновения с другими нуклонами ядра. В тяжелых ядрах типа свинца или урана каждая из рожденных в первом взаимодействии частиц, согласно привычным представлениям, провзаимодействовала бы два-три раза. Экспериментальные же данные указывают на то, что вторичные частицы достаточно высокой энергии не испытывают вообще ни одного взаимодействия. Это отсутствие поглощения вновь рожденных частиц в ядерной материи и было вызвано прозрачностью ядерной материи для быстрых частиц.

Эта статья преследует две отчасти противоположные цели. Во-первых, показать, что явление прозрачности ядерного вещества для быстрых частиц действительно нетривиально. Вторая, и основная зада-

ча автора — объяснить, что это явление крайне естественно и что оно следует из самых общих принципов квантовой механики. Именно оно оказывается глубоким проявлением волновых свойств квантовых частиц.

Очень близкие по природе эффекты известны уже довольно давно. Явление прозрачности ядерного вещества для быстрых частиц во многом сходно, например, с эффектом Ландау — Померанчука во взаимодействии электронов с веществом, с эффектом Чудакова в фоторождении электрон-позитронных пар в веществе. Одно из принципиальных ограничений, возникающих при регистрации частиц с помощью переходного излучения, имеет ту же природу, что и прозрачность ядерного вещества. Этот список легко продолжить.

КАК ЧАСТИЦЫ ПОГЛОЩАЮТСЯ В ЯДРЕ?

Для всего последующего обсуждения детальная структура самого ядра будет несущественна. Ядро можно рассматривать как обычное вещество, только с очень высокой плотностью. Размеры ядер хорошо известны. Их радиусы растут с ростом числа нуклонов в ядре A по закону $R = 1,2 \cdot 10^{-13} A^{1/3}$ см. В одном кубическом сантиметре ядерного вещества содержится примерно $1,5 \cdot 10^{23}$ нуклонов.

Взаимодействие частиц с веществом характеризуется так называемой длиной поглощения. Это есть среднее расстояние, которое частица проходит в веществе до неупругого столкновения с ядрами вещества. В жидком водороде с плотностью $\rho = 0,07$ г/см³ число протонов в 1 см³ равно $4,5 \cdot 10^{22}$. Экспериментально установлено, что длина поглощения протонов высоких энергий в жидком водороде равна примерно 8 м. Ясно, что вероятность поглощения в веществе пропорциональна плотности вещества, а длина поглощения обратно пропорциональна вероятности поглощения. При плотности вещества, равной ядерной плотности, длина поглощения протонов будет составлять всего $2 \cdot 10^{-13}$ см. Мы видим, что диаметр ядра меди ($A = 64$) равен почти пяти длинам поглощения, а в таких тяжелых ядрах, как свинец, на диаметре укладывается уже семь длин поглощения: Для пионов длины поглощения примерно в 1,5 раза больше, чем для протонов.

Как происходит неупругое взаимодействие с ядром? Налетающий на ядро протон успевает пролететь в ядерном ве-

ществе расстояние, равное длине поглощения, и испытывает неупругое столкновение с одним из нуклонов ядра. В результате этого столкновения образуются вторичные частицы (в основном пионы). Если бы эти частицы появлялись непосредственно в том месте, где произошло поглощение налетающего на ядро протона, то каждая из них испытала бы внутри ядра меди по $3-4$ неупругих столкновения, а внутри ядра свинца — $4-6$ столкновений.

Экспериментальный факт состоит в том, что вторичные частицы с импульсами выше $20-50$ ГэВ/с вообще внутри ядра не взаимодействуют. Проявляется это, в частности, в следующем. Протоны высоких энергий рождаются в основном пионы, теряя на это примерно половину своей начальной энергии. После двух неупругих столкновений протон сохранил бы только четверть своей начальной энергии и т. д. Вылетающие из тяжелых ядер протоны могли бы иметь не более 10% начальной энергии. Экспериментальные же данные показывают, что протоны сохраняют половину первичной энергии и во взаимодействиях с ядрами и что эта доля энергии не уменьшается с ростом размеров ядра и числа длин поглощения в ядре. Таким образом, в силу прозрачности ядерного вещества быстрых вторичных частиц на ядрах рождается столько же, сколько и на водороде.

Парадокс объясняется именно тем, что образование вновь рожденных частиц происходит не мгновенно. Согласно квантовой механике, частицам сопоставляются волны де Бройля. Именно волновые свойства частиц и приводят к тому, что чем больше энергия вторичных частиц, тем больше времени требуется для их образования и тем больше расстояние от точки поглощения налетающих частиц до места, где они образуются.

Как будет показано ниже, вторичные частицы достаточно высокой энергии образуются вообще вне ядра. Поэтому говорить о прозрачности ядерной материи не совсем правильно. Вторичные частицы не взаимодействуют внутри ядра не потому, что ядерное вещество становится прозрачным. С ядерным веществом в процессе множественного рождения ничего не происходит, и оно не меняет своих свойств. Вторичные частицы не взаимодействуют внутри ядра потому, что они не успевают в нем образоваться.

КАКИЕ РАССТОЯНИЯ СУЩЕСТВЕННЫ В ОБРАЗОВАНИИ ВОЛН?

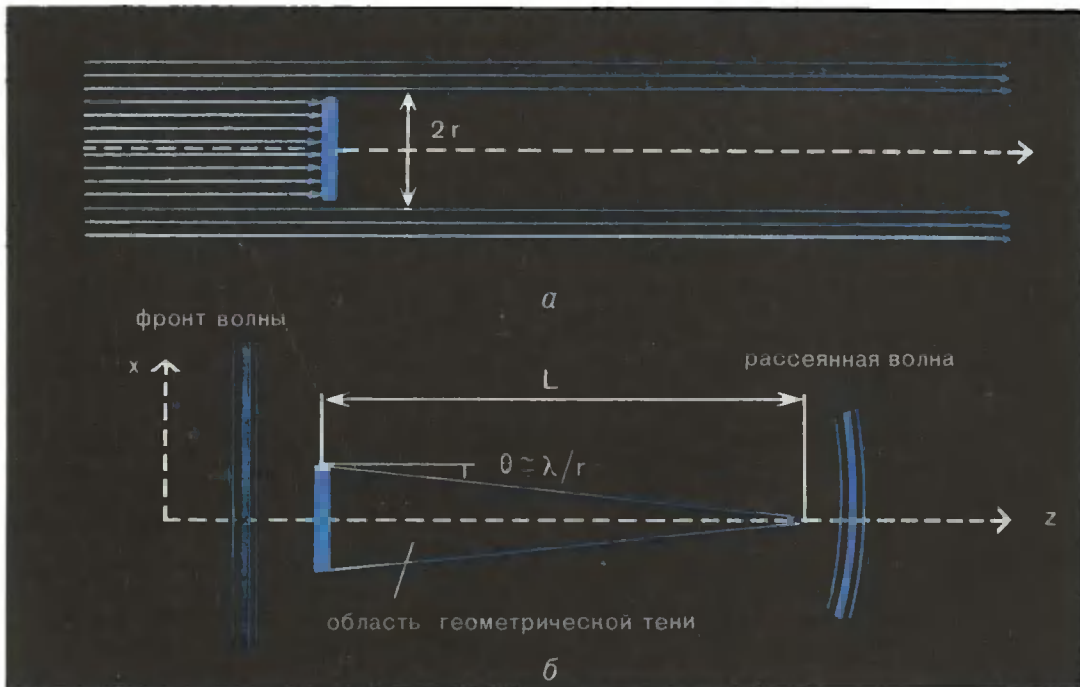
Прежде всего заметим, что в данной статье речь идет о частицах со скоростью, близкой к скорости света. Волновые свойства таких ультррелятивистских частиц не отличаются от волновых свойств света. Поскольку волновая оптика широко известна, мы и воспользуемся сейчас этой аналогией.

Пусть плоскопараллельный пучок света падает в направлении оси z на не-

нием $\lambda \approx r\theta$. Для $\lambda \ll r$ угол θ мал, и для расстояния L получаем формулу $L \cong r^2/\lambda$.

Вспомним теперь, что свет есть все же поток частиц — фотонов. Огибание экрана волнами означает, что экран рассеивает падающие на него фотоны. Пока мы находимся на расстояниях от экрана меньше чем L , в области тени, то можно считать, что рассеянных фотонов нет. Расстояние L есть то расстояние, начиная с которого появляются рассеянные фотоны.

Изменим теперь постановку задачи.



Образование геометрической тени при рассеянии на поглощающем экране в случае классических частиц [а] и дифракционного рассеяния волн [б].

прозрачный диск, радиус которого r много больше длины волны света λ . После экрана образуется тень. Если бы свет представлял собой поток классических частиц, то тень была бы резкой и простиралась бы до бесконечности. Но свет есть волна, волны огибают препятствие (т. е. имеет место дифракция), и на некотором расстоянии L от экрана тень исчезает. Угол дифракции θ , длина волны λ и радиус экрана r связаны хорошо известным соотноше-

Пусть свет падает на бесконечный непрозрачный экран с вырезанной в нем дыркой радиуса r . В этом случае дифракция приводит к расхождению пучка после экрана с углом расхождения, равным углу дифракции θ . Говорить о том, что имеются рассеянные фотоны, можно, когда размеры пучка заметно выросли. Расстояние L отвечает в этом случае удвоению размеров пучка. Вообще, согласно известному в оптике принципу Бабинэ, круглая дырка в сплошном экране и непрозрачный диск равных радиусов рассеивают свет одинаково.

Процесс рассеивания фотонов можно рассматривать как поглощение фотона из начального пучка и рождение вместо него фотона, летящего под углом к начально-

му пучку. Мы видим, что рождение рассеянных фотонов характеризуется большим расстоянием L , много большим длины волны фотона. Рассматривая рассеяние частиц дыркой в экране как рождение рассеянных частиц, мы можем сформулировать общее правило: если волна с длиной волны λ рождается источником с поперечными размерами r , то она формируется только на расстояниях $L \cong r^2/\lambda$ от источника. Расстояние L мы будем называть длиной формирования.

Длина волны λ связана с импульсом k соответствующей ей частицы соотношением де Бройля $\lambda = h/k$, где h — постоянная Планка, так что длина формирования $L = kr^2/h$. Она тем больше, чем больше импульс фотона.

КАКОВЫ РАЗМЕРЫ ОБЛАСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ?

Из подобия волновых свойств света и частиц высокой энергии возникает естественное желание применить формулу $L = kr^2/h$ для вычисления длин формирования при рождении и элементарных частиц. Сразу же возникает вопрос: чему равны размеры области взаимодействия, в которой рождаются частицы? И как эти размеры связаны с длинами волн частиц?

Если быть более точным, то нужны размеры не просто области взаимодействия, а поперечные размеры той области, которая участвует в рождении данной вторичной частицы. Найти эти размеры помогает одно фундаментальное свойство сильных взаимодействий. Оно формулируется так: средние поперечные импульсы вторичных частиц не зависят от энергии сталкивающихся частиц и ограничены:
 $\langle k_{\perp} \rangle \cong 0,5 - 1,0 \text{ ГэВ}/c$.

Какое имеет отношение средний поперечный импульс к размеру области взаимодействия? Вернемся к рассеянию света дыркой в экране. Средний угол, на котором рассеиваются фотоны, равен примерно θ . До рассеяния импульс фотонов был направлен по оси z . У рассеянных фотонов, летящих под углом θ к оси z , появляется поперечная компонента импульса, направленная по оси x . Так как угол θ мал, то $k_{\perp} \cong k\theta \cong k\lambda/r = h/r$. Мы получили важное соотношение: $r \cong h/\langle k_{\perp} \rangle$. Из него следует, что поперечные размеры области, участвующей в рождении данной частицы, не зависят от энергии.

Полный поперечный размер области

взаимодействия двух протонов может быть измерен в опытах по упругому рассеянию. Опыты, проведенные на Серпуховском ускорителе, а затем в лаборатории Ферми и в ЦЕРНе, показали, что поперечные размеры области взаимодействия растут с ростом энергии по закону $\sqrt{\ln E/m_{\pi}c^2}$, так что площадь области взаимодействия растет пропорционально $\ln E/m_{\pi}c^2$.

Не противоречит ли это тому, что вторичные частицы формируются областями конечных размеров, не зависящих от энергии? Нет, так как среднее число вторичных частиц также растет пропорционально $\ln E/m_{\pi}$. В результате получается так, что каждая вторичная частица формируется своей площадкой, не перекрывающейся с площадкой, участвующей в формировании другой частицы. Суммарная площадь получается в точности пропорциональной $\ln E/m_{\pi}c^2$ и совпадает с площадью области взаимодействия, известной по упругому рассеянию. Мы получили полностью самосогласованную картину взаимодействия.

Мы не будем вдаваться в дальнейшие детали очень интересного и важного вопроса о связи упругого и неупругого взаимодействий. Отметим только еще одно важное обстоятельство. То, что области взаимодействия, участвующие в формировании разных частиц, не перекрываются, означает, что различные вторичные частицы рождаются независимо друг от друга. Этот вывод находится в хорошем соответствии с экспериментальными данными.

РОСТ ДЛИН ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОЗРАЧНОСТЬ ЯДРА

Мы уже в состоянии объяснить прозрачность ядра для быстрых вторичных частиц. Проследим, как формируются частицы, рождающиеся после поглощения в ядре первичной частицы. Важно соотношение между длиной формирования и радиусом ядра. Те из вторичных частиц, длины формирования которых меньше радиуса ядра, успевают сформироваться внутри ядра. Эти частицы могут испытывать неупругие столкновения внутри ядра. Если же длина формирования частицы превышает диаметр ядра, то она появится уже только вне ядра. Ясно, что провзаимодействовать с ядерным веществом такие частицы не могут, и в этом смысле для них ядерное вещество прозрачно. Ядерное вещество прозрачно для всех вторичных частиц, длина формирования которых $L \cong kh/$

$\langle k_{\perp} \rangle^2$ превышает диаметр ядра $2R$, т. е. частиц импульсами $k_{\perp} \geq 2R \langle k_{\perp} \rangle^2 / h \approx 10 \text{ ГэВ} \cdot \text{А}^{1/2}$.

Наша аналогия с оптикой выглядит вполне убедительно, но она все же не вполне строга. Когда ускоренная частица налетает на покоящуюся частицу-мишень, то после столкновения там, где была мишень, никаких излучающих экранов не образуется. Это слабое место нашей аналогии, хотя, пользуясь ею, мы, по существу, изложили все основные черты так называемой мультипериферической модели множественных процессов. Ближе к нашей задаче о множественном рождении частиц задача об излучении фотонов электронами, движущимися в веществе. При этом возникает одно очень красивое явление, связанное с ростом длин формирования. Речь идет об эффекте Ландау — Померанчука.

РОСТ ДЛИН ФОРМИРОВАНИЯ И ЭФФЕКТ ЛАНДАУ — ПОМЕРАНЧУКА

Известно, что ускоряющиеся заряды излучают. Это так называемое тормозное излучение. Вероятность тормозного излучения, число тормозных фотонов, образующихся при одном рассеянии, и их спектры хорошо известны.

Пусть релятивистский электрон пролетает через пластинку аморфного вещества толщиной d . Число рассеяний на атомах вещества, испытываемых электроном при пролете, через пластинку, также может быть рассчитано. Спрашивается, сколько тормозных фотонов излучается при пролете через пластинку?

Казалось бы, что надо излучаемое в одном рассеянии число фотонов умножить на число рассеяний, которое испытал электрон. Но в 1953 г. Л. Д. Ландау и И. Я. Померанчук показали, что этот кажущийся очевидным ответ неправилен. Причина в росте длин формирования при высоких энергиях.

Ландау и Померанчук заметили, что излучение тормозного фотона с частотой ω электроном с энергией E происходит в основном на расстояниях $L \approx (E/m_e c^2)^2 \cdot c/\omega$ от атома, на котором рассеялся электрон. Это расстояние L есть не что иное, как длина формирования фотона релятивистским электроном. Далее все определяется соотношением между этой длиной формирования и средним расстоянием l между последовательными рассеяниями электрона. Фотоны с длиной формирования $L < l$ успевают излу-

чаться в каждом рассеянии, и их число будет пропорционально числу рассеяния электрона. Если же $L > l$, то электрон испытывает второе рассеяние раньше, чем он успел излучить фотон с такой длиной формирования. Поэтому число таких фотонов не будет расти пропорционально числу рассеяний электрона. А фотонов с длиной формирования L , большей, чем толщина пластинки d , будет испущено столько, сколько испускается при однократном рассеянии.

Аналогия с рождением частиц на ядрах очень тесная. Там число вторичных частиц с длиной формирования, большей размеров ядра, от этих размеров не зависело. Здесь от толщины пластинки не зависит число тормозных фотонов с длиной формирования, большей толщины пластинки.

Как возникает большая длина формирования в тормозном излучении? Почему электрон должен пролететь очень большое расстояние, большее длины волны фотона $\lambda = 2\pi c/\omega \sim (E/m_e c^2)^2$ раз. Можно объяснить это следующим образом.

Разобьем формулу $L = (E/m_e c^2)^2 \cdot c/\omega$ для длины формирования на два сомножителя: $E/m_e c^2$ и $(E/m_e c^2) \cdot c/\omega$.

Перейдем в систему координат, которая движется относительно лабораторной системы координат в направлении импульса тормозного фотона со скоростью, близкой к скорости электрона. В такой системе координат электрон движется медленно, с нерелятивистской скоростью, так как направление излучения фотонов практически совпадает с направлением движения электрона. В нашей новой системе координат частота фотона будет равна $\omega_0 \approx \omega (m_e c^2/E)$. Волну с частотой ω_0 нельзя образовать за времена, существенно меньшие ее периода колебаний $T = 2\pi/\omega_0$. Поэтому сомножитель $(E/m_e c^2) \cdot 1/\omega$ в формуле для длины формирования — просто период колебаний в системе отсчета, в которой излучающий электрон является медленным (с точностью до несущественного множителя 2π). А второй сомножитель $E/m_e c^2$ отвечает простому релятивистскому преобразованию отрезков времени: время, необходимое для формирования фотона быстрым электроном, увеличивается в $E/m_e c^2$ раз, и за это время электрон успевает пролететь расстояние $(E/m_e c^2) \cdot T \sim (E/m_e c^2) \cdot c/\omega$.

Если вещество, в котором излучает электрон, не аморфное, а упорядоченный

кристалл, то рост длины формирования приводит к когерентному излучению всех атомов, расположенных в пределах длины формирования. На этот интересный и важный эффект было указано в 1953 г. Л. А. Тер-Микаэляном. Релятивистское замедление процессов приводит также к тому, что электрон-позитронная пара, рожденная в веществе фотоном высокой энергии, в течение длительного времени вообще не ионизирует вещество вместо наивно ожидаемой удвоенной ионизации. Этот эффект был предсказан А. Е. Чудаковым и наблюдался экспериментально. Мы ограничимся только этими замечаниями, так как более подробное обсуждение этих явлений увело бы нас в сторону от основной темы статьи.

В эффекте Ландау — Померанчука большая длина формирования возникает как следствие релятивистского преобразования времени. Посмотрим с этой точки зрения на рождение адронов.

Времена, характерные для взаимодействия частиц не очень высоких энергий, равны по порядку величины радиусу действия ядерных сил, поделенному на скорость света. Независимость от энергии сталкивающихся частиц поперечных импульсов вторичных частиц означает, что время образования медленного адрона τ также не зависит от энергии. Если же в системе отсчета, в которой ведется наблюдение, рождающийся адрон релятивистский, то это время увеличивается в E/mc^2 раз. Поскольку для релятивистских частиц $E \approx kc$, то мы снова приходим к растущей пропорционально импульсу частицы длине формирования $L \approx (E/mc^2)\tau \sim (k/mc) \cdot \tau$.

РОСТ ДЛИН ФОРМИРОВАНИЯ В СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ И ПАРТОНЫ

Среда, в которой происходит взаимодействие, не сказывается или же сказывается слабо на процессе формирования тормозных фотонов в эффекте Ландау — Померанчука, или электрон-позитронных пар в эффекте Чудакова, так как константа электромагнитных взаимодействий мала, $e^2/\hbar c \approx 1/137$. Но сильные взаимодействия потому и называются сильными, что их константа велика. Все наши рассуждения о росте длин формирования относятся в полной мере и к сильно взаимодействующим частицам. Волна есть волна независимо от того, что она описывает. Адроны не выделяются ничем, если идет речь об их формировании в отсутствие ядерной

среды. Например, при столкновении двух протонов образование практически всех вторичных частиц происходит в вакууме. Но мы интересуемся взаимодействиями с ядрами, когда формирование частиц происходит в присутствии плотного ядерного вещества. Между точкой неупругого взаимодействия и точкой образования частицы находится ядерное вещество. Энергия и импульс нашей частицы чем-то переносятся в этом промежутке, в котором самой частицы еще не было. Поскольку мы имеем дело с сильным взаимодействием, то не взаимодействует ли это «что-то» с ядерным веществом? Не может ли присутствие ядерного вещества радикально изменить процесс формирования частиц?

Ответ на этот сложный вопрос требует уже детальных знаний динамики сильных взаимодействий. Он был проанализирован О. В. Канчели из Института физики АН Грузинской ССР². Канчели привел убедительные доводы в пользу того, что формирование частиц и в ядерном веществе происходит так же, как в вакууме. Мы постараемся изложить основную суть рассуждений Канчели. Однако вначале нам придется несколько отвлечься и пояснить, что такое партоны.

Электромагнитное рассеяние двух точечных, не обладающих внутренней структурой заряженных частиц друг от друга описывается известной формулой Резерфорда. Однако даже при упругом рассеянии электрона на протоне обнаруживаются отклонения от формулы Резерфорда. Вероятность рассеяния получается меньше, чем даваемая этой формулой. Объясняется это тем, что протон имеет конечные размеры. При высоких энергиях кроме упругого рассеяния возможно и рассеяние с рождением новых частиц. Вероятности рождения любого фиксированного числа частиц с фиксированной полной энергией также оказываются убывающими с ростом угла рассеяния существенно быстрее, чем даваемая формулой Резерфорда вероятность упругого рассеяния.

Проведенные на Стэнфордском ускорителе электронов опыты показали, что если сложить вероятности рассеяний с рождением любого числа частиц, то такая полная вероятность рассеяния по-прежнему дается формулой Резерфорда³.

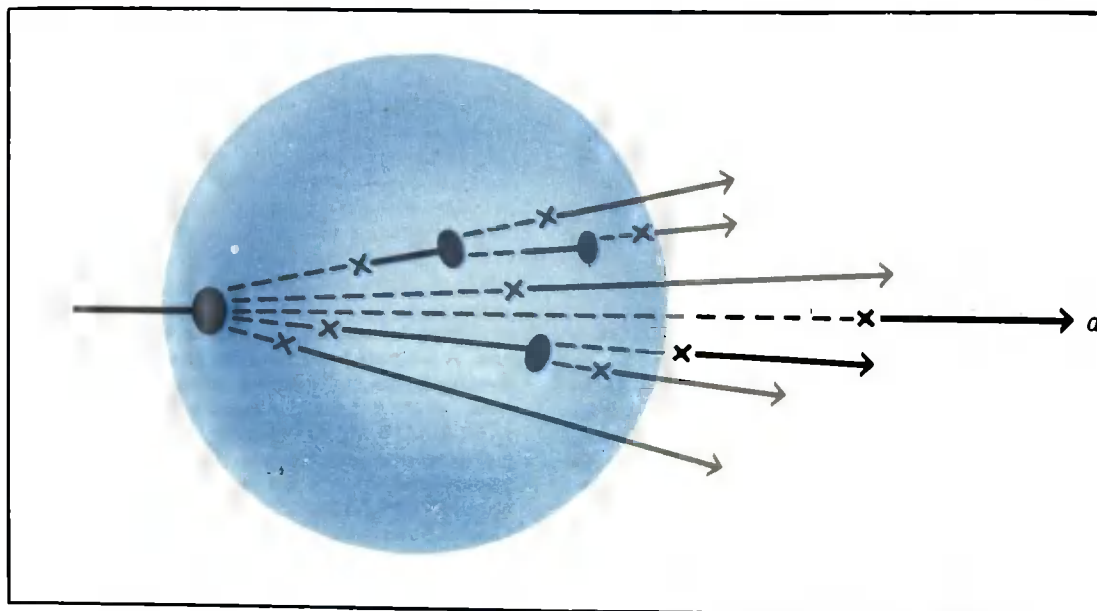
² Канчели О. А. — «Письма в ЖЭТФ», 1973, т. 18.

Американский физик Дж. Бьоркен объяснил это тем, что протоны можно рассматривать состоящими из точечных частиц — партонов, и что неупругое рассеяние отвечает некогерентному рассеянию электронов на этих точечных частицах. Существование партонов было постулировано ранее Р. Фейнманом для описания сильных взаимодействий. Интерпретация опытов по неупругому рассеянию электронов на протонах в рамках партонной модели стала в настоящее время общепринятой.

В грубом приближении, состоящие

столько только внутри адронов и не могут наблюдаться в свободном состоянии.

Как выглядит неупругое взаимодействие двух адронов высокой энергии на языке партонной модели? Состоящий из большого числа партонов быстрый адрон сталкивается с мишенью и распадается на систему партонов. Партоны не могут родиться свободными, поэтому они должны превратиться в адроны. Время превращения T медленно движущегося партона в адрон имеет величину $\sim h/e_0$, где e_0 — характерная энергия сильных взаимодей-



Пространственно-временная картина образования вторичных частиц. Пунктирные линии отвечают распространению внутри ядра партонов, крестиками изображен переход партонов в адроны. Частица «а» образуется из партона уже вне ядра, и число таких частиц, приходящееся на одно взаимодействие, от размеров ядра не зависит.

из партонов протоны подобны атомам, состоящим из электронов и ядра. Отличие от атома в том, что партоны являются виртуальными частицами. Если электроны можно вырвать из атома, то партоны могут суще-

ствовать, равная примерно 1 ГэВ. Она не зависит от энергии сталкивающихся частиц, как это следует из фундаментального факта ограниченности поперечных импульсов вторичных частиц. Превращение быстрого партона в адрон замедляется в E/mc^2 раз. За это время партон успевает пройти в лабораторной системе отсче-

та расстояние $L = (E/mc^2) \cdot \tau c = kh/e_0 m$. Мы опять получили знакомую формулу для растущей пропорционально импульсу длины формирования. Но сейчас мы имеем и нечто большее. Мы выяснили, что до формирования нашего адрона он существовал в виде точечного партона, что его энергия и импульс переносились этим партоном. Вероятность взаимодействия адронов с ядерным веществом мала, и адроны имеют очень малый пробег в ядерном ве-

³Подробнее об опытах по неупругому рассеянию электронов на протонах и об их интерпретации см.: Смородинский Я. А. Из чего состоит протон? — «Природа», 1976, № 2.

естве до взаимодействия. Для точечных же партонов вероятность взаимодействия по меньшей мере в E/mc^2 раз меньше, чем для адрона той же энергии. Партоны с $E \gg mc^2$ могут пролетать сквозь ядро, не взаимодействуя с ядерной материей.

Мы видим, что ядерное вещество не влияет на формирование адронов, так как до своего формирования адрон существовал в виде слабо взаимодействующего с ядерной материей партона. Тем самым наша картина множественного рождения на ядрах стала полностью согласованной и замкнутой. Некоторую неудовлетворенность может вызвать то, что свойства самих партонов в нашей задаче никак не проявляются. Может показаться, что они введены задним числом, чтобы заполнить тот промежуток времени, в течение которого распространялось нечто невзаимодействующее. Имеется, однако, ряд важных процессов, определяемых взаимодействиями уже самих партонов друг с другом.

ПАРТОНЫ И ПРОЦЕССЫ РОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ С БОЛЬШИМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

Выше упоминалась ограниченность поперечных импульсов рождающихся частиц. Продольные их импульсы, напротив, не малы и растут с ростом энергии сталкивающихся частиц. Это означает, что вторичные частицы вылетают преимущественно под малыми углами.

Однако бывают и такие столкновения частиц, когда несколько вторичных частиц вылетают под очень большими углами, имея большие поперечные импульсы. Такие столкновения крайне редки и происходят в сотых и тысячных долях процентов взаимодействий. Но даже эта маленькая вероятность оказывается anomalously большой с некоторых точек зрения и ее трудно объяснить без введения партонов.

Наиболее естественным представлялось, что вероятность рассеяния двух адронов на большие углы должна убывать экспоненциально с ростом поперечного импульса. На опыте же закон убывания оказался существенно более слабым: всего как некоторая отрицательная степень поперечного импульса.

И здесь на помощь приходят партоны. Мы знаем теперь, что налетающие друг на друга адроны состоят из партонов. Из теории поля следует, что вероятность рассеяния двух точечных партонов на боль-

шой угол убывает только степенным образом. Значит, первичным процессом было рассеяние на большой угол двух партонов из сталкивающихся адронов. А уже затем эти рассеянные партоны превратились в наблюдаемые на опыте адроны с большими поперечными импульсами. Таким образом удается объяснить и наблюдаемую на опыте зависимость вероятности процесса от поперечного импульса и величину самой вероятности.

Что меняется, когда в столкновении с ядром рождается частица с большим поперечным импульсом? Мы уже знаем, что после первого неупругого взаимодействия налетающей частицы с ядром через ядро летит поток партонов. Вероятность их взаимодействия с ядерным веществом мала. Поэтому вторичных частиц с малыми поперечными импульсами образуется на ядре столько же, сколько и при взаимодействии в водороде. Но, хотя и редко, наши партоны могут рассеяться на большой угол. И такое рассеяние возможно на любом из нуклонов ядра, мимо которого пролетают партоны. Поэтому вероятность рождения частиц с большими поперечными импульсами на ядрах возрастает в $A^{1/3}$ раз, где A — атомный номер ядра. Во многом близкий по механизму процесс — рождение e^+e^- и $\mu^+\mu^-$ пар в столкновениях нуклонов. В партонной модели вероятность рождения e^+e^- и $\mu^+\mu^-$ пар также будет увеличена в $A^{1/3}$ раз. Эти следствия из партонной модели подтверждены в опытах, проведенных как на Серпуховском ускорителе, так и на ускорителе лаборатории Ферми.

Таким образом, существование промежуточной партонной фазы непосредственно проявляется на эксперименте.

РОЖДЕНИЕ МЕДЛЕННЫХ ЧАСТИЦ НА ЯДРАХ

До сих пор мы говорили в основном о рождении быстрых частиц. Именно к ним относится прозрачность ядерной материи, наиболее интересное явление в круге обсуждаемых вопросов.

Когда импульсы вторичных частиц меньше граничного импульса

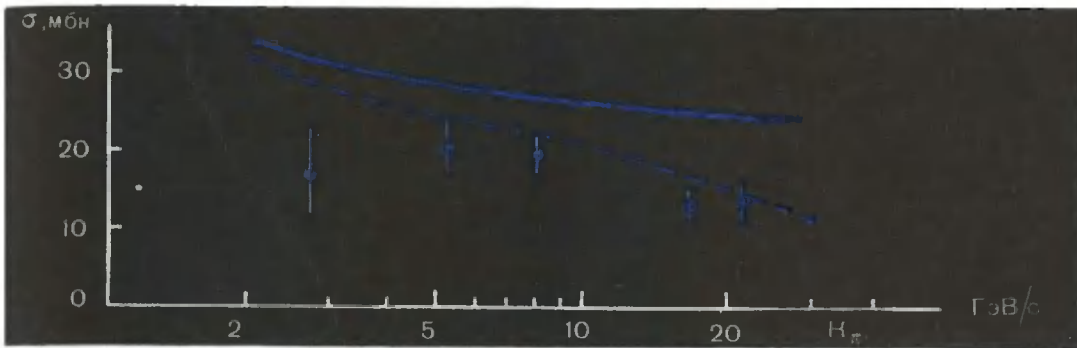
$$k_c = 10 \cdot \Gamma \text{ЭВ } A^{1/3},$$

то они формируются уже внутри ядра. Такие частицы будут сами испытывать неупругие столкновения и рождать новые частицы. В результате имеет место каскадное размножение медленных частиц. Каскад, правда, не совсем обычный, так как

существование невзаимодействующей партонной фазы сказывается и в этой области импульсов. В частности, если попытаться измерять вероятность взаимодействия π -мезонов с нуклонами по степени поглощения вторичных π -мезонов в ядерном веществе, то эта вероятность будет меньше измеренной на водородной мишени. При совсем высоких энергиях она вообще обратится в ноль, как мы выяснили это выше. Теория рождения медленных частиц с основным уже разработана⁴. Получающиеся предсказания хорошо согласуются с имею-

Мы не обсудили здесь взаимодействия с ядрами электронов, мюонов и нейтрино высоких энергий. В этих взаимодействиях также имеют место красивые явления, обусловленные ростом длин формирования частиц при высоких энергиях, как, например, явление антиэкранировки или зависимости спектров вторичных частиц от массы виртуального фотона.

В заключение отметим, что при сверхфантастических энергиях порядка 10^{14} — 10^{15} ГэВ длины формирования достигают десятка сантиметров. Частицы



Точки с указанными ошибками — эффективные сечения $\sigma_{\pi N}^*$ взаимодействия вторичных пионов с нуклонами ядра, найденные В. Б. Гавриловым и др. [препринт ИТЭФ-28, 1976] из анализа данных по рождению пионов на ядрах. Сплошной кривой изображены сечения $\sigma_{\pi N}$, измеренные на свободных нуклонах. Видно, что $\sigma_{\pi N}^* < \sigma_{\pi N}$ и разница возрастает с ростом импульса пионов. Пунктирная кривая — сечение $\sigma_{\pi N}^*$, предсказываемое партонной моделью.

таких энергий не наблюдались даже в космических лучах. Но если бы такие частицы были нам доступны, то можно было бы поставить очень интересный эксперимент, когда вторичные частицы появлялись бы только через сантиметры после мишени, в которой поглотилась первичная частица.

щимися сейчас данными⁵. Данные эти весьма неполные, но сейчас уже начали проводиться или планируются новые эксперименты, которые дадут более полные ответы о механизме взаимодействия частиц высокой энергии с ядрами.

⁴Давиденко Г. В., Николаев Н. Н. — «Ядерная физика», 1976, т. 24.

⁵Подробное обсуждение экспериментальных данных см. в обзорах: Николаев Н. Н. — Лекции на XI школе ЛИЯФ по физике ядра и элементарных частиц. — «Труды школы», 1976, т. 2; Никитин Ю. П., Розенталь И. Л., Сергеев Ф. М. — «Успехи физических наук», 1977, т. 121.

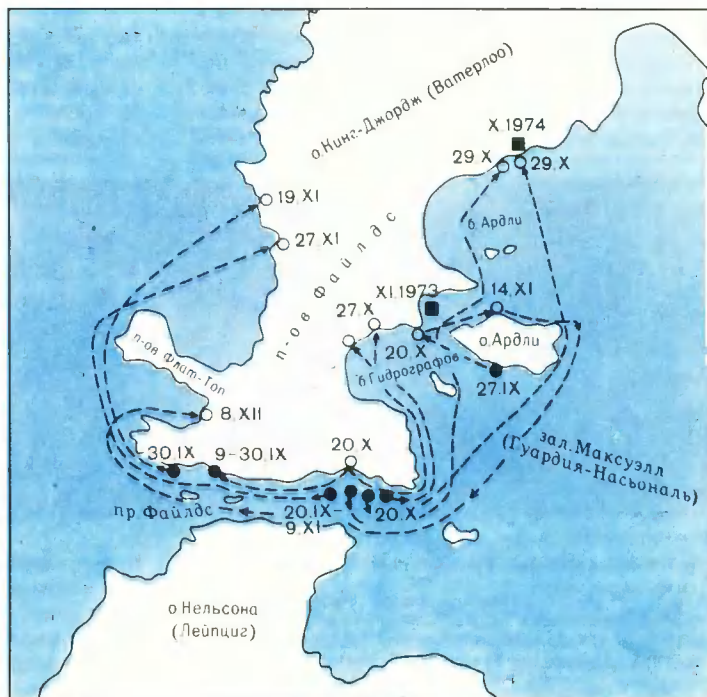
Мечение тюленей в Антарктике

Л. А. Попов, В. И. Крылов
Кандидаты биологических наук
Москва

В период работы зимовочного отряда 19-й Советской антарктической экспедиции (ноябрь 1973 — февраль 1975 гг.) советские зоологи впервые провели экспериментальное мечение детенышей тюленей Уэдделла (*Leponychotes weddelli*). Мечение животных осуществлялось на о-ве Кинг-Джордж (Ватерлоо) Южные Шетлендские о-ва, где расположена советская антарктическая станция Беллинсгаузен.

Мы применяли два типа меток: пластиковые (красного цвета) и металлические. Всего было помечено 93 детеныша тюленя Уэдделла, из них самцов — 54, самок — 39.

Как вскоре выяснилось, все метки из красного пластика большого диаметра в течение нескольких дней были утеряны. Из 60 детенышей с металлическими метками 17 не было найдено, поэтому наблюдение велось за оставшимися 43 мечеными детенышами. Обработка результатов мечения позволила выделить две группы животных: мигрирующих из района рождения и мечения в течение лактационного периода и остающихся в районе рождения и мечения, но совершающих внутри него перемещения в лактационный период. После рождения и мечения животные находились под наблюдением примерно 70 дней. Этот период времени охватывал октябрь, ноябрь и начало декабря. Дальнейшие наблюдения провести не удалось, так как уже к середине декабря на берегу встречались только единичные, перешедшие к самостоятельному образу жизни детеныши. Их основная масса к этому времени сошла в воду.



- район мечения
- место обнаружения меченых детенышей
- > направление путей миграции
- места обнаружения тюленей с иностранными метками

Карта-схема миграций меченых детенышей тюленей Уэдделла на о-ве Кинг-Джордж в сентябре — декабре 1974 г.

Независимо от количества дней, прошедших после мечения, наибольшее удаление детенышей от места рождения составило 9 км, а наименьшее — 6 км.

На основании наблюдений за мечеными детенышами тюленей Уэдделла был выяс-

нен еще малоизученный вопрос о характере миграции щенков в лактационный период. Было установлено, что их миграции в принципе носят местный характер, в основном щенки придерживаются районов бывших «родильных домов», но часть детенышей вместе с самками перекочевывает на небольшие расстояния вдоль берега острова.

Очень интересно, что на двух взрослых тюленях Уэдделла мы обнаружили иностранные метки, пластиковые, желтого цвета, овальной формы с крупной цифрой 367 (на самце) и 356 (на самке).

Иностранные метки на взрослых тюленях Уэдделла говорят о том, что эти животные пришли на остров из какого-то другого района Антарктики. Где, когда и кем были помечены эти тюлени, пока неизвестно.

Техногенный фактор в инженерной геологии

М. М. Одинцов



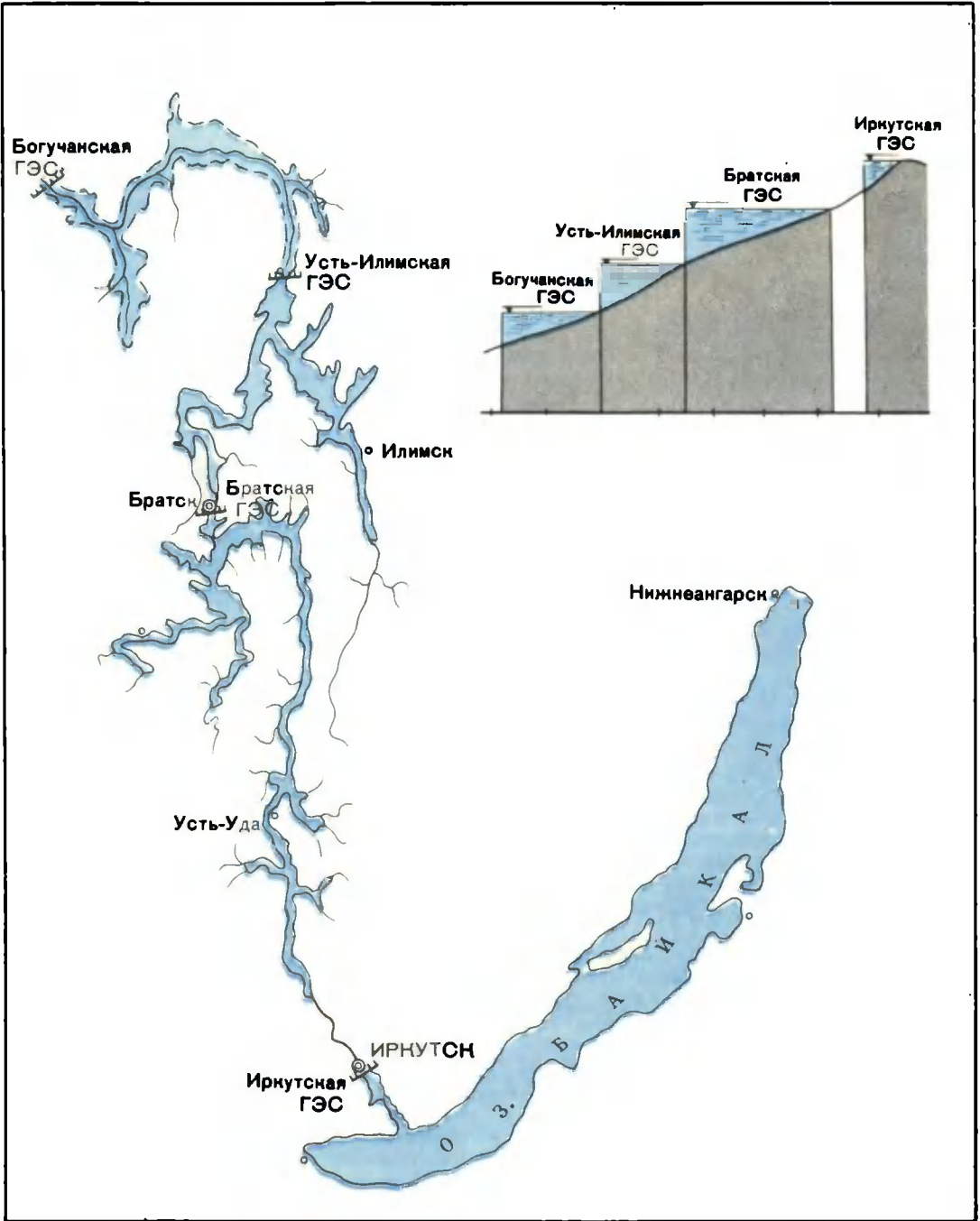
Михаил Михайлович Одинцов, член-корреспондент АН СССР, научный консультант Института земной коры Сибирского отделения АН СССР, специалист по геологии Сибири, динамической и инженерной геологии. В настоящее время работает над вопросами влияния водохранилищ на природу Восточной Сибири, занимается минеральными ресурсами и геологическими условиями зоны Байкало-Амурской магистрали. Соавтор и редактор книг: Большие водохранилища Сибири и проблема их изучения. Иркутск, 1972; Усть-Илимское водохранилище, подземные воды и инженерная геология территории. Новосибирск, 1975.

В условиях научно-технической революции и бурного индустриального развития многих ранее слабо развитых районов нашей страны перед геологической наукой встают новые задачи — изучение быстро растущих воздействий индустриальной деятельности человека на ход геологических процессов. Не случайно прошедшая в декабре 1976 г. научная сессия Отделения геологии, геофизики и геохимии АН СССР была посвящена этой проблеме.

К сожалению, среди широких кругов и, что особенно досадно, среди инженеров-строителей и горняков бытует мнение, что геология — дисциплина, занятая в первую очередь, если не исключительно, поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых. При этом предполагают, что становление современной структуры земной коры и форм земной поверхности — результат прошлой геологической деятельности, а та поверхность, на которой мы проектируем и строим заводы, города, железные дороги — это нечто раз и навсегда данное, неизменное, постоянно устойчивое, и искусственные сооружения не воздействуют на геологический процесс. Образно говоря, Землю многие еще считают недавно вынутой из печи булкой с изюмом, мед-

ленно остывающей и черствеющей, задача же геолога — отыскать запеченные в ней изюмины, и торчащие на поверхности и сидящие неглубоко под коркой.

Разумеется, выявление закономерностей формирования и пространственного размещения месторождений полезных ископаемых и построение на этой основе научного прогноза для их поисков было и остается одной из важнейших задач геологической науки. Советская геология блестяще продемонстрировала миру свои достижения в этом направлении — достаточно напомнить об открытии алмазных месторождений Якутии, западно-сибирской нефти и др. Но существует и иное, не менее важное направление геологической науки — выявление и прогноз хода геологических процессов — постепенных и быстротекущих (сейсмических явлений, оползней, селей). Такие процессы бывают как природными, так и вызванными деятельностью человека (антропогенными, или техногенными). При современных темпах индустриального освоения поверхности земли это направление становится особо важным. Ведь на поверхности земли и в самых верхних слоях литосферы сосредоточивается бурная и быстро растущая деятельность человека, вооруженного современной техникой.



Каскад водохранилищ Ангарских гидроэлектростанций.

При этом поверхность земли — не неподвижный, инертный субстрат, а сложная, постоянно развивающаяся динамическая система, находящаяся в неустойчивом равновесии, подверженная воздействию и эндогенных, и экзогенных природных и техногенных факторов.

Совершенно очевидно, что оценка изменений, протекающих в этой системе, тенденций ее развития, определяемых как природными, так и техногенными факторами, — прежде всего научная проблема. Только на основе решения этой научной проблемы могут возникнуть целесообразные, достаточно обоснованные инженерные, технические решения локальных задач.

Следовательно, инженерная геология — это прежде всего динамическая геология в широком смысле этого понятия, имеющая как теоретическое значение, так и немаловажные прикладные аспекты.

Мы попытаемся рассказать о инженерно-геологических исследованиях Восточной Сибири — одного из перспективных районов индустриального развития. Восточная Сибирь сегодня — это, по существу, громадная строительная площадка, охватывающая сотни тысяч квадратных километров, с весьма разнообразным климатом, рельефом, геологической структурой, и поэтому со специфическим течением геодинамических процессов.

Не перечисляя всех крупных строек Восточной Сибири, что невозможно сделать в краткой статье, остановлюсь на двух, наиболее крупных, в которых человек и создаваемые им сооружения выступают особенно наглядно, как важнейший геологический — геодинамический фактор.

Первая гигантская стройка — каскад водохранилищ Ангарской (а в будущем — Ангаро-Енисейской) системы гидроэлектростанций, вторая — Байкало-Амурская магистраль.

Водохранилища Ангарского каскада ГЭС (из которых нижнее — Богучанское — еще не заполнено) — цепь искусственных озер — «морей», вытянутых с юга на север с 52° до 58° с. ш. на 800—900 км. Ширина озер достигает местами 40 км при глубине более 100 м. Местный базис эрозии при заполнении водохранилищ повысился на величину до 100 м, размах колебаний уровня зеркала водохранилищ допускается проектом до 10 м. В эту систему включен и Байкал — головное водохранилище, уровень которого поднят на

1,20 м. Длина береговых линий Ангарских водохранилищ кроме Байкала (без учета извилистости берегов) составляет 10 тыс. км, а с учетом берегов глубоких фиордов — не менее 16 тыс. км (длина берегов Байкала — 3 тыс. км). Такова длина фронта активной переработки берегов.

Эти гигантские озера вполне сравнимы по масштабу с Великими озерами Северной Америки и во многом (длиной береговых линий, массой воды, площадью) даже превосходят их. Только созданы они не за десятки (или сотни) тысяч лет, как Великие озера, ледниковым выплыванием и эрозией, а за десятки лет — с 1956 г. — человеком. Создание таких гигантских водохранилищ резко изменило ход эрозионных процессов в зоне влияния водохранилищ. Стали активно размываться склоны, усилились карстовые и оползневые процессы, изменился уровень грунтовых вод и условия водообмена подземных и поверхностных вод, поведение вечной мерзлоты и т. д. Имеются предварительные данные о слабом прогибании поверхности земли под Братским водохранилищем.

Выявление и изучение этих процессов имеет огромное научное значение — геологическая деятельность водохранилищ является, по существу, грандиозным натурным геодинамическим экспериментом. Кроме того, научный прогноз изменения инженерно-геологических свойств площадок на берегах водохранилищ, в условиях созданного человеком нового геологического неравновесия имеет и практическое значение. На берегах водохранилищ возникают и будут развиваться крупные территориально-промышленные комплексы: Иркутско-Черемховский, Братско-Илимский и др. с городами, заводами, дорогами. Для проектирования строительства этот прогноз имеет жизненное значение.

Водохранилища расположены в различных геологических условиях — следовательно, и ход геодинамических процессов, их масштаб, скорость, последствия для берегов и прибрежной зоны различны.

Берега и возведенные на них сооружения очень чувствительны к воздействию водохранилища. В один год, когда уровень Байкала на несколько десятков сантиметров превысил расчетную отметку (457 м), начался такой интенсивный размыв берегов, что встал вопрос о сохранности прибрежных сооружений Кругобайкальской железной дороги. К сожалению,



Оползни на низком берегу Братского водохранилища, вызванные подмывом [октябрь 1976 г.].
Фото А. Л. Горбунова.

иногда еще строят предприятия и поселки на прибрежных площадках и в результате постройки разрушаются.

Восточная Сибирь — край, где геодинамические процессы, неблагоприятные для устойчивости и надежности строительных площадок, как правило, сочетаются в таких комбинациях, для которых нельзя подобрать аналогий в Европейской части нашей страны, на Кавказе или в Средней Азии. По этой причине при проектировании строительства нельзя использовать опыт других районов Союза. Высокая сейсмичность горно-складчатых сооружений, подвижность грунтовых масс на горных склонах, вечная мерзлота — сплошная и островная, глубокое сезонное промерзание грунтов с мерзлотными геодинамическими феноменами и много-

летней мерзлотой, создаваемой антропогенным фактором, — все это требует специального исследования. В наибольшей мере эти геодинамические процессы и вызываемые ими инженерно-геологические осложнения распространены по трассе Байкало-Амурской магистрали, в особенности на ее отрезке Кунерма (Байкальский хребет) — Тында (1100 км).

Это район высокой сейсмичности — участки трассы с балльностью 8 баллов и более составляют до 90%. Сейсмичность сочетается с вечной мерзлотой, с островами таликов под руслами рек, крутыми и высокими склонами с подвижными грунтовыми массами, в том числе неустойчивыми глыбовыми россыпями — курумами, русловыми и почвенными наледями и другими мерзлотными феноменами. Геологическая молодость геоструктуры четвертичной Монголо-Байкальской рифтовой зоны (формирование ее продолжается), по впадине которой проходит магистраль, создает особую нестабильность геологической обстановки.



Оползень на берегу Усть-Илимского водохранилища, возникший при его наполнении [июль 1975 г.].

Фото Ю. Б. Тржцинского.

Железная дорога и построенные вблизи нее предприятия, рудники, города и поселки станут еще одной причиной неустойчивости этой территории. Индустриальное освоение зоны БАМ вызовет прежде всего деградацию вечной мерзлоты, изменятся устойчивость и без того нестабильных склонов, режима подземных вод и поверхностного стока. В каком направлении и с какой интенсивностью будет проходить изменение геодинамических процессов и каковы будут инженерно-геологические последствия этих изменений в каждом отдельном случае — можно решить только на основе глубокого научного анализа массы разнообразного материала.

Следует подчеркнуть, что в миро-

вой практике почти нет опыта столь грандиозного строительства в условиях высокой сейсмичности и вечной мерзлоты (за исключением Аляски).

Наши исследования показали, что реакция мерзлых и талых грунтов на сейсмическое воздействие различна и разрушительный эффект в некоторых случаях снижается на мерзлых грунтах. Это выдвигает внешне противоречивую задачу: при общей деградации вечной мерзлоты в определенных случаях вести строительство, стараясь ее сохранить.

Институт земной коры СО АН СССР проводит инженерно-геологические исследования, и прежде всего, исследования геодинамических процессов в их инженерно-геологическом аспекте.

Первое направление, по которому идут работы с 1958 г. — это изучение экзогенных геологических процессов и явлений и их эволюции при воздействии антропогенных факторов прежде всего в зоне водохранилищ Ангарского каскада



гарских водохранилищ повышает производительность труда исследователей на 30—40%, что дает большой экономический эффект уже в процессе исследований. Результаты их получают самое широкое применение при проектировании народнохозяйственного освоения территории зоны влияния водохранилищ.

Общее сейсмическое районирование Восточной Сибири, ее отдельных частей, в том числе зоны влияния БАМ, и разработка методики микросейсмического районирования строительных площадок, начатые с 1960—1961 гг., позволили составить ряд карт сейсмического районирования как для всей зоны БАМ, так и для территорий крупных промышленных объектов в зоне ее влияния — Удоканского горнообогатительного комбината, Зейской ГЭС и др., а также для Прибайкалья.

Начиная с 1967 г. Институтом земной коры СО АН СССР впервые в мировой практике были проведены специальные исследования по изучению сейсмических проявлений в условиях вечной мерзлоты. Установлено, что проявления землетрясений на поверхности и на глубине заложения фундаментов сооружений зависят от параметров мерзлой зоны — ее температуры, мощности, льдистости и литологического состава мерзлых грунтов. Сейсмическая опасность на хорошо промороженных грунтах 20-метровой мощности снижается при температуре ниже -2° , тогда как при диапазоне температур $-2-0^{\circ}$ сейсмические свойства грунта ухудшаются. Твердо-мерзлые малольдистые грунты по своим сейсмическим свойствам сопоставимы со скальными — сейсмическая опасность на них снижается на 1 балл, а на пластических грунтах или грунтах с высокой льдистостью возрастает на 1—2 балла.

Прямой учет этих закономерностей не позволяет, однако, непосредственно

оценить сейсмическую опасность строительной площадки. При строительстве и последующей эксплуатации сооружения неизбежно нарушается естественный режим вечной мерзлоты, что приводит к изменению сейсмических свойств грунта. Ухудшение или улучшение грунта будет всецело зависеть от избранного принципа строительства — с сохранением или уничтожением мерзлоты. Это делает необходимым прогнозирование изменения сейсмических свойств грунта при строительстве и эксплуатации сооружения.

Методические основы такого прогноза, разработанные в нашем институте, включают следующие элементы: расчет измерения температурного поля грунтов во взаимодействии с сооружением; расчет сейсмической жесткости грунта для изменившихся температурных условий и определение нового приращения сейсмической балльности; расчетное определение спектров колебаний грунтов при изменившихся условиях и сравнение со спектрами колебаний, полученными в естественных условиях. Такой подход позволяет реально оценить сейсмические условия строительства и дать прогноз их изменений при взаимодействии конкретной строительной конструкции с мерзлым основанием.

Представляется, что приведенные примеры по Восточной Сибири (а подобные им могут быть приведены и по всей стране) достаточно отчетливо обрисовывают важную задачу современной геологической науки — не только изучать и описывать геологическое строение земной коры, закономерности формирования и размещения в ней месторождений полезных ископаемых и ход природных геологических процессов на ее поверхности.

Таким образом, воздействие человека и создаваемых им искусственных сооружений на геологические процессы, протекающие на поверхности земли, приобретает все черты долговременно действующего геологического фактора, а скорость введения в действие этого техногенно-геологического фактора во много раз превышает обычную скорость закономерно развивающегося природного геологического процесса и сопоставима скорее с катастрофическими геологическими явлениями, такими как вулканическое извержение или землетрясение.

Звездная карта неолитического человека

Ю. П. Псковский

Доктор физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга
Москва

Интерес к описаниям ярких небесных явлений, происходивших в глубокой древности, т. е. к информации, случайно сохранившейся для нас спустя века и тысячелетия,—выразительная черта современной астрономии. Сведения о таких наблюдениях могут существенно корректировать наши теоретические и практические выводы. Например, анализ зафиксированных наблюдений сотен комет за время, насчитывающее почти пять тысячелетий, может существенно расширить наши представления о ярких периодических кометах, подобных комете Галлея. Этот материал еще ждет серьезной обработки, и перспективы ее заманчивы.

Другой пример. В древних хрониках имеются описания ярких вспышек звезд, которые, несомненно, были сверхновыми звездами. В редких подробных описаниях иногда встречаются противоречия. В японской хронике, скажем, звезда описывалась белой или голубоватой, а в китайских она же упоминается как желтая (что, кстати, считалось очень благоприятным для царствующего дома). Противоречия в оценках цвета звезд и «явное угодничество» придворных астрономов вызвало большие сомнения в точности описаний цвета в этих хрониках и бросило тень на правильность остальных сведений. Однако,



как теперь выяснено, сверхновые, действительно, в первые дни своего появления имеют бело-голубой цвет, соответствующий их очень высокой поверхностной температуре в этот период, потом они постепенно желтеют и даже становятся красновато-желтыми, но затем их температура начинает снова повышаться и они вновь делаются желтее и белее. Таким образом, описания цвета звезд древними наблюдателями ждут своей полной реабилитации.

Еще более заманчивы сведения, которые могли сохраниться от каменного века. Речь снова идет о сверхновых звездах. Сенсационное открытие пульсаров — а ведь некоторые из них имеют возраст в тысячи и десятки тысяч лет — ставит задачу поиска свидетельств отдаленных во времени ярких вспышек, сравнимых по

блеску с полной Луной. Такие вспышки могли быть замечены людьми каменного века. Если будут найдены рисунки неба, сделанные в те времена, а археологическими и радиоуглеродными методами подтверждены их даты, астрономы смогут установить, насколько следует подправить современные теории пульсаров, в какую сторону изменить шкалу их возрастов, пока определяемых лишь по скорости замедления вращения пульсаров.

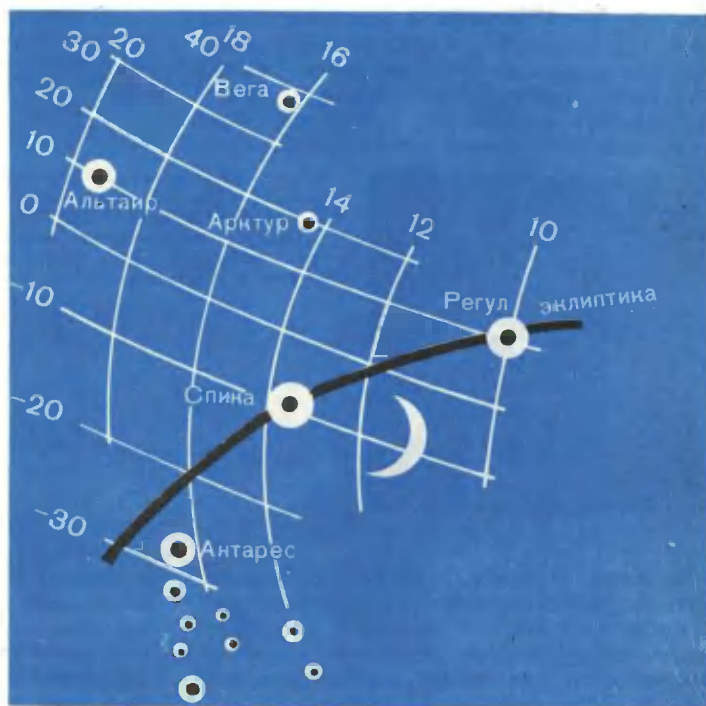
Эта «заветная мечта» астрономов была высказана в 1971 г. американцами Дж. Брандтом, Ст. Мараном и др. Они надеются, что наскальные рисунки с изображением звезд и ярких вспышек будут в конце концов найдены. Надежду на удачу вселяют уже обнаруженные наскальные рисунки, по-видимому, связанные со вспышкой Сверхно-

вой в созвездии Тельца, которая оставила после себя Крабовидную туманность и оптический пульсар. Рассказ об этих поисках и расшифровках — задача отдельной статьи, а здесь мы остановимся еще на одном

Звездное небо, высеченное на скальной плите в Папоротниковой пещере (Калифорния, США), и сетка небесных координат, размеченная по расшифрованным звездам этого рисунка. Видно, что древний художник почти без искажений изобразил расположение самых ярких звезд этого участка неба.

ды и Луну. Они высказали предположение, что здесь, как и на аналогичных каменных рисунках в Аризоне, изображено сближение Луны с яркой Сверхновой в Тельце, происшедшее в 1054 г. Однако рисунок от

карту неба и отметив по ней на рисунке сетку экваториальных небесных координат, мы с удивлением обнаруживаем, что древний художник очень точно, с замечательным чувством перспективы изобразил звезд-



рисунке астрономического характера, найденном Брандом в Северной Калифорнии, в Национальном лавовом заповеднике, внутри так называемой Папоротниковой пещеры.

Возможное время появления этого рисунка, оцененное радиоуглеродным методом по угольным остаткам очага в пещере, относится к 803 ± 160 г. н. э., однако признаки обитания пещеры уходят к 1500 г. до н. э. К сожалению, сажа «фактуры» рисунка радиоуглеродным методом не исследовалась. Хотя в других районах земного шара IX век был уже веком письменности, для индейцев Северной Америки это еще был расцвет неолита.

Брандт и его коллеги приводят в книге «Археoaстрономия в доколумбовой Америке» (1975) снимок этого рисунка, содержащего звезд-

личается явно более сложной композицией. Его анализ, на наш взгляд, имеет важное значение для оценки качества той информации, которую можно ожидать от наших неолитических «корреспондентов».

Если предположить, что высеченные на стене пещеры кружки являются звездами и что художник изобразил положение Луны между ними, естественно будет соотнести эти звезды с самыми яркими звездами возле эклиптики, вблизи которой проходит видимый путь Луны по небу, т. е. с Регулом, Спикой и Антаресом. Эти ярчайшие звезды, по-видимому, и привлекали внимание древнего камнереза. Выше них есть еще звезды первой величины — Арктур и Вега. Их тоже легко узнать на «карте» неба, начертанной в Папоротниковой пещере. Но это пока лишь предположения. Однако, взяв современную

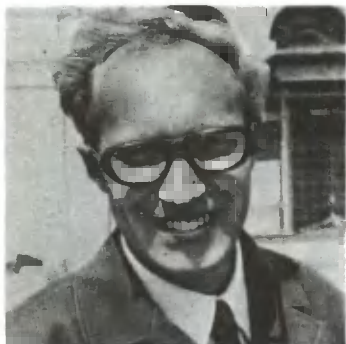
ное небо. Лишь звезды, расположенные ниже Антареса, не могут иметь определенного отождествления; очевидно, это звездный «фон» у горизонта на юге.

Что же касается Луны, то форма ее серпа говорит, что это молодая Луна, всего 2—3 дня после новолуния. Вблизи точки осеннего равноденствия, находящейся между Регулом и Спикой, Луна в такой фазе бывает ежегодно в начале августа.

Такова информация, получаемая с древней каменной карты. Она позволяет считать, что первобытные люди были достаточно натуралистичны в своих впечатлениях и потому наскальная информация по своему точна и детально, т. е. вполне может быть использована в современных астрономических исследованиях.

Подземный сток и солевой баланс пустынь

Н. Ф. Глазовский



Никита Федорович Глазовский, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института агрохимии и почвоведения АН СССР. Занимается проблемами геохимической миграции вещества на Земле. Автор работ в области геохимии подземных вод, подземного стока в моря и популярных статей в «Природе» (1972, № 10, 1975, № 9).

Если у представителей различных наук о Земле спросить, какие черты для пустынь они считают наиболее характерными, каждый из них обязательно назовет особенность, связанную с областью его знаний. Для геохимиков, почвоведов, мелиораторов — это, в первую очередь, интенсивно идущие процессы накопления и перераспределения солей в почвах и грунтовых водах (так называют воды первого от поверхности водоносного горизонта). Однако в изучении этого процесса мы сталкиваемся с многочисленными трудностями, и поэтому до сих пор многое в нем для нас неясно. Мы, например, точно не знаем, откуда поступают соли, которые концентрируются в пустынях. Почвоведы доказали, что засоление почв очень часто обусловлено накоплением солей при испарении грунтовых вод. Но как и откуда эти соли попадают в грунтовые воды?

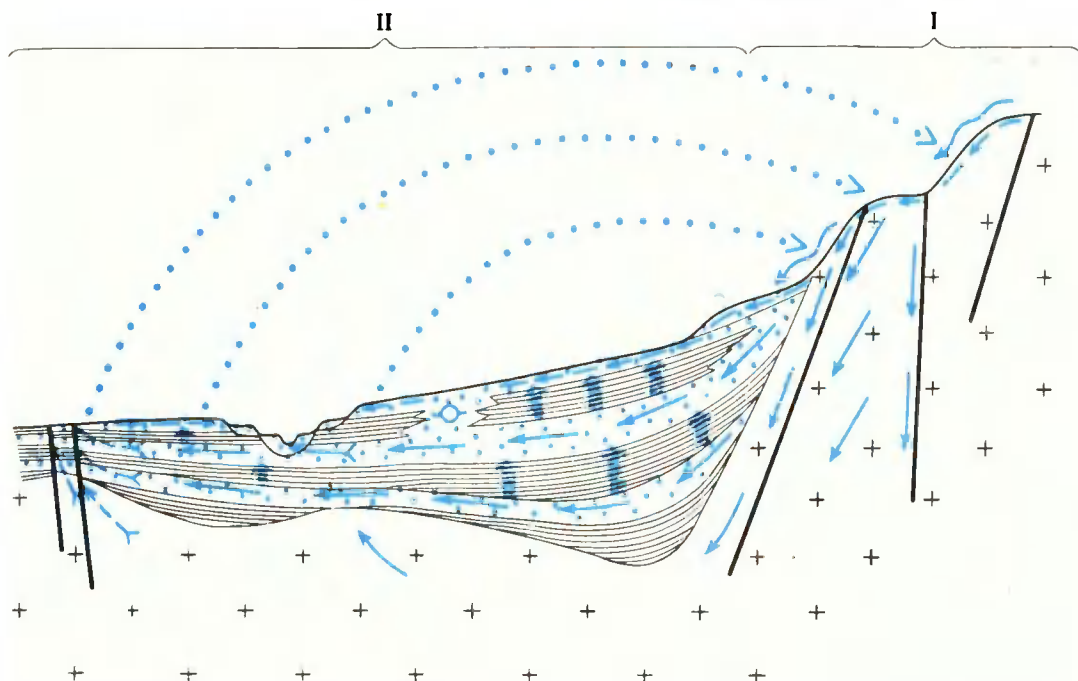
Известно, что важное значение имеет миграция солей с речными водами. Когда речной сток формируется в аридных или субаридных районах, этот процесс ведет к выносу солей из ландшафта, в тех же районах, где в пустынях текут «слепые» реки, воды которых испаряются или пополняют запасы грунтовых вод, происходит привнос солей

в ландшафт. Однако в пустынях гораздо шире, чем поверхностные, распространены подземные воды. Изучение процессов, связанных с накоплением и перераспределением ими солей, имеет большое практическое значение. Ниже поверхности земли соли мигрируют с грунтовыми водами, которые выносят их в реки или же в местные депрессии рельефа. Но грунтовые воды обычно переносят соли лишь на небольшие расстояния — километры, реже десятки километров. Вместе с тем существует и другой процесс миграции вещества в природе — глубокий подземный сток. Многолетняя работа в Восточном Предкавказье убедила меня, что в солевом балансе степей и пустынь именно он играет очень важную роль. Некоторыми соображениями на эту тему я и хочу поделиться. Но сначала несколько общих слов об этом районе.

Восточное Предкавказье — равнина, слегка понижающаяся к Каспийскому морю. Гидрогеологи говорят об этой территории как о Терско-Кумском артезианском бассейне. Здесь четко прослеживается следующая закономерность: в областях питания, где атмосферные и поверхностные воды просачиваются в древне-четвертичные отложения, происходит вынос солей из ландшафта; в областях раз-

Схема геохимического взаимодействия глубоких подземных вод и ландшафтов. I — области преобладающего выноса солей из ландшафтов глубинным подземным стоком, II — области преобладающего приноса солей в ландшафты глубинным подземным стоком. Из наиболее возвышенных районов соли с поверхностными и подземными водами выносятся на окружающие равнины, накапливаясь там в почвах и соленых озерах. При сильных ветрах солевые частицы выдуваются с поверхности земли в атмосферу и переносятся в другие районы, в том числе и в горы. Таким образом осуществляется миграционный цикл солей.

грузки, там, где воды этого комплекса перетекают в горизонт грунтовых вод, они приносят в грунтовые воды, а следовательно и в ландшафт, растворенные соли. В самом деле, в верхней части гидрогеологического разреза распространен горизонт грунтовых вод, питание которых происходит в основном за счет атмосферных осадков, и, что для нас особенно важно, за счет подпитывания напорными водами нижележащих водоносных комплексов горизонтов. Первый из них — древнечетвертичный — отделен гли-



 водоносные породы артезианских бассейнов

 слабопроницаемые породы, разделяющие водоносные горизонты в артезианских бассейнах

 трещиноватые породы горных обрамлений артезианских бассейнов

 разломы

Миграция солей:


 через атмосферу в виде аэрозолей, пыли и в растворенной форме с атмосферными осадками

 с поверхностными водами

 с водами местного, преимущественно грунтового подземного стока

 с водами глубокого подземного стока

Разгрузка подземных вод:

 путем медленного перетекания напорных вод через кровлю водовмещающих отложений

 по «лимнологическим окнам»

 по разломам

 по крупным речным долинам и озерным депрессиям

нистыми хвалынскими отложениями от горизонта грунтовых вод. Питание этого напорного комплекса происходит на юге и западе района — в предгорьях Дагестана, на Кабардинской наклонной равнине и Ставропольской возвышенности, т. е. там, где древнечетвертичные отложения выходят на поверхность и в них проникают атмосферные осадки и поверхностные воды. Содержание солей в водах древнечетвертичного комплекса в областях питания составляет менее 0,5 г/л, возрастая в восточном и северо-восточном направлении до 2—4 г/л на побережье Каспийского моря. На некоторых участках, например, севернее р. Кумы или же в юго-восточной части бассейна, этот комплекс подпитывается еще более глубокими высокоминерализованными водами. На этих участках содержание солей в водах древнечетвертичного комплекса резко возрастает и иногда достигает 25 г/л. Воды древнечетвертичного комплекса движутся на восток и северо-восток, а их разгрузка за пределами областей питания происходит в результате постепенной фильтрации через залегающие выше глинистые отложения в горизонт грунтовых вод, уровни которых ниже, чем напоры глубоких вод.

Все эти процессы можно оценить количественно. Советский гидрогеолог Р. Г. Джамалов, занимавшийся изучением водных ресурсов Терско-Кумского артезианского бассейна и детально изучивший его гидрогеологию, составил карту взаимосвязи древнечетвертичного водоносного комплекса и горизонта грунтовых вод. На ней показано, сколько воды в единицу времени просачивается в древнечетвертичный комплекс и перетекает из него в горизонт грунтовых вод на определенной площади. Зная минерализацию подземных вод и используя данные Р. Г. Джамалова по водной взаимосвязи напорных и грунтовых вод, мы рассчитали количество солей, которое ежегодно выносится из ландшафта в областях питания и привносится в областях разгрузки вод древнечетвертичного водоносного комплекса. В областях питания в него ежегодно вносится из ландшафта от 0,15 до 6,5 т/км². В областях разгрузки напорные воды привносят в горизонт грунтовых вод (а через них в ландшафт) ежегодно от 0,1 до 22 т/км² (в среднем около 6,5 т/км² в год), а на всей площади разгрузки — 2,6·10⁵ т/год.

Интересно сравнить полученные данные с другим важным элементом со-

левого баланса ландшафтов — привнесом солей с атмосферными осадками. Как показывают непосредственные наблюдения и расчеты, ежегодно с атмосферными осадками в Восточном Предкавказье выпадает 10—20 т/км² солей. Следовательно, подземный сток представляет собой важнейший элемент солевого баланса ландшафтов в Восточном Предкавказье и по значению вполне сопоставим с другим важным процессом — привнесом солей из атмосферы.

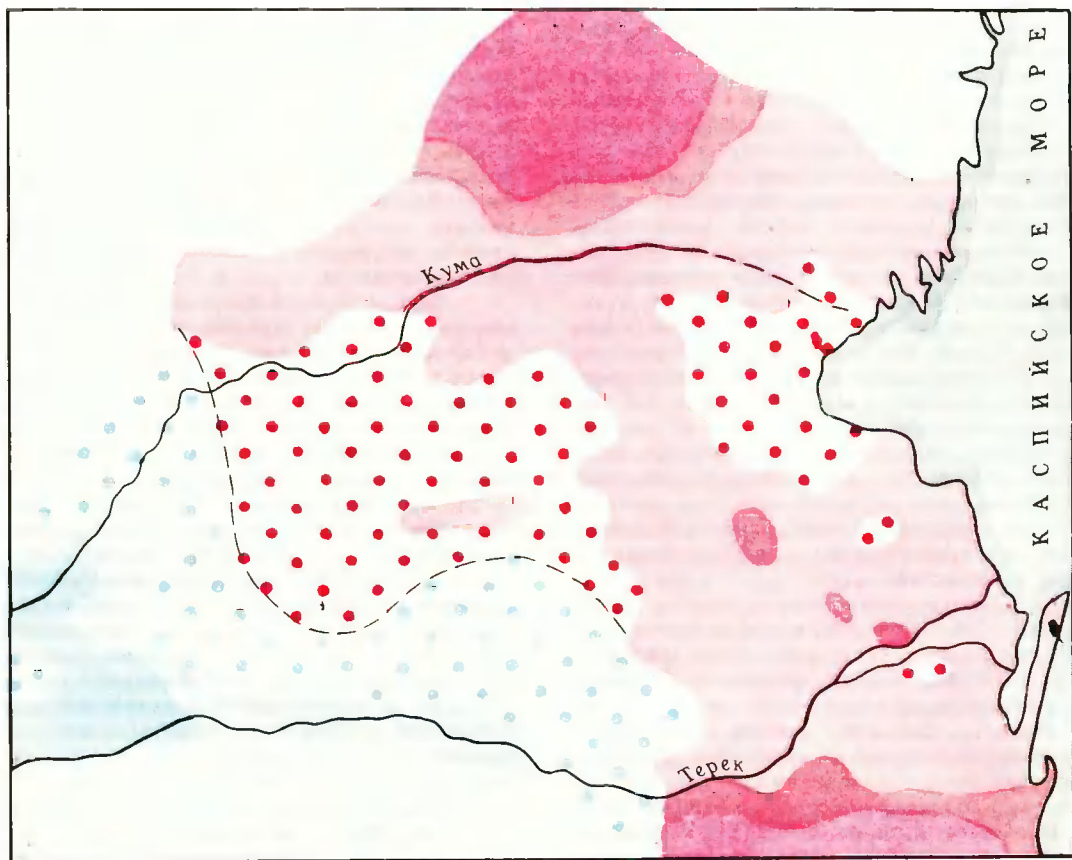
Рассмотренный пример не единичен. Подобные гидрогеологические условия существуют и во многих других районах аридной и субаридной зоны. Так, на востоке Казахстана и в Новосибирской области, в пределах Западно-Сибирского артезианского бассейна расположен водоносный комплекс, связанный с песчаными отложениями мелового возраста. Питание комплекса происходит на юге бассейна, в районе так называемых борových песков, где в меловые отложения проникают грунтовые воды, образующиеся, в свою очередь, за счет атмосферных осадков и поверхностных вод. Как показали расчеты казахских геологов¹, в этой области питания в водоносный комплекс ежегодно поступает около 1200 млн м³ воды. Так как минерализация подземных вод в этом районе составляет 0,3 г/л, а иногда и несколько выше, это значит, что в результате питания мелового водоносного комплекса Западно-Сибирского артезианского бассейна из ландшафтов в областях питания выносится по крайней мере 3,6·10⁵ т солей в год. Атмосферные осадки приносят на эту же площадь около 2,7·10⁵ т/год. Как видим, в данном случае вынос солей подземными водами с лихвой компенсирует их привнос в ландшафты с атмосферными осадками. Если бы такой вынос отсутствовал, то соли, выпадающие на эту территорию с атмосферными осадками, накапливались бы в ландшафте, постепенно увеличивая минерализацию грунтовых вод и вызывая засоление почв. А в результате, возможно, не было бы замечательных сосновых боров, ухудшились бы условия земледелия и водоснабжения.

Севернее борových песков, в Прииртышье, на территории Кулундинской

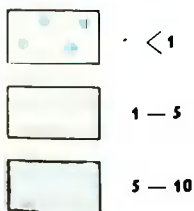
¹Есенов Ш. Е., Мухамеджанов С. М., Шлыгин Е. Д. Проект подземной реки Казахстана. — «Природа», 1973, № 8.

Схематическая карта выноса и привноса солей [т/км² в год] водами древнечетвертичного водоносного комплекса в восточном Предкавказье. Наибольший принос происходит на севере района, где содержание солей в подземных водах наибольшее, а их разгрузка в горизонт грунтовых вод облегчается многочисленными разломами.

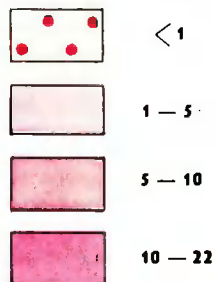
и Барабинской степей происходит постепенная разгрузка вод мелового водоносного комплекса и, следовательно, привнос солей в ландшафт. Количество солей, которое ежегодно приносится подземными водами на единицу площади, составляет



Вынос солей из почвенно-грунтовой толщи [т/км² в год]:



Принос солей в ландшафты в областях разгрузки вод древнечетвертичного комплекса [т/км² в год]:



здесь 3—10 т/км². При этом чрезвычайно важно не только общее количество приносимых солей, но и их состав. В меловом водоносном комплексе Западно-Сибирского бассейна на огромных площадях распространены содовые подземные воды, т. е. воды, содержащие повышенные количества углекислых и двууглекислых солей натрия и калия. Поэтому при разгрузке подземных вод мелового комплекса в ландшафт эти соли вызывают содовое засоление грунтовых вод и почв. По-видимому, именно глубокие подземные воды послужили источником соды для создания широко известных среди почвоведов и геохимиков содовых ландшафтно-геохимических провинций в южной части Западно-Сибирской низменности. Так как сода обладает крайне высокой токсичностью для сельскохозяйственных растений, этот процесс имеет далеко идущие практические последствия. Земледелие в этих районах существенно затруднено. Чрезвычайно сложна и мелиорация почв, так как вообще улучшить почвы содового засоления очень трудно, а здесь вдобавок имеется постоянно действующий процесс привноса соды в ландшафт. Вот почему данная территория используется в значительной степени лишь для пастбищного животноводства.

Однако поступление соды в ландшафты Западной Сибири с подземными водами имеет не только отрицательное, но и положительное значение. Попадая в грунтовые воды, сода и другие соли, например сульфат натрия, мигрирует с ними в депрессии рельефа, озерные котловины и накапливается там, постепенно создавая месторождения соды и сульфата натрия. Таким путем сформировались многие (хотя, конечно, далеко не все) месторождения не только в Западной Сибири, но и в других районах СССР, а также практически на всех континентах.

Конечно, образование содовых ландшафтов может происходить и в результате других процессов: химического выветривания пород, содержащих алюмосиликатные минералы, обменных реакций между почвой, насыщенной натрием и углекислотой, при минерализации органического вещества и т. д.

Таким образом, глубокий подземный сток играет существенную роль в геохимии ландшафтов, влияя на засоленность и состав почв, грунтовых и озерных вод.

Важное значение имеет подземный сток и в формировании некоторых биогеохимических провинций. Так, по-видимому, именно с разгрузкой напорных вод связано создание борной биогеохимической провинции в Прикаспии. Связать ее образование с первичной борной засоленностью морских каспийских отложений трудно, так как эта провинция захватывает территории, сложенные не только каспийскими отложениями. Наши расчеты показали, что в результате разгрузки напорных подземных вод Эмбинского артезианского бассейна в Прикаспии в ландшафты должно ежегодно поступать до 1 т бора, до 10 т брома, до 0,2 т иода на каждый квадратный километр. Следовательно, подземные воды существенно влияют и на накопление в ландшафтах микроэлементов.

Для засоления ландшафтов под действием глубокого подземного стока есть условия в Приаралье, в некоторых районах Северного Казахстана, в Прикаспии, Кызылкумах, Каракумах, Прибалхашье, Азербайджане, Забайкалье, а также во многих других аридных и субаридных районах мира. Естественно, подобные процессы подземного стока широко распространены и в гумидных областях. Так, например, для Московского артезианского бассейна доля подземных вод, уходящих за пределы бассейна в результате глубокого подземного стока, не дренируемого реками внутри бассейна, составляет, по данным Н. А. Лебедевой², около 13%. А вынос солей с этими водами и привнос в совершенно другом районе при расчетах солевых балансов обычно не учитывают. Но все-таки наиболее важное значение глубокий артезианский сток имеет именно в аридных и субаридных областях, где привнесенные в ландшафт подземными водами соли не выносятся затем за пределы ландшафта водами поверхностными, а накапливаются в нем.

Конечно, пока мы еще не все знаем об этом процессе. Например, недостаточно изучен механизм разгрузки напорных подземных вод. Такая разгрузка может происходить по разломам, «литологическим окнам» — более проницаемым участкам в толще пород, перекрывающих напорный водоносный горизонт, по «тру-

² Подземный сток и методы его исследования. М., 1972.

³ Глазовский Н. Ф. Природный водопровод. — «Природа», 1975; № 9.

бам разгрузки»³, грязевым вулканам, путем медленной площадной фильтрации через перекрывающие водоносный горизонт отложения (если их проницаемость при данных напорах подземных вод это допускает) и т. д. Обычно в каждом артезианском бассейне существуют одновременно если не все, то многие из перечисленных видов разгрузки, но количественное соотношение между ними для многих бассейнов еще не установлено. А это важно знать, так как именно от механизма разгрузки зависит в определенной степени и состав подземных вод, поступающих в ландшафт. Ведь при некоторых типах разгрузки часть солей может задерживаться в толще пород и не достигать поверхности земли или грунтовых вод (или, наоборот, поступать в подземные воды и в этом случае увеличивать количество привносимых солей).

Тем не менее огромный фактический материал и расчеты показывают, что артезианский подземный сток играет крупную роль в накоплении солей в ландшафтах засушливых территорий. Огромное значение имеет процесс выноса солей с подземными водами в предгорных районах, где основная масса поверхностных вод частично испаряется, а частично инфильтруется под землю. Именно предгорья служат основными областями питания артезианских бассейнов Казахстана и Средней Азии, а с подземными водами выносятся и соли. В некоторых предгорных районах практически весь отток солей происходит с подземным стоком.

В ряде случаев важное влияние в соленакоплении имеет не только артезианский сток, но и другие виды глубокого стока, например глубокий сток в горных областях. Так, для многих горных хребтов Тянь-Шаня, по данным казахских гидрогеологов⁴, 10—30% от общего стока вод за пределы этих районов приходится на долю подземного стока глубокой инфильтрации, т. е. вод, фильтрующихся по трещиноватым горным породам ниже долин горных рек, так называемых местных базисов стока. Интерпретируя эти данные, можно сказать, что по крайней мере 10—30% солей (а в действительности еще больше, так как даже

в горных районах минерализация подземных вод несколько выше, чем речных) выносятся за пределы горных ландшафтов с глубоким стоком. И вот такая громадная величина в современных расчетах не учитывается.

Но и это еще не все. Иногда даже региональный грунтовый сток имеет огромное значение в накоплении солей. Чрезвычайно своеобразно и интересно в этом отношении плато Устюрт. Малое количество осадков, огромное испарение, интенсивный ветровой привнос солей с Каспийского и Аральского морей, а также с окружающих Устюрт солончаков должны были, казалось, создать крайне высокую засоленность почвенного покрова в этой пустыне. На самом же деле на большей части Устюрта такого засоления нет. В чем дело? По-видимому, и здесь основную роль в рассолении ландшафтов играют подземные воды: хотя общее количество осадков на Устюрте действительно небольшое, основная их часть выпадает в зимне-весенний период, т. е. как раз в то время, когда испарение минимально. Поэтому весной, в период таяния снега, часть выпавших осадков успевают, не испарившись, просочиться до уровня грунтовых вод, залегающих на значительной части Устюрта так глубоко, что испарения с их поверхности, а следовательно, и засоления почв уже не происходит. Эти грунтовые воды движутся от наиболее возвышенных частей плато в сторону депрессий — «сор» Сам, Каратюлей, Барса-Кельмес, а также к внешним обрывам-чинкам Устюрта, где грунтовые воды выходят на поверхность земли или залегают близко от нее. Вот здесь-то (при испарении грунтовых вод) и накапливаются в конечном счете соли, принесенные на поверхность всего Устюрта с атмосферными осадками и ветровыми соляными бурями!

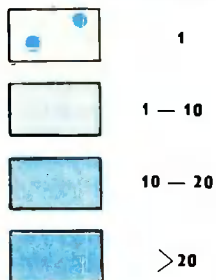
Подземный сток, особенно глубокий, имеет важнейшее значение в рассолении и засолении ландшафтов, в привносе в ландшафты отдельных компонентов и в создании биогеохимических провинций. С изучением растворенных веществ в глубоких подземных водах связано и решение других теоретических проблем. Например, выяснение роли глубокого подземного стока в формировании химического состава речных вод, в химической денудации (разрушении) суши.

Тот факт, что подземный сток существенно влияет на накопление солей в ландшафтах, а иногда и определяет его,

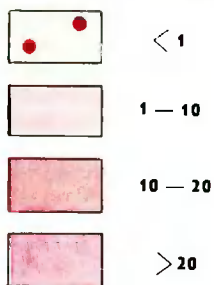
⁴Формирование и гидродинамика артезианских вод Южного Казахстана. Алма-Ата, 1973.

Схематическая карта глубокого подземного стока растворенных веществ [т/км² в год] на территории Казахстана. Наибольший вынос солей происходит в горных и предгорных районах, где формируется подземный сток, а наибольший привнос — в межгорных впадинах, где концентрированно разгружаются подземные воды.

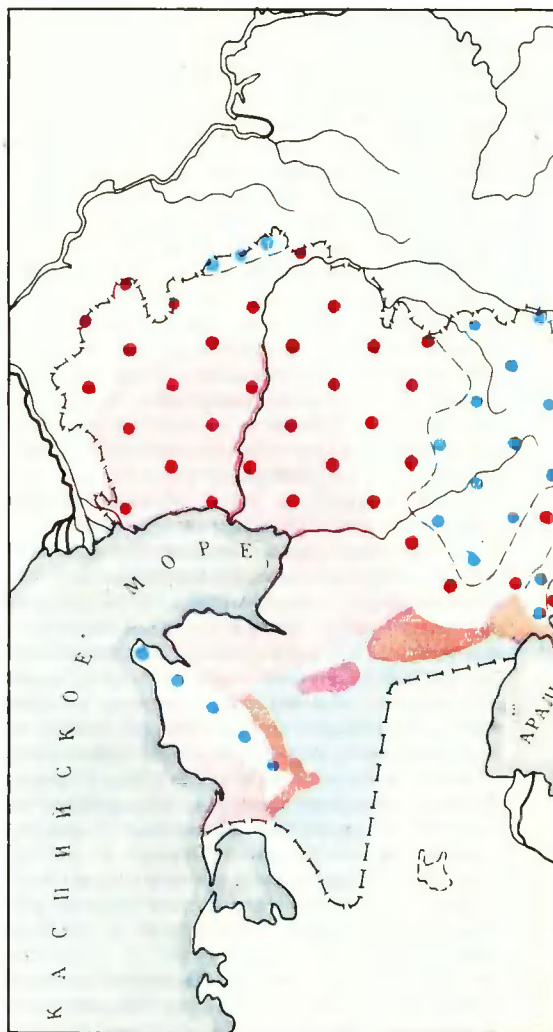
Вынос солей из ландшафтов в областях питания вод глубокого подземного стока [т/км² в год]:



Привнос солей в ландшафты в областях разгрузки глубокого стока [т/км² в год]:

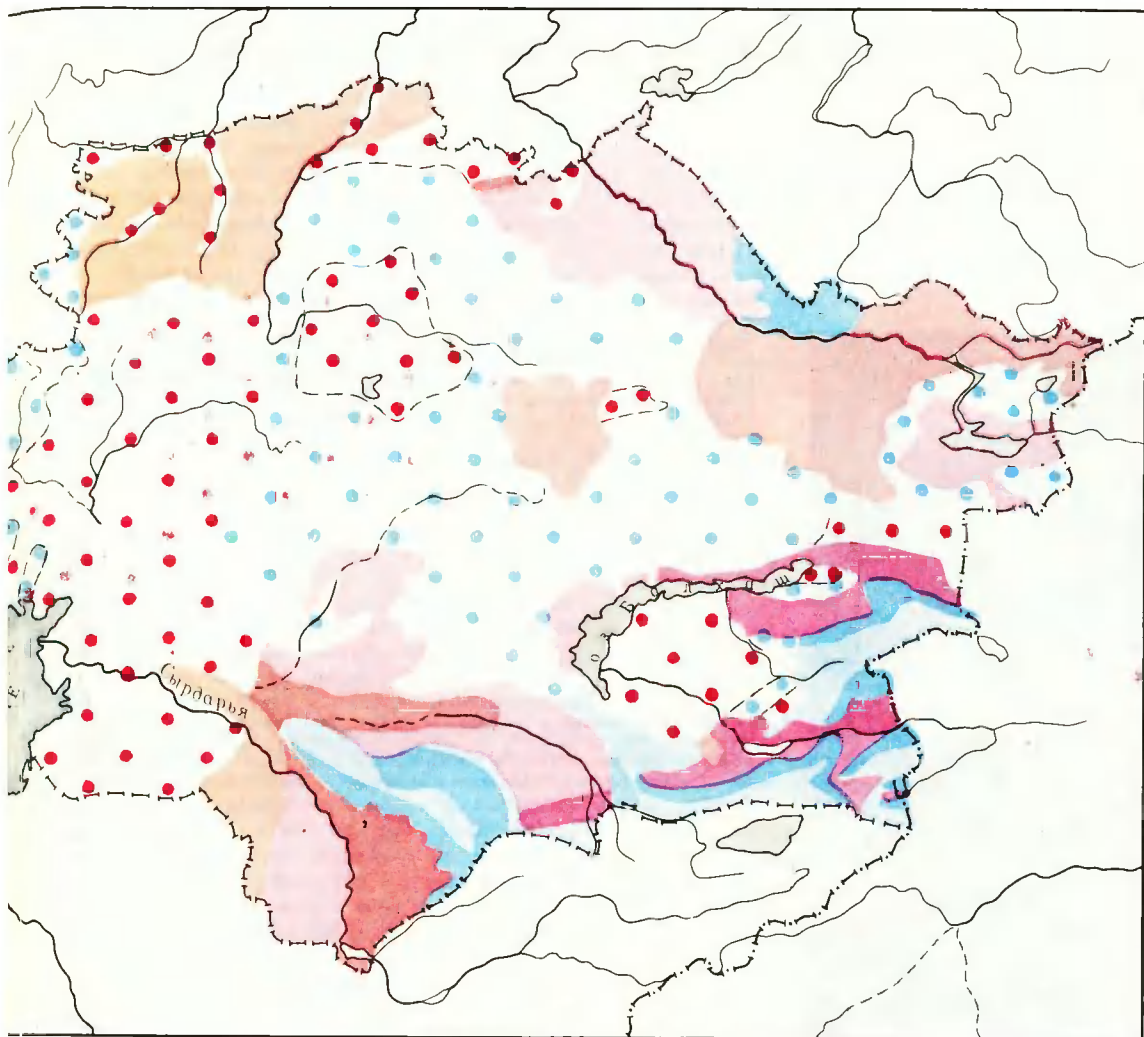


область, где глубокий подземный сток на соленакопление не влияет



имеет и первостепенное практическое значение. На основании расчетов и анализа гидрогеологической обстановки автором составлена схематическая карта ионного глубокого подземного стока⁵, на которой показаны области выноса и привноса солей в ландшафты с подземными водами и дана количественная оценка этих процессов. Как это видно на схеме, огромные площади занимают области разгрузки подземных вод, где происходит постоянное поступление солей в ланд-

⁵Для плато Устюрт данные приведены по грунтовому стоку.



шафты. Это совершенно необходимо учитывать при разработке крупных мелиоративных проектов, что до сих пор, к сожалению, не делается. В ближайшие 20 лет в Казахстане и в Средней Азии предполагается освоить под поливное земледелие около 4 млн га, а в перспективе — до 34 млн га. Большая часть земель предполагаемого орошения расположена в областях разгрузки подземных вод, которые выносят огромное количество солей.

Что же делать с этой огромной массой солей? При относительно небольших по площади масштабах (по сравнению с упомянутыми проектами) орошения де-

лò решается просто: дренажные воды сбрасываются в пустыню, бессточные впадины и т. д. Но это не выход в условиях осуществления предполагаемых огромных мелиоративных мероприятий. Ведь «захороненные» таким способом огромные массы солей снова будут вовлечены в природные миграционные потоки (например, в результате ветрового выноса солей). Поэтому требуется тщательный анализ ионного глубокого подземного стока, который, возможно, заставит пересмотреть вопрос о целесообразности орошения некоторых аридных районов.

Биологическая роль лиотропных жидких кристаллов

И. Г. Чистяков, С. А. Селезнев



Игорь Григорьевич Чистяков, доктор физико-математических наук, руководитель лабораторий жидких кристаллов в Институте кристаллографии АН СССР и в Ивановском государственном университете. Научные интересы лежат в области исследования структуры и свойств жидких кристаллов.



Сергей Алексеевич Селезнев, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории Ивановского государственного медицинского института. Занимается вопросами биофизики жидкокристаллических систем.

В течение последних 5—10 лет сильно возрос интерес к изучению роли жидкокристаллического состояния вещества в биологических структурах. Однако надо отметить, что не всегда можно строго говорить о жидкокристаллическом строении частей клетки и тканей, но принципы, лежащие в основе их интеграции, те же, что и при образовании жидких кристаллов. Существование организма зависит от поддержания порядка в высоколабильных системах. Есть основания считать, что даже относительно простые биохимические реакции не могут быть полностью воспроизведены в среде

с малоупорядоченным фазовым состоянием (например, в растворе). Можно без преувеличения сказать, что жидкокристаллическое состояние — это одно из интереснейших свойств органического мира. Мы все чаще убеждаемся, что в каждой клетке есть элементы, находящиеся в жидкокристаллическом состоянии.

Структура жидкого кристалла по степени молекулярной упорядоченности занимает промежуточное положение между строгой трехмерной упорядоченностью молекул в твердом кристалле и хаотичной — в аморфной жидкости. Оказывается, что эта область фазового состояния вещества (так называемая мезофаза) обладает уникальным сочетанием свойств, которое обуславливает их широ-

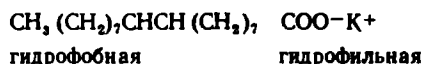
кое использование в качестве структурных элементов живых организмов. Обладая, с одной стороны, высокой упорядоченностью и разнообразными возможностями для перестройки своей архитектуры, а с другой — развитой молекулярной динамикой, регулируемой самыми тонкими внешними воздействиями, жидкокристаллические образования являются естественными механизмами для контроля и управления клеточными процессами. Возможность разнообразных кооперативных перестроек дает механизм запоминания и передачи информации, а участие дальнего порядка мезофаз в протекании химических реакций обеспечивает высокую каталитическую активность в процессе биосинтеза. Поэтому неудивительно, что жидкокристаллические структуры играют колоссальную роль в жизнедеятельности клетки. В этой статье мы обсудим некоторые свойства жидкокристаллических структур, изученные в опытах *in vitro* и некоторые аспекты работы организма, в которых свойства мезофаз играют существенную роль.

Жидкие кристаллы могут образовываться не только в процессе плавления твердого вещества¹, но и в процессе его растворения. В этом случае жидкие кристаллы называются лиотропными. О таких жидких кристаллах мы и попытаемся рассказать в этой статье. Лиотропные жидкие кристаллы встречаются среди веществ как неживой, так и живой природы. Именно область веществ биологического происхождения представляет особый интерес.

Как и любые жидкие кристаллы, лиотропные кристаллы образуют соединения, имеющие удлиненную форму молекулы. Напомним, что существует три основных типа жидких кристаллов: смектический — когда молекулы расположены периодическими слоями и имеется ближний порядок в боковой ориентации молекул; нематический — когда молекулы беспорядочно сдвинуты в направлении своих длинных осей и наблюдается лишь дальний ориентационный порядок; холестерический — когда структура аналогична структуре нематического типа, но суще-

ствует дополнительная винтовая закрученность.

Лиотропные жидкокристаллические системы состоят из двух, трех и более компонентов, по крайней мере один из которых обладает типичными амфифильными свойствами, т. е. способностью растворяться как в полярном, так и неполярном растворителе. Обратимся, например, к молекуле олеата калия так называемого калийного мыла. Она состоит как бы из двух частей:

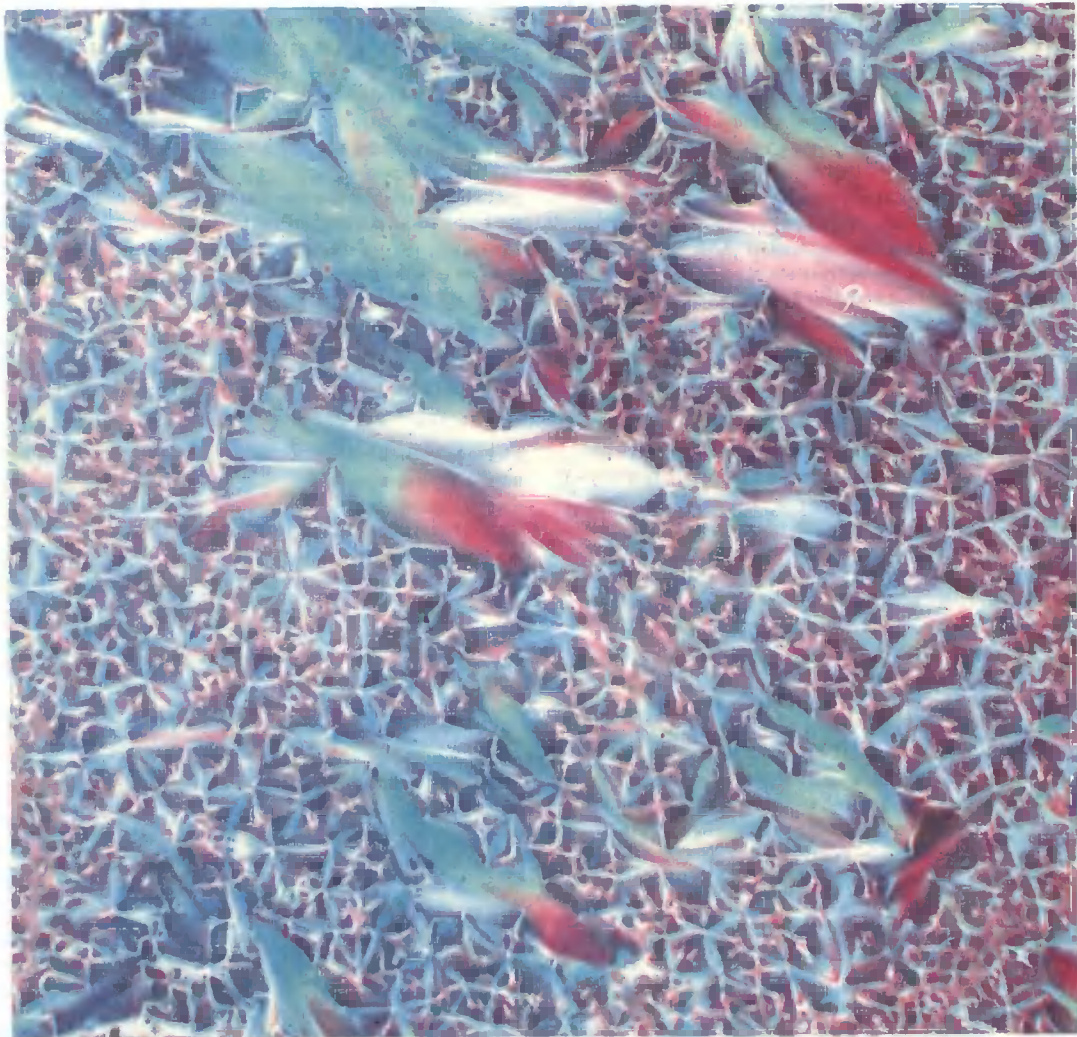


Гидрофобная (углеводородная) парафиновая цепочка и несущая заряд гидрофильная (полярная) часть молекулы по-разному относятся к воде: вторая растворима, а первая нет. Этот факт ведет к тому, что молекулы растворителя (воды) распределяются вокруг молекул вещества неравномерно. В водных системах растворитель концентрируется в области полярных групп амфифильных молекул; когда же используется органический растворитель, то основная его масса распределяется вокруг «углеводородной» части системы. Это пространственное разделение основного вещества и его окружения и обуславливает многообразие лиотропных жидкокристаллических структур. Более того, агрегаты из таких молекул за счет различной группировки в пространстве формируют разнообразные структуры более высоких порядков.

Наблюдать за образованием и поведением лиотропных жидких кристаллов удобнее не при растворении твердого вещества, а, наоборот, в процессе испарения растворителя, когда при увеличении концентрации растворенного вещества изотропный раствор превращается в жидкий кристалл, обладающий двойным лучепреломлением и ярко светящийся между скрещенными поляроидами микроскопа.

Наиболее доступная система, образующая жидкие кристаллы, — это водные (или водно-спиртовые) фазы калийного мыла. Для наблюдения роста жидких кристаллов капельку изотропного раствора калийного мыла помещают на предметное стекло. В поляризационном микроскопе со скрещенными поляроидами изотропный раствор не виден, поле зрения микроскопа темное. По мере испарения растворителя концентрация мыла растет, и из раствора начинают выпадать

¹Подробнее см.: Группа по изучению жидких кристаллов Университета Орсе. Жидкие кристаллы; Чистяков И. Г., Вистинь Л. К. Симметрия, структура и свойства жидких кристаллов. — «Природа», 1972, № 2; Соин А. С., Степанов Б. М. Приборы на жидких кристаллах. — «Природа», 1974, № 11.

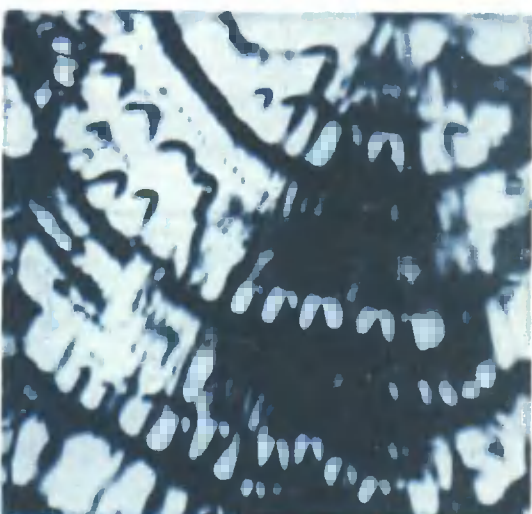
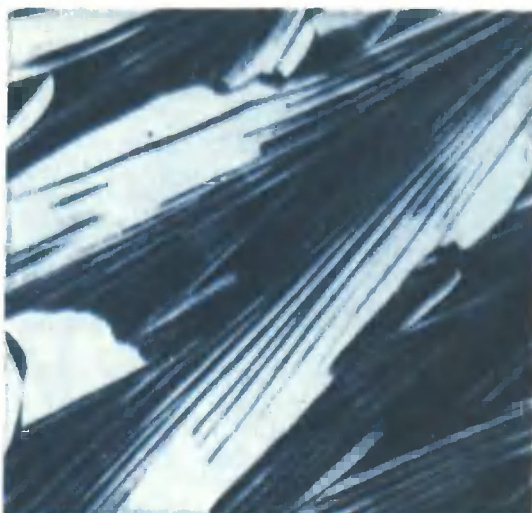
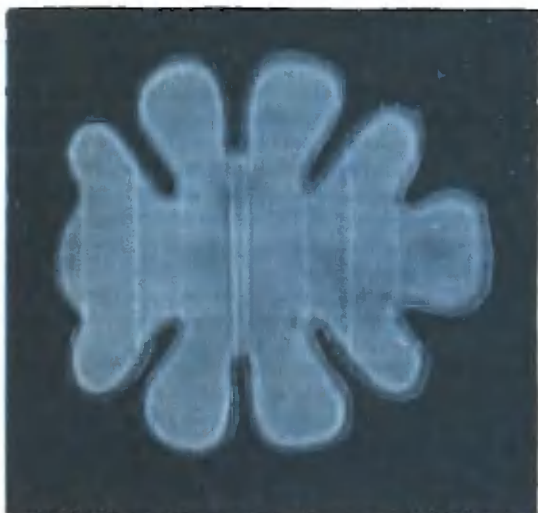


Холестерическая текстура раствора холестерилпропионата в метоксибензилфенбутиламине.

капельки жидкого кристалла. Любопытно, что капельки имеют строгую геометрическую форму тела вращения. При малейшем нажатии на покровное стекло капелька теряет свою форму и растекается струйками по изотропному раствору. При дальнейшем испарении растворителя капельки увеличиваются в размерах, начинают касаться стекол и приобретают в результате сложную форму. Наконец капельки сливаются все вместе, образуя

сплошную жидкокристаллическую текстуру. Текстура не остается стабильной, дальнейшее увеличение концентрации мыла при испарении растворителя приводит к ее расслоению: образуется новая жидкокристаллическая фаза.

Поведение той или иной системы можно предугадать, заранее зная ее фазовую диаграмму. (Фазовая диаграмма — графический способ описания фаз, находящихся в равновесии при различных сочетаниях переменных величин, таких как состав, температура и т. д.) Для лиотропных систем строят фазовые диаграммы двух типов: диаграммы «концентрация — температура» для бинарных систем и диаграммы фазового равновесия — для тройных.



Стадии образования смектической фазы жидкого кристалла.

Слева вверху: капля лиотропного жидкого кристалла калийного мыла имеет правильную геометрическую форму [микрофотография, увел. в 300 раз];

Слева внизу: при испарении растворителя капли приобретают сложную форму и образуют цепочки слившихся капель [микрофотография, увел. в 300 раз];

Справа вверху: затем капли сливаются все вместе, образуя сплошную текстуру лиотропного жидкого кристалла [гексагональная фаза] [микрофотография, увел. в 300 раз];

Справа внизу: при дальнейшем испарении растворителя такая текстура расслаивается и образуется новая [смектическая] фаза жидкого кристалла [микрофотография, увел. в 300 раз].

Лиотропные жидкие кристаллы образуют не только растворы мыл. Так, растворы полипептидов, например поли- γ -бензил-L-глутамата, в органических растворителях формируют спиральную холестерическую жидкокристаллическую структуру. Аналогичное строение имеют водные гели ДНК и РНК. Водные растворы вируса табачной мозаики также образуют лиотропные жидкие кристаллы. Частицы вируса, представляющие собой палочки диаметром около 20 \AA и длиной 200 \AA , упаковываются в гексагональный порядок, между палочками располагаются молекулы воды. Лиотропные кристаллы нематического типа (дальний порядок сохраняется только по отношению к ориентации длинных осей молекул) образуют

водные системы деоксиформы гемоглобина S.

Но, пожалуй, самый многочисленный и самый важный для живого организма класс лиотропных систем составляют разнообразные липидные комплексы: это и различные мембранные системы (органеллы клетки, миелин) и липопротеиды плазмы. Остановимся более подробно на общих принципах их устройства.

Хорошо известно, что липиды являются важным структурным компонентом всех биологических мембран. Физические

где R — водород, серин, этаноламин, холин.

За счет своего устройства такие молекулы склонны формировать жидкокристаллические системы лиотропного (и термотропного) типа.

Большинство липидов обладает выраженной способностью набухать в водном окружении. Сначала образуется мультибислойная структура. Дальнейшая гидратация приводит, как правило, к отделению водной фазы от максимально гидратированных анизотропных капель.

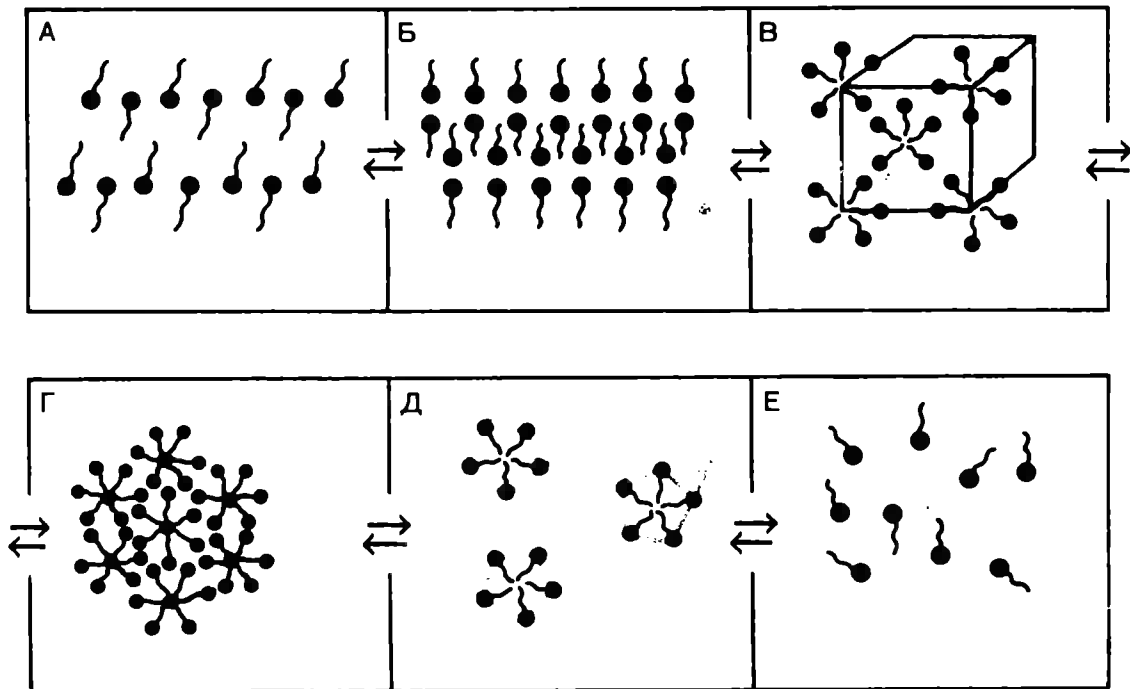
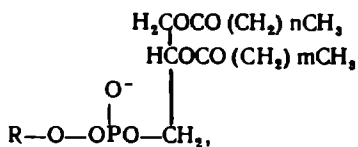


Схема строения некоторых фаз: А — твердый кристалл; Б — смектическая фаза; В — кубическая фаза; Г — гексагональная фаза; Д, Е — изотропный раствор.

В случаях с лизолецитином и фосфатидилэтаноломином была обнаружена гексагональная упаковка. Наблюдались и другие фазы. При изменении температуры или (и) степени гидратации в липидах, как и в других амфифильных структурах, возможны переходы от системы с одним типом дальнего порядка к системе с другим (полиморфные переходы). Если обработать ультразвуком сильно гидратированные липидные системы, то можно получить так называемые липосомы, т. е. водную дисперсию пузырьков, окруженных двуслойной поверхностью. Мультибислойные системы и липосомы используются как модели для изучения структуры и функций биологических мембран.

свойства различных классов липидов обусловлены наличием в их молекулах двух частей: гидрофильной «головы» и сильно вытянутого гидрофобного «хвоста»:



Кроме упорядоченной дальности-стантной организации в липидоводных системах существует определенная закономерность в упаковке отдельных молекул в агрегатах (ближний порядок). Особое значение имеет характер упаковки длинных углеводородных цепей (алифатических) половин липидных молекул. При изменении температуры можно зафиксировать переход от одного типа упаковки алифатических цепей к другому как в дисперсии липосом, так и в мультислойных системах. Этот переход часто называют переходом «гель — жидкий кристалл». Лучше, однако, использовать буквенные обозначения фаз.

Такие переходы зависят не только от температуры; на точку перехода в алифатической зоне слоев существенное влияние оказывают рН и ионная сила среды.

Следует отметить, что температура фазового перехода при нагревании и при охлаждении образцов неодинакова, т. е. фазовая диаграмма образует петлю гистерезиса.

Ознакомившись с некоторыми свойствами липидных жидких кристаллов, рассмотрим, в каких свойствах биологических объектов они проявляются. Ожидать аналогии между свойствами модельных и реальных систем мы можем уже потому, что двойной липидный слой служит «элементарной ячейкой» и в биологических мембранах, и в смектических системах.

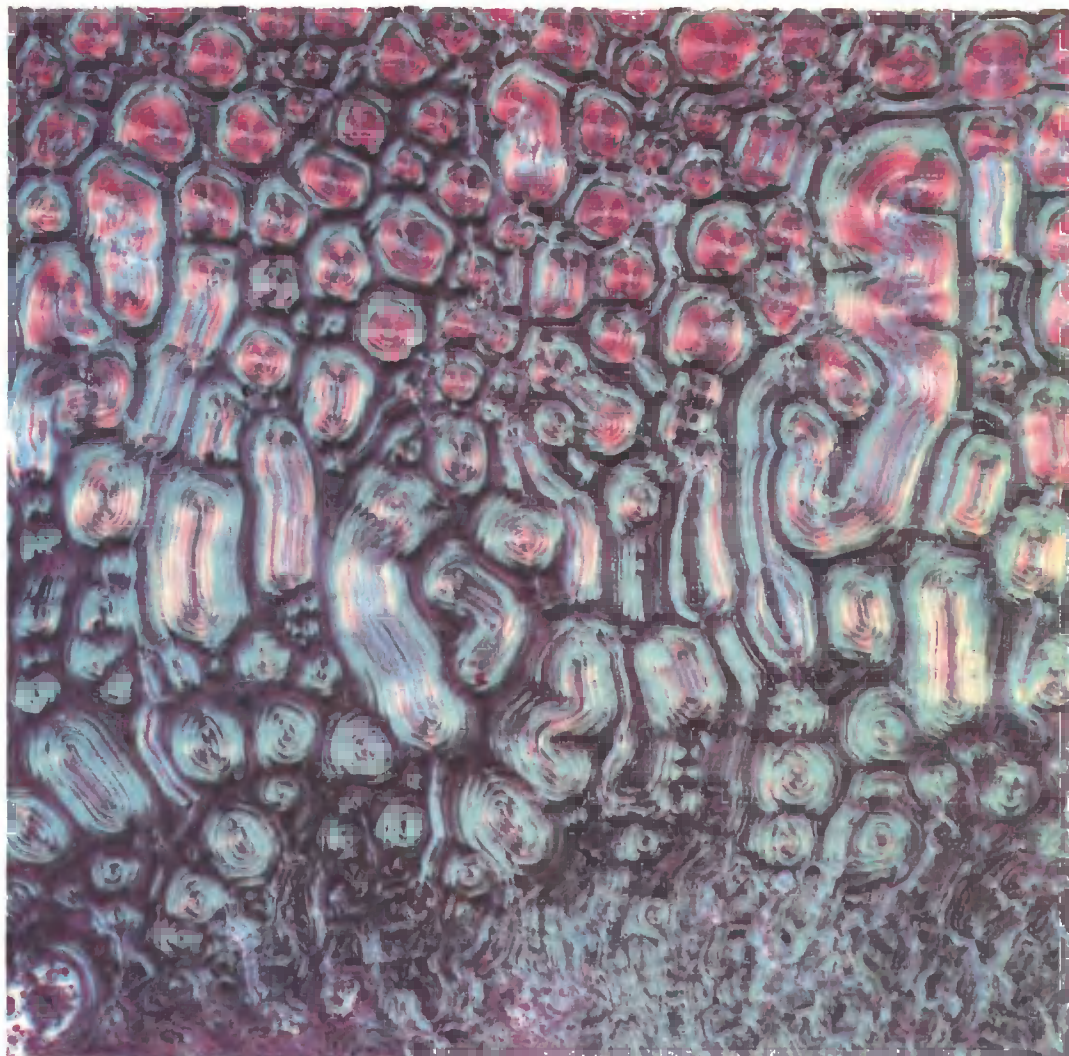
У большинства биологических мембран липидный состав гетерогенен. Кроме того, плазматические мембраны многих клеток содержат холестерин, поэтому у них фазовый переход в алифатической зоне либо весьма растянут, либо его вообще нет. Тем не менее при изучении мутантов кишечной палочки или микоплазм, выращенных с добавлением в питательную среду определенных жирных кислот, наблюдался фазовый переход в препаратах мембран вблизи оптимальной температуры роста микроорганизмов. Интересно, что изменение в физическом состоянии алифатических цепей мембран клеток отражается на скорости деления клеток. На основании этого факта можно предположить, что многие клеточные функции находятся под контролем фазового состояния мембраны. К таким процессам можно отнести пиноцитоз, т. е. транспорт макромолекул и молекулярных агрегатов внутрь клетки, установление контактов между клетками.



Электронная микрофотография мультислойной системы «цереброн — вода» (увел. в 10 тыс. раз).



Раствор полипептида поли- γ -бензил-L-глутамата в органическом растворителе диоксане образует холестерическую структуру.



Смектическая текстура вируса табачной мозаики.

Возможно, в основе механизма установление клеточных контактов лежит полиморфный переход, т. е. переход между разными типами упорядоченности в жидкокристаллической фазе.

Было обнаружено, что по поверхности мембраны движутся как липидные молекулы, так и белки, причем расстояние, равное размеру клетки, они покрывают за несколько секунд. Молекулярная динамика компонентов мембраны может

играть существенное значение в процессах передачи информации от одной части клетки к другой и от клетки к клетке. Возможно, что иммунологические реакции клетки связаны с процессами боковой диффузии. Предполагается также, что механизмы онкогенеза определенным образом соотносятся с подвижностью антигенов в плоскости мембраны, так как в культурах трансформированных клеток было обнаружено изменение боковой подвижности молекул мембраны.

Хотя поперечный дрейф молекул клеточной поверхности происходит значительно медленнее, чем боковая диффузия, некоторые процессы в клетке могут быть связаны и с этим явлением.

Высказывалось, например, мнение,

что в момент перескока на поверхности мембраны могут появляться гидрофобные цепи липидной молекулы. В свою очередь, это должно благоприятствовать кристаллизации холестерина в этих точках и способствовать формированию таким путем атеросклеротического поражения сосудистой стенки. Вообще, по мнению многих авторов, физико-химическую основу атеросклеротического поражения составляют процессы, связанные с мезоморфным состоянием липидных комплексов.

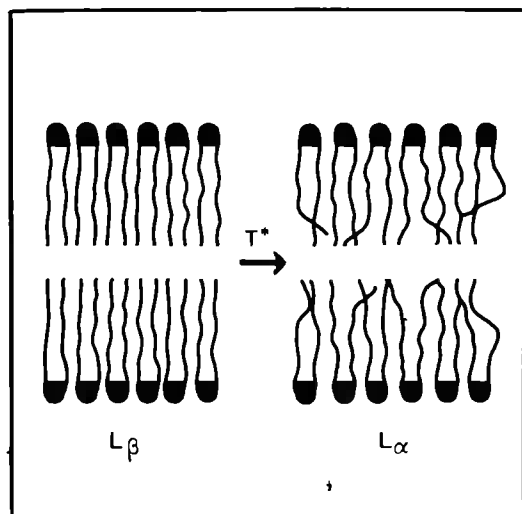


Схема фазового перехода в алифатической зоне жидкокристаллических слоев. При температуре ниже точки перехода [T^*] алифатические цепи в смектических слоях уложены регулярно (L_β -фаза), выше точки перехода цепи дезориентируются (L_α -фаза).

Имеются представления, согласно которым в мембранах клеток формируются домены, состоящие из разных липидов, т. е. продольный срез мембраны представляет собой подобие мозаичной картины. Если в доменах происходят фазовые переходы, то в них должны быть и гистерезисные явления. Как известно, гистерезис может использоваться при конструировании запоминающих устройств, поэтому, возможно, что этот процесс ответствен и за механизмы кратковременной памяти на мембране клетки (в отличие о долговременной памяти, хранящейся в молекулах нуклеиновых кислот).

Приведенные примеры не исчерпывают всех моментов, связывающих абиогенные лиотропные жидкие кристаллы и

живые системы. Новые исследования биологических объектов в сочетании с изучением структуры и свойств лиотропной мезофазы позволят выявить еще многие неизученные взаимоотношения между лиотропными жидкими кристаллами и живыми системами.

Откуда же берет свои истоки связь между лиотропными жидкими кристаллами и биообъектами? Здесь можно вспомнить слова Д. Бернала: «Они (жидкие кристаллы.— И. Ч. и С. С.) играют большую роль в современной биологии и, возможно, играли решающую роль на самых ранних стадиях возникновения жизни»².

Известно, что важным этапом в ходе химической эволюции было возникновение фазообособленных систем. По сути дела, лиотропные мезофазы и есть фазообособленные системы. Причем, эти системы обладают не только высокой степенью порядка, но и молекулярной динамикой, которая регулируется весьма тонкими внешними влияниями, такими как небольшие изменения температуры, pH, концентрации электролитов и т. д. Лиотропные мезофазы обладают еще одним важным свойством: они служат неспецифическими катализаторами многих химических процессов. Известно, что химические реакции, протекая в окружении мезофазы, за счет ее поляризационно-ориентационного эффекта ускоряются на 2—3 порядка. Вполне возможно, что такие системы, дав начало предбиологическим мембранам, и были той средой, где протекала другая стадия биогенеза—каталитический синтез биополимеров.

Возможность образования жидкокристаллических структур в условиях предбиологического синтеза была подтверждена нами экспериментально³.

²Бернал Д. Возникновение жизни. М., 1969, с. 349.

³«Успехи соврем. биол.», 1976, № 1, с. 82—89.

Пути образования эллиптических и спиральных галактик

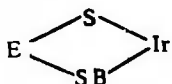
Б. В. Комберг



Борис Валентинович Комберг, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института космических исследований АН СССР. Занимается исследованиями в области галактической и внегалактической астрономии, в частности изучением природы скоплений галактик, квазаров, радиогалактик, радио- и рентгеновских пульсаров. В «Природе» опубликовал статьи: «Рентгеновские пульсары в двойных системах» (1973, № 8) и «Радионизлучение галактик и квазаров» (1975, № 11).

На фотографиях, полученных с помощью больших телескопов, видны многочисленные туманные объекты. Уже со времен В. Гершеля появились некоторые основания считать, что многие из них — это далекие гигантские звездные острова. Так в астрономию вошло понятие галактик.

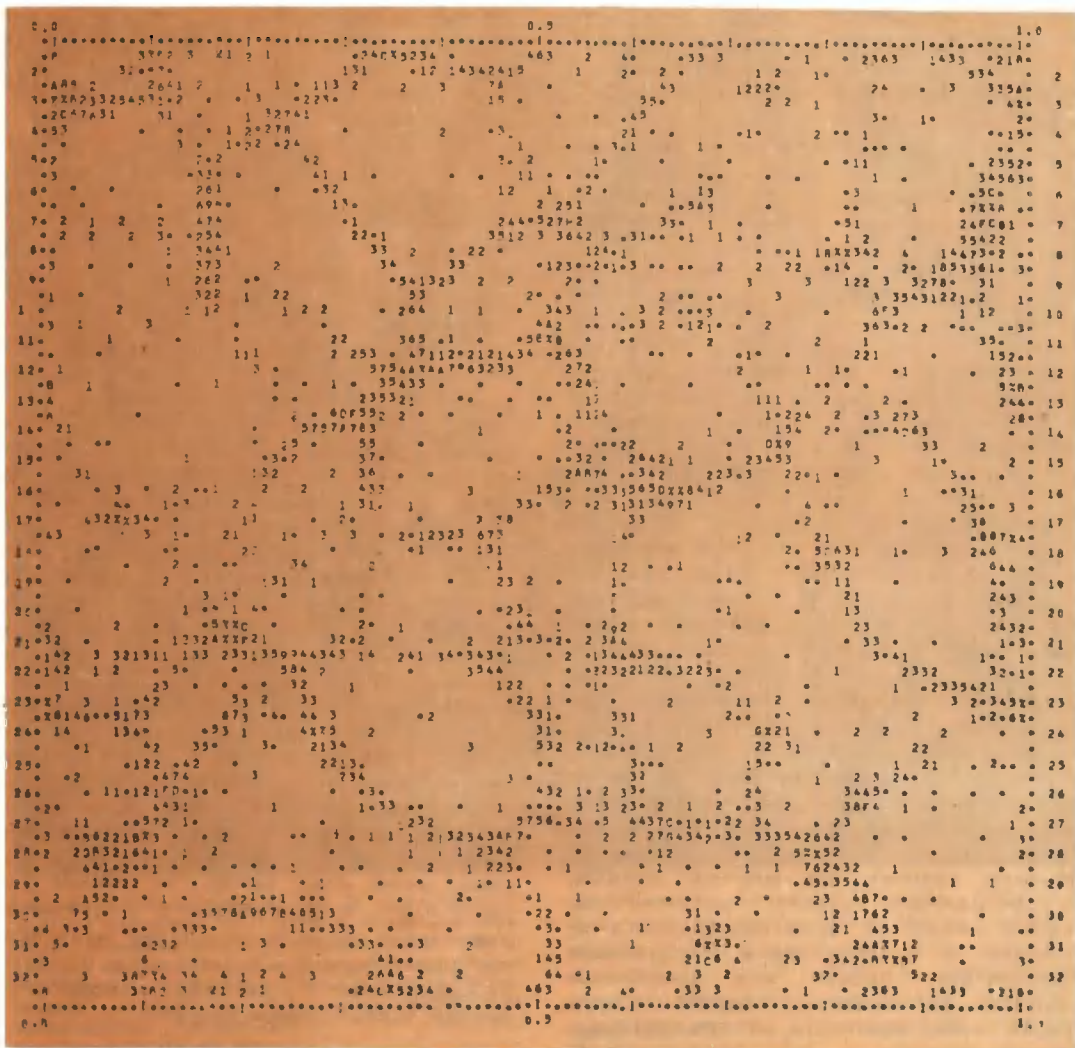
Галактики встречаются разных форм, размеров и светимостей. Иногда их структура сильно искажена за счет гравитационных приливных сил со стороны близких соседей. Казалось, буйную фантазию Природы, которая за миллиарды лет создала это многообразие форм, невозможно классифицировать. Однако уже в 1925 г. Э. Хаббл предложил простую и достаточно полную классификационную схему для типов галактик, знаменитую «последовательность Хаббла»:



Здесь E — эллиптические галактики, S — спиральные галактики с разной степенью развитости центральной сфероидальной области и спиральных рукавов, SB — галактики с центральным вытянутым образованием (баром), от которого начинают-

ся рукава, Ir — галактики неправильной формы. За прошедшие годы хаббловскую последовательность уточняли, расширяли и дополняли, но ее основы остались неизблевыми.

Мы пока не можем сказать точно, как и когда сформировались галактики. На этот счет выдвинуто много гипотез. Однако ясно, что, не ответив на этот вопрос, мы тем более не сможем установить, с чем связано образование галактик разных морфологических типов. Сначала казалось, что хаббловская последовательность — это эволюционная последовательность, т. е. один тип галактики, E, со временем может превращаться в другой, скажем, в S. Однако различие в свойствах E- и S-галактик, их разная пространственная плотность между скоплениями галактик и преимущественное нахождение E-галактик в центральных областях богатых скоплений, все это заставило отказаться от такой точки зрения. Может быть, E- и S-галактики уже на стадии протогалактик обладали различными свойствами, которые и повели их по разным эволюционным путям. Пока не совсем ясно, как это произошло. Существует несколько точек зрения, тесно связанных с особенностями подхода разных авторов к проблеме образова-



Численное моделирование развития длинноволновой гравитационной неустойчивости (двумерная задача). Группировка точек — цифр в линиях — эквивалентна конденсации в «блинны» для трехмерного случая. [График — один из кадров изменяющейся со временем картины, представленной в докладе Ю. С. Сигова, Э. В. Коток и А. А. Полгодова на конференции по плазменной астрофизике. Иркутск, 1976.]

ния галактик в целом. Мы кратко остановимся только на тех из них, где в какой-либо мере заложена возможность получить за счет естественной эволюции из разных начальных условий разные морфологические типы галактик.

В группе Я. Б. Зельдовича (Инсти-

тут прикладной математики АН СССР) выдвинута и разрабатывается гипотеза, согласно которой растущие по плотности первичные возмущения размерами в скопления (или даже сверхскопления) галактик, имели довольно плоскую, хотя и изогнутую форму. Эта теория получила название теории «блинов». Расчеты показали, что случайные начальные возмущения приводят к сжатию в плоские образования типа «блинов» с гораздо большей вероятностью, чем к сферически симметричным образованиям, как считалось до этого. Гравитация усиливает те возмущения, которые распространяются в направлении, где случайно скорости сжатия оказались большими. Остальные направления отстают в своем разви-

тии и сжимаются гораздо медленнее. В итоге образуются первичные «блины», имеющие довольно причудливую, изогнутую форму, которая к тому же изменяется со временем.

При сжатии в «блин» вещество, влекомое силами гравитации, приближается к центральной плоскости снизу и сверху. В середине «блина» столкновение двух падающих навстречу друг другу слоев приведет к возникновению области повышенной плотности, т. е. к появлению стоячей ударной волны, по обе стороны от которой будет скапливаться вещество. В центральном слое «блина» плотность газа будет выше, что приведет к его относительно быстрому остыванию и создаст условия, при которых гравитационная неустойчивость формирует протогалактические структуры. Однако сам центральный слой достаточно неоднороден: он плотнее и толще в середине и тоньше на изогнутых краях «блина». В середине центральный слой будет быстро сжиматься, и в нем начнут возникать гигантские сфероидальные протогалактики с малым суммарным моментом вращения. На краю «блина», там где центральная плоскость может быть сильно искривлена, падающие слои вещества сталкиваются под углом друг к другу. Это создает условия для формирования менее массивных протогалактических систем с большим моментом вращения. Именно поэтому, по мнению авторов, в центральных областях скопленных галактик находятся преимущественно E-галактики, а на периферии — спиральные S-галактики. Высоко над плоскостью «блина» газ останется горячим, из-за своей малой плотности он остывает медленно, т. е. там галактики вообще не образуются.

Для сравнения теории «блинов» с наблюдениями важно понять дальнейшую эволюцию плоского образования, которое из-за взаимодействия между отдельными элементами «блина» должно распухать. Здесь нет пока особой ясности. Если говорить о наблюдательных аспектах проверки теории, то под «блином» можно понимать или гигантскую (~60 Мпс) сплюснутую систему типа Местного Сверхскопления, или какие-то отдельные плоские более мелкие (~1 Мпс) фрагменты в богатых скоплениях галактик. А может быть, «блины» разной массы образуют и системы разных масштабов с различными временами релаксации. В этом случае по наблюдаемой

сейчас картине трудно восстановить первоначальные свойства «блинов».

Интересную гипотезу, представляющую развитие выдвинутых еще в 60-х годах идей Дж. Пиддингтона (Австрия) о существовании первичного крупномасштабного межгалактического магнитного поля ($H \approx 10^{-9}$ Гс), предложили М. Рейнгардт (ФРГ) и Н. Хенриксен (Канада). Согласно этой гипотезе, первые объекты с массой $M \approx 10^9 M_{\odot}$ сформировались сразу после того, как расширяющаяся Вселенная остыла до температуры, при которой ионизованный газ стал нейтральным (это соответствует временам от начала расширения $\sim 10^{13}$ с). Такие объекты существовали недолго, но были очень активными; их, по-видимому, можно сравнить с квазарами, выделение энергии в которых $\sim 10^{46}$ эрг/с. Мощное ультрафиолетовое излучение этих объектов ионизовало окружающую среду. Из-за гравитационной неустойчивости с учетом давления магнитного поля создались условия для фрагментации вещества на объекты уже с массой типа галактической ($10^{10} - 10^{12} M_{\odot}$). Таким образом, все разнообразие типов галактик, по мнению Рейнгардта и Хенриксена, определяется зависимостью от угла между осью вращения протогалактики и направлением первичного магнитного поля: если угол мал, то поле не препятствует сжатию в диск и формируется S-галактика; если угол велик, то сжатия не происходит и формируется E-галактика. Увеличение момента вращения при сжатии протогалактики из горячего вещества связывается в этой схеме с возникновением аккреционных вихрей.

По мнению Р. Готта и Т. Тхуана (США), различия между E- и S-галактиками связаны с количеством газа, оставшимся в протогалактике к моменту ее максимального сжатия. Эллиптические галактики формируются только в центральных областях богатых скоплений, где возникали возмущения с большой плотностью. Это способствовало быстрому образованию звезд, которое успело переработать в звезды весь газ к моменту наибольшего сжатия протогалактики. Такая система останется более или менее сфероидальной, а некоторая сплюснутость эллиптических галактик может быть объяснена их внеосевым гравитационным взаимодействием с проходящими вблизи массивными галактиками — членами центра скопления, простран-



Общий вид ближайшей к нам (2 Мпс) сферической галактики NGC 5128 в созвездии Центавра. Сферическую звездную систему пересекает мощная газо-пылевая полоса. Своя просвечивает яркий центр галактики. Фотография получена на 4-метровом рефлекторе обсерватории Сьерро-Тололо. (In: «Sky and Telescope», 1975, № 8.)

энергию и в конце концов образуют плоскую систему — диск. После накопления в диске достаточного количества вещества в нем начнется образование звезд, которому эффективно помогает ударная волна, формирующая спиральную структуру. Так, по мнению авторов, возникают спиральные галактики.

венная плотность которых достаточно велика.

В тех галактиках, которые формировались из возмущений с меньшей плотностью на периферии скоплений или вне их, процесс образования звезд шел медленнее, и к моменту максимального сжатия протогалактики далеко не весь газ перешел в звезды. Облака газа, которые не сумели сжаться в звездные комплексы, сталкиваются друг с другом, теряют

несколько иной точки зрения придерживаются А. Морхонт и С. Шапиро (США). Они считают, что сначала из-за сильного трения газовых облаков друг о друга в богатых газом протогалактиках, даже в скоплениях галактик формируются дискообразные системы, которые впоследствии, после приобретения углового момента за счет приливного взаимодействия с другими членами скопления, превращаются в спиральные галактики. В центральных областях скоплений, где плотность вещества и галактик велика, из-за сильных приливных эффектов со стороны соседей спиральные галактики начнут распухать, постепенно превращаясь в сферические системы. Газ из

этих систем будет выметаться под действием динамического напора межгалактической среды, через которую галактики быстро движутся.

Иную точку зрения высказывает американский астрофизик Дж. Острайкер. 21 октября 1976 г. он выступил на заседании Общественного астрофизического семинара в Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга (ГАИШ) с докладом «О природе галактик». Мы остановимся на его взглядах на эту проблему несколько подробнее, так как они тесно связаны с гипотезой о «скрытой массе» во Вселенной.

Еще 40 лет назад швейцарский астрофизик Ф. Цвикки, исследуя богатые скопления галактик, заметил, что лучевые скорости отдельных их членов значительно превосходят скорости, вычисленные в предположении, что масса скоплений равна сумме масс отдельных галактик. При этом массы галактик оценивались по их светимости в зависимости от известного морфологического типа. Этот наблюдательный парадокс, связанный со скоплениями и некоторыми группами галактик, получил название «вириального», так как масса, определяемая не по светимостям членов группы, а по разбросу их скоростей, носит название «вириальной».

Существование вириального парадокса поставило перед астрофизиками ряд серьезных проблем. Действительно, ведь если этот парадокс не связан с ошибками в измерении лучевых скоростей или со случайной проекцией на поле скопления далеких галактик с большими лучевыми скоростями, то мы вынуждены допустить, что такие скопления и группы скоплений за времена $\sim 10^9$ лет должны распасться, либо в них находится большое количество «невидимой» материи, т. е. «скрытой массы». Предположению о развале скоплений противоречит факт нормального звездного состава его членов, который свидетельствует о их возрасте, заведомо большем $\sim 10^9$ лет. А вот вопрос о «скрытой массе» в последние годы усиленно дебатруется; был получен ряд косвенных соображений в пользу того, что эта масса может находиться или в протяженных коронах галактик, или в межгалактическом пространстве скоплений и групп галактик.

В 1974 г. группа эстонских астрономов под руководством Я. Э. Эйнасто, исследуя кинематику пар галактик с известными лучевыми скоростями, об-

наружила пропорциональность между наблюдаемыми размерами пар и отношением их вириальной массы к массе, определяемой по светимости членов. Такую зависимость можно понять, предположив существование очень протяженных (до 1 Мпс) и очень массивных (до $10^{13} M_{\odot}$) корон галактик¹. В этих массивных коронах отношение массы к светимости может достигать несколько сотен (в отличие от нормального отношения — несколько десятков для эллиптических галактик и нескольких единиц — для спиральных), и они почти не видны на обычных фотографиях. Однако на фотографиях, полученных с помощью больших телескопов и на специальных эмульсиях, такие протяженные слабосветящиеся области вокруг массивных галактик заметны. Их поверхностная яркость не превосходит нескольких процентов от яркости ночного неба и оценивается в 27 звездных величин на одну квадратную секунду.

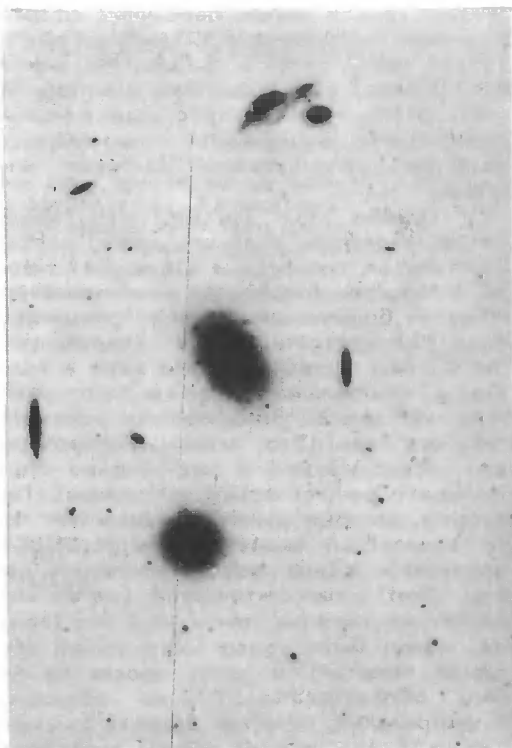
Несколько позже к такому же выводу пришли Дж. Острайкер и П. Пиблс, основываясь на анализе большого наблюдательного материала. Еще в 1973 г. эти авторы привели некоторые теоретические аргументы в пользу возможного существования массивных корон галактик. С помощью численных расчетов было показано, что без предположения о существовании массивной сферической компоненты не удастся добиться устойчивости и плоской компоненты, т. е. диска галактики, в котором за времена $\sim 10^8$ лет развивается неустойчивость, превращающая его в «огурец». Но ведь мы наблюдаем много плоских спиральных галактик, и значит, диски — это устойчивое образование. Вот отсюда и следовал вывод о возможном существовании массивных корон вокруг дисков.

Доклад Дж. Острайкера в ГАИШе был посвящен, по существу, дальнейшему развитию его взглядов на формирование галактик в связи с гипотезой о наличии массивной сферической компоненты у всех галактик, включая и спиральные плоские системы. Острайкер исходил из предположения, что эволюцию всех типов галактик определяет именно более массивная сферическая со-

¹Подробнее об этом см.: Эйнасто Я. Э., Чернин А. Д., Йыэвээр М. М. Скрытая масса в галактиках. — «Природа», 1975, № 5.

ставляющая, и значит, все галактики изначально были сфероидальными. А диск, где сосредоточены газ, пыль, яркие звезды и где продолжается активное звездообразование, — это маломассивная добавка, возникшая как продукт жизнедеятельности основного сфероидального компонента, поэтому он не оказывает обратного влияния на ход эволюции галактики. По мнению Острайкера, все основные эволюционные свойства галактик зависят лишь от одного параметра — массы ее сфероидальной составляющей (или, что то же самое, от ее полной светимости). Все остальное не существенно, в том числе и удельный момент вращения, который примерно одинаков для сферической компоненты как в E-, так и в S-галактиках.

Сценарий, который предлагает Острайкер для эволюции галактик, выглядит следующим образом. Из возмущений первичного газа достаточной плотности формируются сферические протогалактики, которые постепенно сжимаются. Когда плотности и температуры в сжимающихся под действием сил тяготения протогалактиках достигают критических значений, начинается бурное образование звезд, охватывающее всю протогалактику. Формирующиеся массивные (больше $10 M_{\odot}$), бедные металлами звезды первого поколения относительно быстро эволюционируют, взрываются как Сверхновые и сбрасывают свои газовые оболочки, теряя при этом большую часть массы. Причем теряемое вещество уже обогащено тяжелыми элементами за счет ядерного синтеза в недрах массивных звезд. Постепенно газовая компонента молодых сфероидальных галактик диссипирует, оседает и формирует диск, в котором возникают звезды последующих поколений. Так сфероидальные галактики превращаются в спиральные, в которых мы сейчас наблюдаем яркие молодые звезды диска и не видим или видим плохо старые, слабосветящиеся



Вверху — фото слабосветящихся протяженных (до мегаларсек) корон галактических пар: NGC 4438, NGC 4435 и NGC 4406, NGC 4374. Внизу — та же фотография после обработки на денситометре. Чередующиеся черные и белые кольца характеризуют области разной поверхностной яркости.

звезды гало и корон первичной сферической составляющей. Примером переходной фазы от E- к S-галактике могла бы служить радиогалактика Центавр А (NGC 5128), где наряду с еще мощной сферической компонентой уже имеется заметная газо-пылевая дисковая система.

Однако при рассмотрении такой схемы эволюции галактик сразу возникает вопрос, почему мы наблюдаем много E-галактик (особенно в центральных областях богатых скоплений), почему все они не превратились в спиральные? По мнению Острайкера, все дело в том, что в центральных областях скоплений галактик много относительно плотного горячего газа. (Это, кстати, подтверждается обнаружением в них мощных протяженных рентгеновских источников). Галактики, которые движутся через этот газ со скоростями около 1000 км/с, будут испытывать с его стороны мощный напор. Этот межгалактический ураган выметает из галактик почти весь газ (кроме, может быть, самых центральных областей галактик), и диску просто не из чего образовываться. Таким образом, в центральных областях богатых скоплений не будет плоских систем типа S-галактик, а возможны только массивные E-галактики. Этот вывод подтверждается наблюдениями. Правда, вне скоплений галактик встречаются E-галактики меньших масс. Но они, как правило, располагаются вблизи гигантских соседей. Не исключено, что за отбор газа из этих маломассивных систем ответственны приливные силы со стороны массивных галактик.

Схема, развиваемая Острайкером, пока всего лишь рабочая гипотеза, которой нельзя отказать в оригинальности. В ней много неясных мест, она требует дальнейшей разработки. Главным подтверждением этой гипотезы было бы надежное доказательство существования массивных корон вокруг большинства галактик. Однако как раз здесь пока еще много неясного. В частности, данные по построению кривых вращений ближайших галактик (особенно по нашей соседке Туманности Андромеды), полученные по оптическим линиям и линии нейтрального водорода 21 см на расстояниях > 20 кпс, не дают, по-видимому, оснований надеяться, что на периферии галактик вещества существенно больше, чем на расстояниях < 20 кпс.

Таким образом, короны вокруг галактик, может быть, и существуют, но

вряд ли они очень массивные. Это, правда, может не относиться к гигантским эллиптическим галактикам, формирующимся в центрах богатых скоплений. Вокруг них наблюдаются сильно протяженные и, по-видимому, очень массивные короны, вобравшие в себя вещество, выметенное из проходящих недалеко от центра менее массивных членов скопления. Примером может служить корона вокруг гигантской эллиптической галактики M87 в центре богатого скопления галактик в созвездии Девы.

Итак, мы коротко коснулись существующих в настоящее время подходов к проблеме возникновения галактик разных морфологических типов — эллиптических и плоских. Проблема эта насколько интересна и важна, настолько же сложна. Она тесно связана с одной из основных проблем современной астрофизики — образованием галактик. Такое разнообразие подходов к проблеме, очевидно, свидетельствует не о многообразии путей эволюции во Вселенной, а о скудости наших знаний об истинной роли тех или иных факторов в процессах формирования галактик из первичного газа. Астрофизика пока лишь нащупывает пути решения этой грандиозной задачи. И, как всегда в науке, единственным критерием правильности той или иной гипотезы будет служить совпадение ее выводов и предсказаний с наблюдениями, которые сейчас разворачиваются широким фронтом с привлечением самой современной техники.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Воронцов-Вельяминов Б. А. ВНЕГАЛАКТИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ. М., 1972.

Засов А. В. ГАЛАКТИКИ. М., 1976.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ГАЛАКТИК И ЗВЕЗД. М., 1976.

Gott R., Thuan T.— «Astrophysical Journal», 1976, v. 204, p. 649.

ЗООПАРКИ — НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Зоопарки и зоологические сады долгое время были лишь развлекательно-зрелищным предприятием. В ближайшем будущем зоопарки и зоологические сады должны стать центрами сохранения и восстановления редких и исчезающих видов. В этом номере журнала читатель познакомится с задачами, стоящими перед зоопарками, зоологическими садами и питомниками в деле охраны животных, с опытом организации зоопарков в ГДР и ПНР.

Зоопарки, зоологические сады, питомники и их значение в охране животных

А. Г. Банников



Андрей Григорьевич Банников, профессор, доктор, биологических наук, заведующий кафедрой зоологии Московской ветеринарной академии им. К. И. Скрябина. Вице-президент Международного союза охраны природы и природных ресурсов. Автор ряда монографий, учебников, научно-популярных книг и статей в области териологии, герпетологии, зоогеографии, охраны природы. Член редколлегии журнала «Природа».

Мысль о том, что зоопарки и зоологические сады могут быть важными центрами сохранения, восстановления и изучения редких и исчезающих животных, отчетливо проявилась уже в конце XIX в. В этом отношении многое было сделано русскими учеными и общественными деятелями по охране природы. Так, профессор А. П. Богданов, инициатор организации в 1864 г. первого зоо-

логического сада России — Московского, писал, что задачи зоологических садов есть просвещение народа, изучение и сохранение животных, становящихся редкими. Идея восстановления исчезающих видов лежала в основе организации Ф. Фальц-Фейном в 1889 г. зоопарка при заповеднике Аскания-Нова. Созданные в конце прошлого века К. Гагенбеком

зоопарки в Западной Европе в значительной мере преследовали и эти цели.

Постепенно представление о зоопарках как развлекательных, зрелищных предприятиях, какими были зверинцы, сменилось современным взглядом на зоологические сады и зоопарки как на научно-просветительные учреждения, основные задачи которых: сохранение и восстановление редких и исчезающих видов, изучение экологии, этологии и болезней диких животных, пропаганда биологических и природоохранных знаний.

Зоопарки в решении этих задач достигли больших успехов. Так, изучение особенностей биологии питания и размножения позволило добиться разведения в неволе многих животных. Например, благодаря исследованиям, проведенным в Московском зоопарке, впервые удалось получить потомство от соболя в неволе.

После второй мировой войны, когда резко возросла тяга людей к живой природе, зоопарки стали необычайно популярны. Число их в мире с 1946 по 1972 г. возросло в три раза, а ежегодное число посетителей достигло многих сотен миллионов.

Трудности пополнения зоопарков животными, особенно редкими, при все возрастающих ценах на них и популярность идей охраны животных явились важными стимулами усиления работы зоопарков по разведению животных в неволе. Зоопарки довольно скоро достигли больших успехов в разведении многих видов диких копытных, приматов, хищников, куриных и водоплавающих птиц. Так, большинство видов оленей, обезьян, а также львов сегодня уже не отлавливают для зоопарков в природе; зоопарки сами вполне обеспечивают себя этими животными.

Однако успехи зоопарков по воспроизводству редких животных не очень велики. В 1962 г. Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) провел первый учет редких животных в зоопарках. Оказалось, что из 291 вида и подвида млекопитающих, включенных в «Красную Книгу» МСОП, в зоопарках содержится 162, но размножаются из них только 73 вида. Учеты, проведенные в последующие годы, существенно не изменили картины.

Такое положение с редкими видами

понятно. К среднему зоопарку трудно предъявлять большие требования в этом отношении. Люди приходят в зоопарк для знакомства и общения с животными и хотят видеть слонов, львов, разнообразных и интересных оленей, обезьян, попугаев и т. д. Зрителю все равно, редкий это вид (а тем более подвид) или вполне обычный. Поэтому рядовые зоопарки и не заняты специально воспроизводством редких видов. Система зоопарков в целом стремится лишь обеспечить себя за счет воспроизводства основными экспонатами. Каждый зоопарк, в зависимости от условий (климатических, помещений и др.), обычно специализируется на воспроизводстве каких-то определенных видов или групп животных, в том числе и редких, с последующим обменом этими животными с другими зоопарками на экспонаты, в которых он нуждается.

Специальная задача спасения редких видов путем воспроизводства их в неволе с целью дальнейшей реинтродукции в природу лежит на особых зоопарках: питомниках и так называемых «зоологических банках». Вместе с большими зоопарками, где хорошо поставлена такая работа (например, Пражский, Базельский и др.), они успешно выполняют эту важную природоохранительную функцию.

Для оленя Давида, гавайской казарки, белого орикса и лошади Пржевальского зоопарки стали центрами выживания. Зоопарки и питомники стали спасительными убежищами и для зубра, особого подвида пятнистого оленя с о-ва Тайвань, антилопы аддакс, ряда видов птиц. Семь видов млекопитающих сегодня существуют только в неволе.

Заслуженной популярностью пользуется специализированный по водоплавающим птицам зоопарк-питомник в Слимбридже (Англия), где под руководством известного ученого и деятеля по охране природы П. Скотта успешно разводятся не только гавайские казарки, но и десятки видов редких уток, гусей, лебедей. Джерсийский парк (Англия), руководимый Дж. Дарреллом, занят воспроизводством особенно трудно разводимых в неволе животных. Лозунг Джерсийского зоопарка — «в первую очередь все для редких животных, а потом уже для зрителя». Больших успехов достиг так называемый «Трест фазанов» Уайтчингема в Норфолке (Англия), организо-

ванный в 1959 г., где удалось добиться воспроизводства 16 редких видов фазанов, часть которых, вероятно, уже вымерла в природе. В Патукентском центре (США) с успехом воспроизводятся журавли, в том числе редчайший белый американский журавль. Здесь от четырех пар почти исчезнувшего подвала масковой виргинской куропапки удалось получить вполне жизнеспособную популяцию, которая вновь выпущена в природу. В ряде зоопарков Австралии с успехом воспроизводятся очень редкие виды животных этого континента и т. д.

Вместе с тем, при разведении в неволе при малом числе исходных особей, а следовательно, неизбежном близкородственном скрещивании, а также при содержании животных в мало подходящих условиях происходит в ряде случаев разрушение генетической структуры вида. Так, отмечено заметное нарушение генетической структуры (генотипа) и внешнего облика (фенотипа) у давно разводимых в неволе оленей Давида, лошади Пржевальского и ряда других животных. Известно, что хищники (лев, гепард), родившиеся и воспитанные в неволе, уже через одно-два поколения оказываются совершенно неспособными добывать себе корм в природе. Однако это относится не ко всем видам животных. Например, зубры, страусы и многие другие животные, выпущенные в природу после разведения нескольких поколений их в неволе, создали вполне жизнеспособные популяции, нормально живут и размножаются в дикой природе.

Если обычные зоопарки, зоологические сады и тем более питомники имеют несомненные успехи в деле охраны природы, то этого никак нельзя сказать о домашних «зоопарках». Массовое увлечение содержанием животных в домашних условиях создало реальную опасность истребления большого числа видов. Большинство любителей не умеют содержать животных, не имеют для этого условий и тем более возможностей для воспроизводства животных. Однако спрос на животных очень велик, и это породило широкую торговлю живыми животными, которых вылавливают в природе. О масштабах торговли свидетельствует тот факт, что в США в 1971 г. доход от торговли животными составил 28 млн долл. За этот год, по данным

Службы дичи и рыбы, в США было завезено 89 тыс. зверей, в том числе 2,4 тыс. обезьян, 770 тыс. птиц, 573 тыс. амфибий, 2 млн рептилий и 98 млн рыб. Не меньшее количество было завезено и продано в странах Западной Европы. Если учесть количество животных, погибающих при отлове, транспортировке, при содержании в магазинах и т. д., становятся очевидными огромные размеры изъятия диких животных из природы для развлечения. Казалось бы, невинное и милое занятие в действительности приняло угрожающую форму.

В связи с этим, по инициативе Международного союза охраны природы 83 страны, в том числе СССР, в 1973 г. подписали Международную конвенцию по ограничению торговли редкими видами.

Конвенция определяет правила торговли и виды животных и растений двух категорий, международная торговля которыми регламентируется. Ограничения эти касаются животных, пойманных в природе, и не распространяются на родившихся в неволе.

В список видов первой категории вошло 372 вида и подвида животных и 46 видов (родов) растений из числа включенных в «Красную Книгу», например, сумчатый волк, некоторые виды кенгуру, многие виды лемурув, гиббоны, орангутан, гориллы, медведь-пищуход, гигантская выдра, дымчатый барс, снежный барс, ягуар, большинство подвидов тигра, гепард, лошадь Пржевальского, горная зебра, два подвида кулана, все носороги (кроме черного), дикий верблюд, викунья, горный тапир, бабируса, карликовый кабан, горал, такие олени, как барасинга, олень-лира, хангул, пуду, индийский слон и др. В этот список вошли многие антилопы, например, белый орикс, черная антилопа, лича, монгольская сайга, а также другие полорогие: аное, гаур, дикий як, лесной бизон, купрей, винторогий козел, некоторые подвиды горных баранов и т. д. Из птиц в этот список попали: тинаму, пестроклювая поганка, белоспинный альбатрос, дальневосточный белый аист, гигантский и красноногий ибисы, лебедь-трубач, гавайская казарка, хохлатая пеганка, кондор, сокол-сапсан, гарпия, многие виды фазанов, тибетский и каспийский улары, луговой тетерев, японский, даурский, канадский журавли, ряд видов гавайских цветочниц и др. Из земноводных и

пресмыкающихся в этот список включены гигантские саламандры, большинство видов крокодилов и морских черепах, многие виды варанов, в том числе обитающий в нашей стране серый варан, новозеландская гаттерия, некоторые виды удавов. Кроме того, занесены в первую категорию некоторые виды редких рыб и моллюсков. (Из растений в конвенцию включены такие, как вельвичия, подокарпусы, многие орхидеи и т. д.)

Торговля животными и растениями, включенными в список первой категории, разрешается только в исключительных случаях для научных целей по согласованию со специальными научными организациями.

В список второй категории включено 235 видов животных и 26 видов (и родов) растений, торговля которыми должна быть строго регламентирована и экспорт-импорт которых требует заключения специальных научных экспертов. В этот список вошли такие виды: черный носорог, шимпанзе, белый медведь, уссурийский тигр, многие виды мелких кошек, красные вол-

ки, азиатский лев, большой муравьед, трехпалый ленивец, не вошедшие в первый список подвиды кулана, бухарский олень, многие антилопы, каракал, тундровый лебедь, краснозобая казарка, черный аист, дрофа, многие виды фламинго, беркут, многие попугаи, те виды крокодилов, которые не вошли в первый список, ряд видов черепах, галапагосские игуаны, некоторые удавы, латимерия, некоторые виды осетровых и двоякодышащих рыб, ряд видов моллюсков, бабочка-аполлон, некоторые виды орхидей, цикламенов, кактусов и др.

Конвенция предусматривает также составление списка животных и растений третьей категории, включающего виды, охрана которых определяется национальными интересами государства и регламентируется законами этой страны.

Нет сомнения, что эта важная конвенция сыграет большую роль в охране редких животных и растений во всем мире и явится важным стимулом усиления деятельности зоопарков по разведению редких животных.

Зоологические сады в ГДР и их задачи

Г. Дате



Гейнрих Дате, профессор, доктор естественных, медицинских и ветеринарных наук, директор Берлинского зоопарка. Лауреат государственной премии ГДР, член Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина».

В ГДР зоологическим садам уделяется большое внимание. С каждым годом их посещает все больше людей. Они стали поистине массовым средством культурно-просветительной работы, подлинными учебными заведениями по биологии для всех возрастных групп и в то же время — это место отдыха населения.

После войны зоологические сады ГДР, наперекор предположениям многих специалистов, стали быстро развиваться. Были расширены и модернизированы старые парки в ГДР, а также созданы новые.

В 1945 г. на территории ГДР существовало три зоологических сада: в Дрездене, Лейпциге и Галле. В последующие годы были созданы зоологические сады в Магдебурге, Берлине, Ростоке, Котбусе, Эрфурте и Шверине. Они являются детищами социалистической Германии. В «Законе о единой социалистической системе образования» (1965 г.) высоко оценена роль зоологических садов как одной из важнейших форм воспитательной работы.

Новые зоологические сады, по сравнению с зоологическими садами прошлого, должны были решать и более ответственные и важные задачи.

Прежде всего зоологический сад, независимо от своей величины и специализации, должен быть просветительным

учреждением, способствовать распространению научных достижений в области естествознания среди разных возрастных групп. Статьи в научно-популярных журналах и в газетах, передачи по радио и телевидению, как, например, «Подслушано в зоологическом парке» и «Телевстреча в зоологическом парке» — развивают интерес к жизни животных и распространяют целенаправленно и непринужденно самые современные естественнонаучные знания. Большая переписка (около 17 тыс. писем в год в адрес Берлинского зоопарка), консультации по телефону о сделанных в природе наблюдениях, о важных с точки зрения биологии фактах — все это свидетельствует о том, что современный зоопарк стал самым большим справочным бюро по вопросам естествознания. Одновременно с показом животных организуются лекции и беседы на темы, представляющие наибольший научный интерес. Лекции и беседы ежегодно охватывают десятки тысяч людей. Углублению знаний, полученных во время посещения зоологического сада, способствуют путеводители, которые часто носят характер небольших учебников по зоологии, а также разные массовые книжные издания.

Во всех зоологических садах ГДР по примеру Москвы, Гаваны и Варшавы созда-



План Берлинского зоологического сада — одного из крупнейших зоопарков мира (площадь 160 га). В доме, носящем имя известного немецкого зоолога XIX в. Альфреда Брема, в просторных клетках содержатся некоторые виды млекопитающих (например, обезьяны, львы), есть птичий зал, в котором широко представлена орнитофауна мира.



РЕДКИЕ ВИДЫ ЖИВОТНЫХ
БЕРЛИНСКОГО ЗООЛОГИ-
ЧЕСКОГО САДА

Фото В. П. Дацкевича.



Китоглав.

Венценосный голубь.





Бенгальский тигр.



Гривистый волк.



Территория для свободного обитания индийских антилоп нальгау и других животных Индии.

Фото Г. Будиха.

Свободно пасущиеся бизоны.

Фото Г. Будиха.

ны методические отделы, задача которых — использование всех имеющихся в зоологических садах возможностей для проведения успешных занятий со школьниками. Эти занятия проводятся непосредственно в зоологическом саду, или же педагоги зоологического сада, взяв с собой животных, идут в школьные классы. Педагоги зоологических садов обслуживают детей в больницах, проводят беседы на зоологические темы, а также организуют



экскурсии для слепых и глухих школьников. За последние 10 лет наряду со всеми этими работами возникла еще одна новая, не менее важная — создание и руководство молодежными кружками, в которых молодежь в возрасте от 14 до 20 лет занимается в рабочих группах по орнитологии, териологии, энтомологии, аквариумному и террариумному делам, фотографией животных. Лекции, фильмы, экскурсии дают молодым людям глубокие знания по зоо-

логии, так что многие из участников кружков способны самостоятельно написать небольшие научные работы. Немало юношей и девушек благодаря занятиям в этих кружках нашли свой путь к будущей профессии.

Не менее важную роль играют зоологические сады в развитии зоологии. Большая часть наших знаний о биологии, образе жизни и поведении животных приобреталась и приобретается еще до сегод-



При зоосаде имеется успешно работающая ветеринарная клиника. Подготовка к оперированию тигра.

Фото Г. Будиха.

В 1958 г. Академией наук ГДР была основана научно-исследовательская станция, где ведутся исследования на животных по анатомии, патологии, экологии и паразитологии.

Фото В. Энгеля.

няшнего времени в зоологических садах. Кто бы мог, например, установить в малайских джунглях продолжительность беременности малайского медведя или изучить в полярной ледяной пустыне особенности выращивания детенышей белого медведя? В зоологическом же саду, где большинство животных привыкло к людям, гораздо проще наблюдать за жизнью и поведением животных. Ни в каком другом месте нельзя так хорошо изучить и исследовать



довать, например, поведение животных во время размножения или в период роста. Современный зоологический сад дает возможность сравнивать поведение отдельных особей одного вида и более или менее родственных видов животных.

Для специалистов уже давно ясно, что для спасения видов животных, находящихся под угрозой вымирания, необходимо координировать выводы, сделанные в зоологических садах, с результатами

наблюдений в природе. Поэтому каждый биолог, работающий в зоологическом саду, должен заниматься научной деятельностью. Достаточно напомнить, что один из выдающихся зоопсихологов профессор Г. Хедигер большинство своих научных выводов построил на основе наблюдений за животными в зоологическом саду.

Зоологический сад для многих отраслей зоологии является сокровищницей знаний. Поэтому большим одобрением бы-



ло встречено решение Академии наук ГДР создать в 1958 г. на территории Берлинского зоопарка зоологическую научно-исследовательскую станцию, которая в 1973 г. стала центром научных исследований позвоночных животных. В настоящее время ведутся постоянные работы в морфолого-анатомическом, экологическом, этологическом, паразитологическом и ветеринарном направлениях. В ближайшем будущем предполагается начать иссле-

дования по систематике и генетике животных. Такие научно-исследовательские учреждения способны также выработать ценные рекомендации по охране окружающей среды большого города. Само собой разумеется, что весь фонд животных зоологических садов должен быть предоставлен в распоряжение исследователей для их научных экспериментов.

Многосторонняя научная деятельность в зоологических садах обусловлива-



ет задачу охраны животных в самом широком смысле этого слова — дело, которому современный зоологический сад должен служить при всех обстоятельствах. Большая часть ежедневной работы уже является активной защитой животных. Это направление деятельности зоологических садов будет в дальнейшем расширяться. Изо дня в день все меньше остается мест в природе для обитания диких животных, площадь их все больше сокращается. Уже сейчас,



Розовый пеликан кормит птенца. Берлинский зоологический сад — единственный в мире, где пеликаны регулярно размножаются в неволе. Фото В. Энгеля.

Колония фламинго. В зоосаде фламинго ежегодно гнездятся, выводят и воспитывают птенцов.

Фото Г. Будиха.

например, в зоологическом саду Праги живет больше лошадей Пржевальского, чем в природе. Олень Давида без зоологических садов уже давно бы вымер. Все больше и больше видов крупных животных находит свое надежное убежище в зоологических садах. Зубр сохранился лишь благодаря согласованным мероприятиям ряда зоологических садов, так что в Советском Союзе и в Польше стало возможным вернуть зубра на свободу, в природ-



Находящаяся под угрозой вымирания, дрофа искусственно разводится в Берлинском зоологическом саду.

Фото Г. Будиха.

ные условия. Зубра можно считать спасенным. То же самое можно сказать о лебедетрубаче.

За последние 30 лет наши знания в области зоопсихологии, экологии, питания животных, ветеринарии очень возросли. В связи с этим все более успешным становится воспроизводство редких видов животных. В зоологических садах ведутся племенные книги по разведению и выращиванию зубра, оленя Давида, окапи, но-



сорога, карликового бегемота, дикого осла и кулана, тигра, гориллы, орангутана и многих других животных. Для решения этой столь важной задачи необходимо прежде всего иметь в распоряжении зоологического сада достаточную территорию.

И, наконец, последняя задача современных зоологических садов — быть доступным и удобным местом отдыха и времяпрепровождения широких кругов насе-

ления. Зоологические сады — незаменимое место отдыха для тех граждан, которые по каким-либо причинам вынуждены отдыхать в городе. Причем если даже ежедневно ходить в зоологический сад, то тебя каждый раз ожидает новая «программа» и ты, наряду с отдыхом, незаметно для себя приобретаешь новые знания. В этом отношении зоологические сады являются поистине наиболее популярными, современными центрами культуры (зоопарк Берлина, например, посещает ежегодно около 2,6 млн человек!). Зоологические сады в ГДР намного популярнее стадионов, что постоянно подтверждают проводимые в различных городах страны тесты. Градостроители нашего времени, тонко понимающие запросы людей, наряду с концертными залами, театрами и стадионами, музеями и кинотеатрами планируют также и места для зоологического сада.

50 лет тому назад никто бы не решил даже подумать о таком все возрастающем значении зоологических садов. Они процветают, и число их увеличивается на всех континентах, но наибольшего расцвета они, безусловно, достигли в социалистических странах как фактор социалистической системы образования с широчайшим радиусом деятельности и большой силой воздействия на трудящихся.

Опыт польских зоопарков

Б. Д. Васильев



Борис Дмитриевич Васильев, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии позвоночных Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Работает в области биоакустики, систематики и экологии пресмыкающихся и земноводных. В 1975 г. посетил польские зоопарки с целью ознакомления с направлениями научных исследований и содержанием в зоопарках пресмыкающихся и земноводных.

В Польше накоплен богатый и достойный изучения опыт организации зоологических парков. Хорошо известный Варшавский зоопарк основан в 1928, однако он в войну был почти полностью разрушен. Современная территория зоопарка (42 га) располагается на правом, пражском, берегу Вислы, почти напротив Старого Города.

Прямо от входа в зоопарк ведет широкая, ровная, затененная высокими деревьями, центральная аллея, по краям которой располагаются достаточно просторные загоны для зубров, антилоп, бассейны для пингвинов и тюленей и окруженные рвом бетонные «скалы» с белыми медведями — все это производит очень приятное впечатление. Здесь же по заросшему молодой травкой загончику пробегает группа крупных патагонских зайцев. Загоны чисто убраны, опрятны, бассейны красиво декорированы островками. В некоторых загонах удаленная от зрителя и центральная части территории приподняты в виде невысоких пологих холмиков, а ближайший к зрителю край плавно опускается метра на два под нависающую козырьком бетонированную стенку, образующую непреодолимое препятствие для животных. Поэтому со стороны центральной аллеи эти загоны отгорожены от

посетителей лишь невысоким бортиком, совершенно не мешающим разглядыванию зверей. Этот же прием ограждения применен и для площадки с тиграми, и в обезьяннике. В ряде случаев вообще бывает трудно понять, что мешает животным покинуть занятую ими территорию. Площадка, по которой бродит крупный тигр, окружена лишь глубоким и оттого кажущимся очень узким рвом, внешний край которого располагается чуть-чуть выше внутреннего. Поэтому даже с близкого расстояния рва не видно и издали кажется, будто тигр разгуливает прямо по газону.

В некоторых загонах обращает на себя внимание совместное содержание небольших групп совершенно разных животных, принадлежащих, однако, к одному фаунистическому комплексу. Так, в одном обширном загоне содержатся вместе жирафы, африканские страусы и некоторые виды африканских журавлей. Надо сказать, что групповое, и в том числе комплексное, содержание животных — вообще распространенный принцип в польских зоопарках. Считается, что при стадном содержании животные бывают более уравновешенными, лучше питаются, меньше болеют, чаще дают потомство. Последнее обстоятельство особенно важно, поскольку

позволяет без лишних расходов обновлять экспозицию и даже накапливать некий обменный фонд, что играет отнюдь не последнюю роль в решении сложных хозяйственных проблем зоопарка. Кроме того, и сама экспозиция групп животных, представленных и самцами, и самками, и молодняком, выглядит более живописной и оживленной.

Просторное расположение вольер и бассейнов, облегченный, благодаря особому устройству ограждений, осмотр животных и, наконец, богатое озеленение делают Варшавский зоопарк одним из наиболее популярных мест отдыха горожан.

Старый Познанский зоопарк относится к числу старейших зоопарков на территории Прльши, и в его истории и нынешней структуре есть ряд весьма интересных и достойных внимания черт, характерных для принятой в Польше методологии зоопаркового дела.

Старый Познанский зоопарк возник в 1871 г. и первоначально представлял собой небольшую группу случайно собранных обычных животных, размещенных в небольших вольерах в саду вокруг железнодорожного вокзала. Однако с первых же лет, наряду с пополнением коллекции животных и совершенствованием их экспозиции, было обращено особое внимание на ландшафтное оформление зоопарка. Украшением его был высокий альпинарий с эффектным водопадом, окруженным могучими деревьями. Несмотря на небольшую площадь (5,24 га), к началу XX в. зоопарк был настолько популярным местом отдыха, что большинство горожан пользовалось специальными сезонными билетами для его посещения. Примерно в этот период при пополнении фондов зоопарка новыми видами животных наметилась и тенденция к включению в их число редких или вымирающих видов. Среди питомцев Познанского зоопарка тех лет были, например, каролинский попугай и зебра бурчелла, которые к 20-м годам нашего столетия исчезли с лица Земли. В коллекции птиц наряду с целым рядом интереснейших представителей числились и такие редкие птицы, как южноафриканский подвид страуса, два вида тинаму и белый журавль (стерх).

С 1921 г. Познанский зоопарк был значительно модернизирован, но в годы второй мировой войны он был практически уничтожен, и с 1947 г. все пришлось начинать сначала.

С первых же дней восстановительных работ в Познанском зоопарке главными в его работе стали тенденции накопления

крупных групп животных при максимальном улучшении условий их содержания. Были построены обширные загоны для совместного содержания и так называемого панорамного показа ряда представителей животного мира сухих степей и саванн Африки. В 60-х годах в зоопарке открылись аквариум, террариумы и инсектарий. Позже к экспозиции зоопарка были подключены богатые коллекции чучел птиц и млекопитающих расположенного по соседству Естественно-исторического музея Польской академии наук. Зоопарк стал оживленным центром учебной, исследовательской и пропагандистской работы. Таким он и предстает перед сегодняшним посетителем. Однако вскоре стало очевидным, что территория зоопарка (5,6 га) слишком мала для решения задачи содержания животных в условиях, близких к естественным. Встал вопрос о создании нового зоопарка.

Выбор территории для нового зоопарка и ряд проектов его строительства были завершены в 1963 г. В разработке проекта участвовали все ведущие архитекторы, зоологи, ветеринары, проектировщики, экономисты и дизайнеры города.

Новая территория, по площади превосходящая прежнюю более чем в 20 раз (113 га против 5,6), располагается у восточной окраины города в живописной местности, называемой Бяла Гура. При выборе этого района учитывали прежде всего его исключительную живописность, подчеркнутую пересеченным рельефом, сохранением здесь значительных массивов соснового и смешанного леса, через которые проходит вытянутая цепь озер, начинающаяся почти от самого центра города.

Поездка в новый зоопарк — это целое маленькое путешествие. К главному входу зоопарка можно приплыть по озерам на пароходе, воспользоваться специальным автобусом или, наконец, прибыть сюда в уютных вагончиках детской железной дороги. Еще задолго до того, как покажется парадный вход в новый зоопарк, шоссе окружает довольно густой высокоствольный лес, не прерывающийся и за высокой ажурной оградой парка.

Сразу же за главными воротами располагается просторная бетонированная площадка, на которой поджидают посетителей миниатюрные четырехместные открытые электромобили, а в глубь парка уходит асфальтированная дорога, плавно огибающая огромные, покрытые все таким же высоким лесом, загоны для оленей, зубров, лосей и кабанов. От зрителей





План нового Познанского зоопарка [113 га]; штриховой линией выделена территория, открытая для посещения в 1974 г.

1 — домашние животные; 2 — животные лесов умеренной зоны; павильоны (строятся): 3 — джунглей, 4 — учебно-справочный, 5 — зоорама; экспозиции (проекты): 6 — степи и саванны, 7 — прерии, 8 — зоны высокогорья, 9 — пустыни, 10 — полярная зона.



загоны отделены только рвами и низкими парапетами, так что даже с невысокого, бесшумно движущегося электромобиля можно хорошо наблюдать небольшие группы животных, мирно пасущихся среди высоких стволов или стремительно перемещающихся по загонам.

Время от времени среди деревьев вдоль дороги вытягиваются ряды высоких сеточных вольер с разнообразными лаящими животными (еноты, панды, куницы,

виверры и т. п.) или строящиеся павильоны для теплолюбивых животных, в том числе и для насекомых. Это густо облесенная часть маршрута посвящена панорамному показу главным образом обитателей лесов умеренной, субтропической и тропической зон. Но вот дорога плавным серпантинном ныряет вниз между невысокими холмами и вскоре уже тянется вдоль берега нескольких продолговатых озер, по которым снуют многочисленные водоплаваю-



щие птицы. Иногда с одного озера на другое перелетает большая стая лебедей. Пока экспозиция этой и обширной территории по ту сторону озер еще не подготовлена, но и здесь скоро будут оформлены для панорамного показа зоны тундры и тайги, пустынь и сухих степей, саванн и прерий.

Панорамный принцип оформления экспозиции, безусловно, имеет ряд ценных преимуществ: он позволяет не только по-

В новом Познанском зоопарке особенный интерес представляют обширные загоны для совместного содержания и панорамного показа животного мира сухих степей и саванн Африки.

знакомить посетителей с особенностями географических зон Земли и некоторыми элементами зоогеографии, но и выигрышно, наглядно показать животных, и не в одиночку, а сразу группами, в комбинации представителей разного возраста и пола. Однако у этого принципа есть и один существенный недостаток: маршрут осмотра очень длинен и, например, для пеших учебных экскурсий, сопровождающихся не только пояснениями, но и вни-



В условиях, близких к естественным, содержатся горные бараны.

мательным разглядыванием животных, задача осмотра всего зоопарка становится просто непосильной.

Очевидно, наряду с ландшафтно-панорамной экспозицией следует создать и какой-то иной тип демонстраций. В Познанском новом зоопарке учтены и эти требования. Свообразным экспозиционным и дидактическим центром зоопарка станет так называемая зоорама. Она будет создана на базе старинной прусской военной крепости, расположенной в центре лесной части зоопарка. Это огромное трапециевидное в плане двухэтажное сооружение занимает площадь около 7 га, причем большая его часть укрыта в обширном котловане, так что издали здание почти не видно, и оно не закрывает собой окружающего ландшафта.

Началом экспозиции станет зал простейших, где одноклеточные организмы будут демонстрироваться в виде моделей, а также проецироваться на экран с микроскопов. Здесь же специальная диаграмма познакомит посетителей с основными положениями современных представлений о происхождении жизни на Земле.

В следующем зале будет помещена экспозиция разнообразных беспозвоночных животных, размещенных в аквариумах и террариумах разных размеров и форм.

Специальные макеты обратят внимание посетителей на важнейший этап в эволюционном развитии животных — возникновение типа хордовых. Богатая коллекция самых многочисленных представителей этого типа (рыб) разместится в десятках аквариумов, иллюстрирующих все возможное разнообразие водных биотипов — морских и пресных, теплых и холодных, проточных и заболоченных и т. д. В каждом из вариантов аквариумы будут украшены соответствующим набором растений.

В одном из отделов зоорамы расположатся аквариумы и террариумы с земноводными и пресмыкающимися. Многочисленные макеты и схемы расскажут о переходном этапе в освоении суши позвоночными животными, а также отразят разнообразие вымерших мезозойских рептилий.

Макет первоптицы откроет обшир-

ную экспозицию птиц. Главная особенность представителей этого класса — способность к полету — будет наглядно продемонстрирована в специальном зале свободного полета. Здесь среди роскошных тропических растений прямо над головами посетителей будут пролетать стайки красиво окрашенных экзотических птиц. Другим аспектом этого раздела зоорамы послужит демонстрация птичьих сообществ по различным климатическим зонам: В отдельном, постоянно холодном зале будет создана колония пингвинов.

Самый крупный раздел зоорамы будет посвящен млекопитающим. В обширных бассейнах разместятся ластоногие. Большое панорамное окно позволит наблюдать из помещения за копытными. Будет устроен специальный зал с «перевернутым» суточным световым ритмом, что даст возможность познакомиться с рядом животных с ночной активностью. Венчать экспозицию млекопитающих будут залы, посвященные высшим представителям класса — крупным хищникам и приматам.

Последний раздел зоорамы познакомит экскурсантов с основными этапами антропогенеза и воздействием человека на природу, а также с основными проблемами охраны окружающей среды.

Таким образом, насыщенность зоорамы зрелищными и дидактическими элементами, сочетание экспозиционных залов с кинолекториями и многочисленными стендами, макетами и схемами, несомненно, будет способствовать превращению зоорамы в мощное средство просветительной и пропагандистской работы. С другой стороны, обширная территория зоопарка, его ландшафтные достоинства, рациональное размещение панорамных экспозиций наряду с использованием широкой сети пунктов и учреждений, рассчитанных на отдых и развлечение посетителей, безусловно, завоюют новому зоопарку авторитет и любовь горожан и гостей Познани.

Хорошо оборудованный современный Познанский зоопарк, располагающий богатой экспозицией животных и эффективной системой дидактического воспитания, в большой мере помогает решению важной задачи — распространению знаний о животных, привитию любви к ним, неизбежно рождает в самых широких массах чувство бережного отношения к наиболее дорогому сокровищу нашей планеты — живой природе.

В ооцитах лягушки транслируется любая информационная РНК

В. Р. Шатилев

Кандидат биологических наук
Институт биохимии
им. А. Н. Баха АН СССР
Москва

Проблема дифференцировки клеток — одна из интереснейших проблем современной биологии. Какие механизмы управляют этим процессом? Как из одной оплодотворенной яйцеклетки развивается целый живой высокоорганизованный организм со всеми присущими ему функциями, которые выполняют строго специализированные клетки, объединенные в ткани и органы? Что включает и выключает в процессе дифференцировки клеток при развитии плода реализацию генетической информации, заложенной в ядерной ДНК? Где, на каком уровне осуществляется регуляция? Почему в специализированных, уже дифференцированных, клетках, содержащих полную генетическую информацию для развития целого организма (подобно половым клеткам), эта информация никогда не реализуется и клетки выполняют только ту функцию, которая им предначертана?

Бурное развитие за последние два десятилетия молекулярной биологии, в частности биологической химии, позволило приблизиться к решению этих вопросов. Кратко эти эксперименты можно характеризовать как микрохирургические операции над одной клеткой. С помощью микрошприца, например, в неоплодотворенную незрелую яйцеклетку (ооцит) вводят те или другие молекулы или комплексы

(предварительно выделенные в чистом виде из других клеток) и прослеживают их судьбу в ооците, а также и дальше в процессе дифференцировки и развития после оплодотворения яйцеклетки.

Очень удобными для микрохирургических операций оказались крупные ооциты (~1 мм в диаметре) африканской лягушки *Xenopus laevis*. Именно этим объектом воспользовались английские ученые из отдела зоологии Оксфордского университета под руководством Дж. Гердона¹. Был поставлен вопрос — что случится, если в ооцит лягушки ввести чужеродную информационную (матричную) рибонуклеиновую кислоту — иРНК, которая синтезируется в ядре на отдельных участках молекулы ДНК. Причем генетическая информация, закодированная в этих участках, передается точно на молекулу иРНК, которая несет эту информацию из ядра в цитоплазму. Информация с иРНК «прочитывается» в процессе трансляции в цитоплазме аппаратом, синтезирующим белок, и в результате трансляции синтезируется индивидуальный белок, запрограммированный в данной иРНК.

Будет ли аппарат, синтезирующий белок ооцита, транслировать чужеродную иРНК или же он узнает только иРНК ооцита? В ооциты впрыснули иРНК, выделенную из ретикулоцитов (несозревшие эритроциты) кролика и кодирующую глобин (белок гемоглобина). Как только ооциты получили эту иРНК,

они начали синтезировать глобин кролика. Ввели иРНК, кодирующую глобин утки и мышцы, и иРНК из хрусталика глаза быка, кодирующую кристаллин — белок хрусталика глаза, и ооциты опять синтезировали соответствующий глобин и кристаллин. Затем впрыснули иРНК из ядовитой железы пчелы, кодирующую промелиттин — неактивный пчелиный яд. Ооциты с готовностью приняли эту иРНК и синтезировали промелиттин.

В ооцитах также прекрасно транслировались иРНК из печени самой лягушки, кодирующая альбумин и огромный белок яичного желтка — вителлогенин, и иРНК, кодирующая глобин лягушки.

В настоящее время опробовано довольно большое количество иРНК из эукариотов (организмы, в клетках которых имеется развитое ядро), и в большинстве случаев ооциты транслировали эти иРНК и синтезировали соответствующие белки.

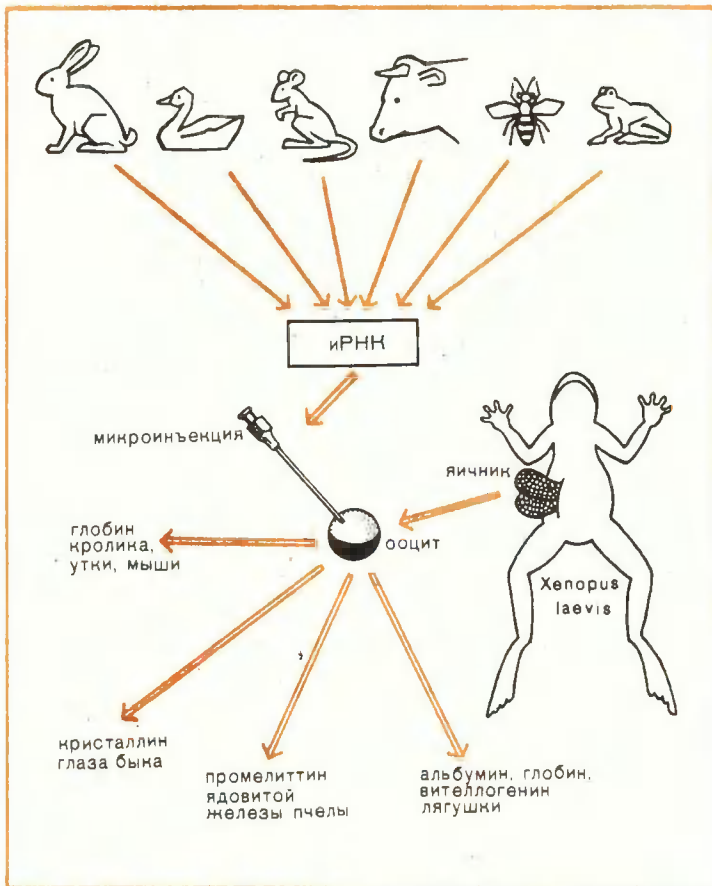
Таким образом, в недифференцированных ооцитах лягушки ничто не препятствует трансляции большинства испытанных иРНК, в них на уровне трансляции, по-видимому, отсутствует какая-либо специфичность по отношению к любым иРНК из эукариотов. Это значит, что коль свободная иРНК попадает в цитоплазму ооцита, она начинает транслироваться и происходит синтез закодированного в этой иРНК белка. Что еще более поразительно, это оказалось справедливо не только для ооцитов, но и для дифференцированных клеток. Так, при впрыскивании в оплодотворенные яйца лягушки иРНК, кодирующей глобин кролика или утки, эти иРНК транслировались на любой стадии последующего развития. По-видимому, любая ткань головастика, в том числе и мышечная, синтезировала глобин кролика или утки. Это

¹ Lane C. D., Margbaix G., Gurdon J. B., — «J. Mol. Biol.», 1971, v. 61, № 1, p. 73—91; Gurdon J. B., — «Nature», 1974, v. 248, № 545, p. 772—776; Lane C. D., Knowland J., — «Biochem. Anim. Develop.», 1975, v. 3, Acad. Press.

указывает, во-первых, на стабильность чужеродных иРНК, во-вторых, на то, что даже специализированные клетки, если в них попадает иРНК, тут же ее транслируют. Интересно, что в некоторых случаях белок не

только синтезируется, но и модифицируется в соответствии со специализацией клеток, из которых была получена иРНК. Так, например, кристаллин не только синтезировался в ооците, но и ацетилировался по аминокис-

дифференцированный ооцит может выполнять функции, характерные для дифференцированных высокоспециализированных клеток. По-видимому, на этапах трансляции и пост-трансляции отсутствуют «точки» управления процессом дифференцировки.



В ооцитах лягушки транслируются различные иРНК эукариотов. Из различных органов или тканей выделяют иРНК и впрыскивают в ооциты. Ооциты инкубируют в питательной среде, содержащей радиоактивную аминокислоту. В процессе трансляции иРНК из аминокислот синтезируется соответствующий белок, который обнаруживают по радиоактивности. Белок выделяют из ооцитов в чистом виде и сравнивают его с таким же белком, который синтезируется в соответствующих специализированных клетках. Эти белки оказываются одинаковыми. Значит, в ооцитах отсутствует специфичность по отношению к иРНК эукариотов.

группе кольцевой аминокислоты, точно так же, как это происходит в специализированных клетках хрусталика глаза быка. Любой глобин, как известно, состоящий из α - и β -полипептидных цепей, не только синтезировался в ооцитах, но он соединялся с гемом (специфический железосодержащий комплекс, входящий в состав гемоглобина) самих ооцитов с образованием гемоглобина. В то же время промелиттин не превращался в ооцитах в активный яд мелиттин, так как в ооцитах отсутствуют ферменты, осуществляющие это превращение. Следовательно, не-

В заключение хотелось бы отметить, что использование ооцитов дает широкие возможности для изучения различных аспектов развития и дифференцировки (например, стабильности иРНК). В этой связи интересны опыты, проведенные группой исследователей из отдела молекулярной биологии Свободного университета в Брюсселе и Института наук Вайцмана в Израиле². Они изучали роль полиаденилового «хвоста» (поли-А) иРНК. Дело в том, что большая часть иРНК содержит на одном из концов длинную цепочку, состоящую из сцепленных остатков адениловой кислоты. Функция этих поли-А «хвостов» остается до сих пор неясной. В ооциты впрыскивали иРНК (кодирующую глобин кролика) с различной длиной поли-А «хвостом» и без него и сравнивали скорости их трансляции и стабильность. На основании полученных данных авторы сделали важный вывод: молекулы иРНК с коротким поли-А «хвостом» и без него быстрее разрушались, т. е. обладали меньшей стабильностью, чем молекулы с длинным поли-А «хвостом».

Можно надеяться, что в ближайшем будущем мы узнаем о новых экспериментах по микроинъекциям в ооциты, которые расширят наше понимание механизмов, управляющих развитием.

² Gurdon J. B. The Control of Gene Expression in Animal Development. The Clarendon Press, Oxford University Press, 1974; Lane C. D.—«Scientific American», 1976, v. 235, No 2, p. 60—71.

Как создавали науку!

М. К. Петров

В предыдущих номерах нашего журнала [1977, № 1 — 3] были опубликованы статьи П. П. Гайденко, Г. А. Курсанова и А. Е. Левина, посвященные проблемам возникновения науки. В них шла речь о становлении математических представлений и взглядов на истину и истинное познание у древних греков, сыгравших большую роль в формировании науки в ее современном понимании. В публикуемой статье представлена попытка осмыслить роль целостного научного мировоззрения в системе европейских социальных и культурных ценностей и проблемы институционального оформления науки.



Михаил Константинович Петров, кандидат философских наук, старший научный сотрудник Ростовского государственного университета. Работает над проблемами науковедения, истории и теории науки и культуры.

Прошлое, история справедливо признаются областью, где все уже произошло и ничего нового произойти не может. Но видение прошлого, восприятие и понимание исторических событий привязаны к «текущему моменту», а в этой сфере настоящего всегда возможны новые точки зрения, споры, дискуссии. Ф. Бэкон, например, считает исследователей как бы сидящими на высокой башне. При этом само «искусство диспута» он сравнивает с «чуждесными очками для дали»¹. Три века споров вокруг науки, ее природы, ее генезиса показали, что время, «текущий момент»

меняет не только точки зрения, но и оптику — предлагает свои «очки для дали».

Историк всегда принадлежит к контексту своей эпохи, способен объясняться с современниками только на понятном для них языке наличных реалий. Он не может говорить ни из прошлого, ни тем более из будущего. А это создает опасность двух типов. Во-первых, «перевод» значения и смысла событий прошлого на язык современности всегда содержит угрозу модернизации прошлого под давлением эффектов ретроспективы — оптика предлагаемых эпохой «очков для дали» всегда стремится уподобить прошлое настоящему. Во-вторых, устойчивые, привычные и освоенные реалии вообще перестают восприниматься как реалии значимые, заслуживающие вни-

¹ Stephens J. Francis Bacon and the Style of Science. Chicago, 1975.

мания и исследования (эффект интериоризации). Шкворень, например, уже несколько тысячелетий «интегрирующий» в целостность телегу — древнее египетское изобретение,— практически исчез из описаний телеги: примелькался. На этом основании предлагалось даже окрестить все такие эффекты «шкворень-эффектом» (в духе введенной Р. К. Мертонем моды на эффекты).

Обе опасности особенно сильны там, где приходится иметь дело с духовными знаковыми реалиями, которые в отличие от техники не несут, как правило, четких и ясных указаний на место и дату происхождения. Наука сложена из множества знаковых, процедурных, организационных деталей самого различного возраста, происхождения и первоначального назначения. Лишь крайне незначительное число научных реалий может претендовать на «чистоту» — на то, что они задумывались, изобретались и разрабатывались специально для науки. Все же остальное приведено к единству, сопряжено, обкатано временем и в этом процессе стало действующей системой норм, правил, целей и форм научной деятельности. В анализе этого сложного и гетерогенного по составу комплекса, который к тому же в школьные и студенческие годы осваивается каждым из нас как данность, пресекающая вопросы и сомнения, возникают особо благоприятные условия для проявления как эффектов ретроспективы, уподобляющих прошлое современности, так и эффектов интериоризации, результатов освоения реалий.

История науки, естественно, располагает основными ориентирами и плацдармами определенности. Известен и текущий результат и наличная социальная функция науки. Программа КПСС фиксирует: наука «становится непосредственной производительной силой, а производство — технологическим применением современной науки»². Известны и общие членения пути к этому результату, исследованные еще Марксом, Энгельсом и Лениным: современная наука возникает под давлением потребностей материального производства в условиях капитализма, развивается под влиянием этих потребностей, становится на определенном этапе непосредственной производительной силой, допускающей контроль со стороны общества и целенаправленное использование в условиях социализма и коммунизма³.

Будущее вряд ли задаст другие общие контуры постановки и решения вопроса. Сегодня, во всяком случае, не происходит. Но «текущий момент», как ему и положено, детализирует и перетасовывает проблематику, высвечивает грани и нюансы, оставшиеся ранее в тени как нечто само собой разумеющееся. Специфика текущего момента состоит в том, что до недавнего времени вопрос о возникновении науки волновал только малочисленную группу специалистов по истории и социологии науки. Теперь же это вопрос иного ранга. Многие страны, не имевшие ранее науки в наличном наборе социальных институтов, стараются сегодня привить ее на своей почве, видят в этом одно из условий перехода из «развивающегося» в «развитое» состояние. В процессе таких попыток накапливаются огромные массивы информации о строительстве науки и трудностях такого строительства, о том, что именно строится, как оно сощелачивается в целое. Кроме того, накапливается и методологическая информация о той точке зрения, которая позволяет увидеть современную науку как целостность — как ставшую, возникшую.

Если на родной почве европейской культурной традиции процесс возникновения и становления науки обходился без архитекторов и архитектурных планов — каждое поколение строителей имело свои особые и явно отличные от наших представления о том, что они собственно строят, — то на инокультурной почве требуются уже и архитекторы, и архитектурные планы науки как социального института развитого общества. А это диктует и выбор точки зрения на проблему, которая существенно отличается от привычной. Японский историк науки Ш. Накаяма так фиксирует предметную поляризацию и различие точек зрения: «На Западе историки науки почти единодушно признают, что современная наука была основана во времена научной революции XVII в. Но это справедливо только с точки зрения интеллектуальной истории. Научная революция была интеллектуальным движением горстки ученых. Институционально современная наука была основана в XIX в., когда ученые пытались улучшить свой социальный статус и, соответственно, сумели самоутвердиться, когда они обеспечили непрерывное

²Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 13, с. 7; т. 22, с. 317; Из рукописного наследия К. Маркса.— «Коммунист», 1958, № 7, с. 23; «Большевик», 1939, № 11—12, с. 63; Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 36, с. 231.

²Материалы XXII съезда КПСС. М., 1961.

самовоспроизводство через механизмы набора, локализованные в институтах высшего образования, то есть когда наука полностью профессионализировалась. Некоторые поэтому называют XIX в.— веком второй научной революции»⁴.

Действительно, научная революция XVII в. была и остается со времени работ Б. М. Гессена⁵ и Р. К. Мертон⁶ основной областью интереса историков науки. И основные предметообразующие усилия исследователей концентрируются здесь, особенно по связи с критикой и защитой гипотезы Мертон о решающей роли пуритан в возникновении и социализации науки, на анализе духовных предпосылок, мировоззренческих и концептуальных условий осуществимости опытной науки.

Здесь много сделано и делается для изучения того, что можно было бы назвать «духовными лесами» возникновения науки как специфической формы познания природы. Более или менее раскрыто, каким образом усилия Коперника, Галилея, Гарвея, Кальвина, Лютера, Гроссететта, Оккама, Буридана, Орема, Декарта, Бэкона и др., несогласованные по времени, целям, задачам и результатам, привели к резкому изменению мировоззренческого статуса природы, к падению «готического» средневекового мировоззрения и его иерархических принципов, к «депопуляции» Вселенной — изгнанию из нее духовных существ более высокого, чем человек, ранга, к насыщению природы самодвижением, инерцией и слепыми автоматизмами, к появлению «законов природы», т. е. привели к тому, что природу превратили в «механизм» и подготовили ее тем самым к познанию методами опытной науки. Сам этот тип познания был санкционирован как вполне достойный, правомерный и уважаемый тип социально полезной деятельности. Ввод научного мировоззрения в систему европейских социальных и культурных ценностей и есть суть первой научной революции XVII в. В этой части проблематика станута к вопросу: каким

образом люди, не имевшие представления об опытной науке, догадались, что природа познаваема, представима в логике понятий, как они изобрели соответствующие, основанные на наблюдении, эксперименте и измерении орудия познания?

Проблемы «второй научной революции» (т. е. институционального оформления науки в XIX в.) изучены, на наш взгляд, меньше. И дело здесь не в том, что этот период плохо документирован, а в том, что вторая научная революция не сложилась пока в целостный предмет исследования. К ней исследователи обращаются сегодня время от времени в поисках аргументов для обоснования или критики гипотез относительно событий XVII—XVIII вв. Однако проблемы XVII в. и проблемы XIX в., хотя и сохраняют преемственную общность смысла и даже терминологии, поскольку и те и другие для историка науки суть проблемы генезиса и становления науки,— обнаруживают вместе с тем и существенные различия как по составу, так, что особенно важно, и по контексту, на который приходилось опираться в их осмыслении, постановке и решении.

XIX в. не нуждался уже в доказательствах познаваемости мира, возможности открытия и логического его представления, наличия в природе законов, верховной авторитетности свидетельств эксперимента. Все это уже перешло в форму постулатов, установок, символов веры, убеждений научного мировоззрения. Соответственно уходит со сцены или, во всяком случае, сильно теряет в авторитетности и убедительности та пестрая смесь философских, теологических, натурфилософских, концептуальных составляющих, которая формировала духовный контекст XVI—XVII вв. и активно использовалась в качестве опор для доказательства будущих постулатов. В контексте XVII в., например, мог обладать убедительностью классический для тех времен аргумент Лютера против Коперника: «Этот болван затеял перевернуть все искусство астрономии, а ведь священное писание прямо указывает, что Иисус Навин приказал остановиться на Земле, а Солнцу»⁷. В просвещенном контексте XIX в. такая аргументация уже не звучит, не воспринимается доказательной. И когда Ч. Лайель, например,

⁴ Na kajama Sh. History of Science: a Subject for the Frustrated.— «Boston Studies in the Philosophy of Science». Boston, 1974, v. 15, p. 222.

⁵ Гессен Б. М. Социально-экономические корни механики Ньютона. М.— Л., 1933.

⁶ Merton R. K. Science, Technology and Society in Seventeenth Century England. Bruges, 1938.

⁷ Merton R. K. Sociology of Science. Chicago, 1973, p. 245.

пытается перевести в форму постулатов актуализм и униформизм, т. е. по сути дела в чем-то повторить работу XVI—XVII вв., он не обращается в поисках опор к внешним для науки авторитетным реалиям, опирается только на процедурные принципы наблюдения и экспериментальной проверки. Его критики — Гершель, Уивелл — действуют в том же новом контексте⁸.

Экзотика объяснений и аргументаций ушла. Ей на смену пришла «скука науки», проза использования постулатов с отнюдь не прозаическим прошлым. Об этом прошлом не стоит забывать: задача освоения научного мировоззрения, хорошо ли, плохо ли решенная XVII в. для европейского очага культуры, остается задачей, которую еще предстоит решать в странах неевропейской культурной традиции, если они намерены освоить и «присвоить» науку. А здесь мы и сегодня можем натолкнуться на экзотические ходы мысли и опоры аргументации.

Наиболее четко контуры второй научной революции (институционального оформления науки) прорисовываются тогда, когда на историю науки смотрят со стороны, с постоянной поправкой на то, что как раз это и следует внедрять как современную науку. Выше, ссылаясь на Накаму, мы видели, что восприятие феномена науки и его истории серьезно различается в зависимости от культурной принадлежности историка. Если он воспитан в нормах европейской культурной традиции, эффекты ретроспективы увлекают его «вверх по течению» к XVII в., а то и к более ранним датам, вплоть до Архимеда, Евклида, Демокрита и даже Фалеса. Если историк или строитель науки воспитан за пределами увлекающего воздействия ретроспективы европейской культурной традиции, то взгляд его ищет водораздел между современной наукой, которую как раз и следует изучать на предмет внедрения и трансплантации, и какими-то предшествующими современной науке состояниями или условиями ее осуществимости.

Такой во многом утилитарно-практический подход к истории науки дает удивительно единообразную оптику «очков для дали» и не менее единообразную

фокусировку, единообразное видение событий истории науки. Слабо подверженный эффектам европейской ретроспективы, внешний наблюдатель представляет современную науку как функциональное единство исследовательской, прикладной и академической составляющих. Он отказывается признать науку современной на любых этапах, предшествующих актам, когда исследование замыкается на приложении, исследование и приложение — на подготовке научно-технических кадров в институтах высшего образования.

Понять такой подход несложно. Особенно сегодня, когда мы говорим и пишем о науке как о производительной силе, о производстве как о технологических применениях науки. Ясно, что если исследование не замкнуто на приложении, то невозможен и переход его результатов в форму технологических приложений, невозможны и технологические применения науки. Не менее ясно и то, что если нет людей, которым обеспечен доступ к растущему массиву научного знания (а доступ этот обеспечивается специальным образованием в академических структурах), то исчезает сама возможность замыкания исследования на приложение, возможность использования наличного научного знания в утилитарно-прикладных целях.

Много сложнее принять такой подход: слишком уж большие потери благородного восприятия науки связаны с признанием такого подхода. Акты замыкания исследования на приложение, а исследования и приложения — на академические структуры располагаются на пугающе малой исторической глубине.

О замыкании исследования на академическую структуру можно говорить только с 1810 г., после реформ Гумбольдта и создания Берлинского университета, где впервые была реализована типичная для современной науки «профессорская» или «приват-доцентская» модель оперативной связи переднего края дисциплинарных исследований с подготовкой научных кадров. Если взглянуть, например, на распределение по дисциплинам оксфордских и кембриджских «донов» (см. табл.), то еще столет тому назад такого замыкания в Англии не произошло.

Не лучше обстоит дело и с замыканием исследования на приложение. Оно впервые было реализовано в 1826 г., когда Либих основал в Гисене лабораторию, которая стала моделью организационного объединения исследования, приложения и подготовки кадров.

⁸ Ruse M. Charles Lyell and the Philosophers of Science.—«British Journal for the History of Science». L., 1976, v. 9, p. 2, № 2.

Распределение членов колледжей Оксфорда и Кембриджа по дисциплинам в 1870 г.⁹

	Клас- сика	Матема- тика	Право и история	Естест- венные науки
Оксфорд	145	28	25	4
Кембридж	67	102	2	3
Всего	212	130	27	7 (376)

Столь малый возраст «современности» в науке (если науку воспринимать комплексно — как триединство исследовательской, прикладной и академической составляющих, а «современность» — как основание преемственности этого триединства) оказывается в явном противоречии с привычными взглядами на науку, на способ ее существования и развития. В соответствии с этими представлениями, если человек изучает окружение, руководствуясь принципами наблюдаемости и экспериментальной верификации, если он публикует результаты своих поисков нового со ссылками-спорами на предшественников, если эти результаты действительно оказываются новыми, удовлетворяя принципам приоритета и запрета на повтор-плагиат, то перед нами ученый, в каком бы веке этот человек ни жил. На таком понимании ролевого набора ученого и его связи с прошлым и будущим строятся наши представления о науке как исторической целостности, наше осознание состава и структуры науки, наши аналогии-модели интеграции типа «стоять на плечах гигантов» или сети цитирования. Они без особых затруднений и срывов позволяют — по эпонимике или по сетям цитирования — путешествовать «из конца в конец» науки от Галилея и Кеплера до любого автора статьи в последнем выпуске научного журнала, доказывая тем самым, что наука есть некое интегрированное, протяженное во времени целое по крайней мере с XVII в., если не принимать в расчет тех гигантов древности, на плечах которых стояли отцы науки и на работы которых они ссылались (Галилей в споре с Кеплером ссылался, например, на «Физику» Аристотеля).

Теперь же предлагается нечто совсем иное. Признание триединства исследо-

вания, приложения и подготовки научно-технических кадров как результата второй научной революции, которая превратила науку в современную науку, явно разрушает всю эту систему представлений. В ролевой набор ученого пришлось бы ввести массу академических и прикладных ролей. При этом в отцы современной науки определились бы Гумбольдт и Либих, один из которых, Вильгельм Гумбольдт, был филологом и явно не вошел бы в эпонимичку опытной науки. «Плечи гигантов», на которых положено стоять поколениям и поколениям ученых, оказались бы в одном месте, а сами поколения — в другом. Не помогли бы и сети цитирования, поскольку интеграторы триединого комплекса должны были бы включать прикладные и академические составляющие, которых явно нет в сетях цитирования, ибо сами цитаты возможны лишь после того, как работы опубликованы. Словом, если вернуться к аналогии с телегой и шкворнем, то принятие триединого истолкования науки историком науки можно сравнить с озарением человека, занимающегося историей телеги, который наконец-то понял, что до сих пор он имел дело не то с историей колеса, не то с историей дышла, не то с историей шкворня, а теперь он должен заняться все-таки историей телеги, где колесо, дышло, шкворень, если они имеют свою историю, пришли к единству.

Возможность концептуальных потерь призывает к осторожности. Прежде чем принять или отвергнуть комплексный взгляд на науку, полезно убедиться, так ли уж эта комплексность важна и в чем именно она выявляется. Проследим несколько наиболее очевидных линий.

Если наука до XIX в. не оказывала влияния на производство — не было людей с соответствующей подготовкой, — то в технологическом творчестве мы до XIX в. не обнаружим людей, причастных к науке. Лидер технического прогресса того времени — Англия. К ее истории и стоит обратиться. К тому же и механика занимала в исследованиях XVII—XVIII вв. ведущее место. Г. У. Родерик и М. Д. Стефенс¹⁰, специально анализируя этот вопрос, в основной группе новаторов обнаружили только «практиков» типа цирюльника Аркрайта, кузнеца Ньюкомена, шахтера Стефенсона. Более того, когда ученые, время

⁹ Roderick G. W., Stephens M. D. Scientific and Technical Education in Nineteenth-Century England.— A Symposium. Newton Abbot, David and Charles, 1972, p. 30.

¹⁰ Ibid.

от времени воодушевляясь идеями Бэкона о научном совершенствовании «полезных искусств», действительно обращались к решению технологических задач, дело кончалось или могло бы кончиться конфузом в духе свифтовских описаний Лапуты. М. Эспинас пишет, что в 1670-е гг. Х. Гюйгенс и Р. Гук много сил отдали совершенствованию навигационного оборудования, прежде всего часов, но «хронометр в конце концов был создан в XVIII в. плотником Хэррисоном»¹¹. П. Матиас отмечает, что если бы рекомендации ученых XVII—XVIII вв. сельскому хозяйству реализовались в практике, последствия были бы катастрофическими¹².

Таким образом, влияния науки на технологическое творчество до XIX в. не обнаруживается, но со всей очевидностью обнаруживается нечто иное и важное для историка науки: влияние технологического творчества практиков-самоучек на науку. В этот период технологическая новация — основной повод для исследования и основной проблемообразующий источник науки. Сначала появляется многообразие водяных колес, а затем Карно-старший закладывает основы гидродинамики. Сначала практики изобретают и совершенствуют паровые машины, а затем Карно-сын формулирует основы теплотехники и термодинамики. Если двигаться по эпонимике науки в поисках срыва, «переворота» этих ролей в технологическом и научном творчестве, то первым чистым случаем, как показывают Родерик и Стефенс, будет Р. Дизель, который именно из анализа цикла Карно сначала теоретически вывел возможность принципиально нового вида двигателя, а затем реализовал эту возможность практически. Но этот чистый случай произошел в самом конце XIX в., и если от него отсчитывать возраст современной науки, можно и вообще потерять науку. К тому же ученому-исследователю не обязательно быть прикладником, да и практики-самоучки вовсе не ушли со сцены, достаточно вспомнить об Эдисоне.

Далее, если замыкание исследования и приложения, реализованное лабораторией Либиха, действительно значимый факт истории, то ближайшим его следст-

вием должно было бы стать изменение номенклатуры продукта за счет появления в ней товаров, разработка и производство которых предполагают доступ к научному знанию. Действительно, с середины XIX в. на мировом рынке появляются удобрения, ядохимикаты, взрывчатые вещества, электротехнические товары, изобретение и производство которых практически невозможно без глубоких знаний в соответствующих отраслях науки.

Если комплексность (триединство) действительно революционное событие, то такое событие должно бы вести себя по канонам любой новации: иметь точечный центр-начало (Берлинский университет, лаборатория Либиха) и некоторый лаг распространения — признание требует времени, — т. е. вести себя подобно волнам от камня, брошенного в воду. При этом на гребне волны распространения всегда отмечаются инерционные эффекты сопротивления, а преодоление такого сопротивления новому часто дорого обходится для сопротивляющихся. Родерик и Стефенс довольно убедительно показывают, что культ практика-самоучки и упорное сопротивление «немецкой модели» Гумбольдта и Либиха обернулись для Англии потерей лидерства в пользу Германии и США. Еще хуже обошлась, если верить М. Кросленду, волна распространения с Францией, которой потребовался Седан, чтобы признать и принять новацию Гумбольдта — Либиха¹³.

Наконец, и это главное, если вторая научная революция действительно имела место и ее результатом стала комплексность (триединство) исследовательской, прикладной и академической составляющих, то сами эти составляющие, входя в контакт друг с другом, должны были бы менять нормы и правила деятельности, подчиняя их требованиям комплекса. Здесь, к сожалению, нет сколько-нибудь обстоятельных исследований, на результаты которых можно было бы сослаться. Но именно здесь, по нашему мнению, локализован эпицентр проблематики второй научной революции для науки. В процессе рабочей гипотезы можно предположить, что наиболее ощутимые изменения комплексности должна была внести в механизмы интеграции науки, особенно из-за

¹¹ The Intellectual Revolution of the Seventeenth Century. Boston, 1974, p. 350.

¹² Science and Society 1600—1900. Cambridge, 1973, p. 75—76.

¹³ Crossland M. Science and the Franco-Prussian War. — «Social Studies of Science», 1976, v. 6, № 2.

участия в интеграции академической составляющей.

Замыкание исследования на приложение не могло вызвать особых возмущений. Результаты научного исследования, пока они подчинены принципам наблюдаемости и экспериментальной проверки, заведомо приложимы: эксперимент приобщает результат к миру бесконечных повторов, где безразлично, кем, когда, с какой целью, как часто результат воспроизводится — тиражируется. К самому исследованию это не предъявляет каких-то дополнительных требований.

Много сложнее обстоит дело с замыканием исследования и его приложения на академическую составляющую. И основные трудности здесь, видимо, должны быть связаны с неустранимой «человеческой размерностью» этой составляющей. Подготовка научных кадров сама может рассматриваться как форма научной интеграции — как приведение все новых поколений будущих исследователей и преподавателей в связь с наукой, научной деятельностью. Но эта форма интеграции существенно отличается от традиционной — интеграции результатов — как раз в том отношении, что интегрировать, приводить к науке, связывать с наукой приходится людей, а человек — существо конечное не только по срокам и периодам жизни, но и по своим ментальным и физическим возможностям.

В интеграции результатов эти ограничения «вместимости», «человеческой размерности» практически не ощущаются, хотя, естественно, и не отменяются. Человек не может сделать более того, что он может, и если он вносит в копилку науки свой вклад, то каким бы весомым вклад ни оказался, он заведомо в пределах человеческой вместимости. Традиционная интеграция по результату и есть в каком-то смысле инструмент выхода из ограничения по вместимости, это и есть человеческий ответ на популярный схоластический вопрос: «Может ли всемогущий бог сотворить камень, который он не смог бы поднять?». Насчет бога неясно, а всемогущий человек может. Ни один ученый не в состоянии следить за всей публикуемой в его области литературой, причем жалобы на информационный поток идут с XVII в. И все же ограничения вместимости здесь не ощущаются, сколько бы ни увеличивать листаж журналов или длину библиотечных стеллажей. Ограничения сняты в каждом отдельном акте «наращивания» неподъем-

ного камня: каждая публикация заведомо этим ограничениям удовлетворяет.

Но положение радикально меняется, когда этот растущий неподъемный для индивида камень научного знания приходится протаскивать через игольное ушко учебных планов, часов, курсов, расписаний, сроков обучения и прочих атрибутов академической реальности, явно формировавшейся по человеческой размерности. Если замыкание исследования и его приложения на академическую составляющую датируется началом XIX в., то где-то после этого мы вправе ожидать резкого усиления не очень характерной для науки XVII—XVIII вв. деятельности по переупаковке, сжатию, сокращению, редукции наличного научного знания до человеческой вместимости, и особенно этот эффект должен был бы обнаруживаться в Германии. Есть ли свидетельства, подтверждающие эти ожидания?

Во-первых, требование считаться с человеческой размерностью вызвало расщепление формы научного продукта и бурное развитие «тыловых» форм публикации — реферативных журналов, обобщающих монографий, учебников. Д. Прайс заметил эту стратификацию формы научного продукта, но не связал ее ни с академическими требованиями вообще, ни с человеческой размерностью¹⁴.

Во-вторых, «комплексные» условия существования вызвали вспышку исторической и теоретической активности в немецких университетах середины и конца XIX в. и начала XX в., превратившую Германию этого периода в бесспорного лидера научного развития. При всех прочих достоинствах история и теория научных дисциплин (а этим приходится заниматься любому профессору при составлении курса) являются способами сжатия накопленного дисциплиной материала, его реинтеграции, новой и более экономной «упаковки». Это не значит, конечно, что академическая составляющая определяет состав и содержание теорий и историй дисциплин как результатов операций, произведенных над всем наличным массивом дисциплинарного знания. Но поводом к таким операциям над целостностью бесспорно является и академическая практика, где каждый профессор-преподаватель, получая на свой курс 10 или 100 или

¹⁴ Price D. J. de S. Little Science, Big Science.— Columbia Univ. Press, 1963, p. 9.

400 часов, волей-неволей вынужден задумываться о принципах и способах сжатия материала до «вместимости» студента, как она определена учебным планом, часами, расписанием. Ранее этого не было. В Оксфорде середины XIX в., например, продолжала действовать система тьюторства — наставничества, по нормам которой наставник и только он, а не группа преподавателей разных дисциплин, передавал свои знания воспитаннику¹⁵. Проблемы ограничений по вместимости здесь, естественно, не возникало.

Словом, все эти вопросы, заслуживают серьезного внимания и изучения. При этом, нам кажется, особенно перспективны исследования по человеческой «размерности» современной науки — слишком много событий происходит сегодня в науке, в частности в сфере коммуникаций, которые пока только фиксируются как данность, хотя они явно имеют общий источник происхождения.

Историки науки, даже и те из них, которые ссылаются на события второй научной революции для выявления и критики эффектов ретроспективы в исследованиях своих коллег, основной смысл изменений XIX в. видят в институционализации, в становлении профессионализма, в росте формализма, роли правил и вообще в «бюрократизации» науки. Накайма, например, считает, что само занятие историей науки — удел людей, «раздочарованных» строгостью правил, и это разочарование становится «жизненным источником критического отношения к практике современно-го научного профессионализма», началом поиска ошибок в прошлом и альтернатив в будущем в порядке «ликвидации показной окончательности авторитета установившейся науки»¹⁶.

При таком подходе профессионализм в науке осознается как некое навязанное извне зло и противопоставляется предшествующим состояниям «свободной» науки. Степени и формы такой былой свободы осознаются по-разному. Ч. Уэбстер, например, жалуется на строгость действующих стандартов идентификации, которые превращают историю науки в историю «деятельности малочисленной элиты, занятой самодовлеющими научными

исследованиями и сохраняющей только случайные связи с общим интеллектуальным и социальным окружением»¹⁷. С. Шейпин и А. Тэкри изменили эти стандарты. Они иначе представили научное сообщество Англии XVIII—XIX вв., учитывая, с одной стороны, членство в научных обществах, а с другой, участие в их деятельности «на своих собственных условиях». В этом сообществе ведущее место заняли практикующие медики, второе — духовные лица «с дланью на Ветхом завете и глазом у микроскопа», а собственно ученые оказались в явном меньшинстве: «На каждое опознаваемое имя опубликованного исследования, которое можно извлечь из списков членов таких обществ, мы обнаруживаем, пожалуй, с полсотни или даже больше индивидов, с именами которых не связана публикация научной статьи или книги»¹⁸.

Эти и подобные попытки отмежевываться от традиционных представлений о науке и сформулировать какие-то новые концепции науки, существовавшей до XIX в. по «совсем иному» набору правил, хотя они и совершаются под вполне законным предлогом борьбы с эффектами ретроспективы, ставят под сомнение самое преемственность первой и второй научных революций. Действительно, если, как пишут Шейпин и Тэкри, заниматься научной деятельностью и быть членом научного сообщества в Англии XVIII—XIX вв. можно было «на своих собственных основаниях, а не на основаниях возникающего научного профессионализма»¹⁹, то преемственности между такими состояниями игры — по собственным правилам и по единым правилам — практически нет.

Эти попытки обрести свободу от современности, изобразить научный профессионализм или как катастрофу, упраздняющую прежнее «свободное» состояние науки, или как уродливую адаптацию науки ради выживания в условиях растущей агрессивности социальной среды представляются нам иллюзией, являющейся основанной на глубоком освоении результатов первой научной революции. Эксплицировать эти иллюзии, их «подкорковое»

¹⁷ The Intellectual Revolution of the Seventeenth Century, p. 380.

¹⁸ Shapin S., Thackray A. Prosopography as a Research Tool in History of Science: The British Scientific Community 1700—1900.— «History of Science», 1974, v. 12, p. 1, № 15, p. 18, 20, 8.

¹⁹ Ibid., p. 12.

¹⁵ The University in Society, v. 1. Princeton Univ. Press, 1974, p. 342—357.

¹⁶ Merz R. K. Sociology of Science, p. 215.

основание довольно сложно, но, как нам кажется, данные о трансплантации науки на неевропейские культурные почвы могут оказаться полезными. Механика экспликации этого «подкоркового» смысла не так уж сложна. Вернемся еще раз к аналогии с телегой, в истории которой бывали и «трансплантации». Америка, как известно, не изобрела колеса, не изобрела, понятно, и телеги. Телега здесь появилась как новация и вела себя как новация с лагом и волной распространения. Р. Роджерс и К. Шумейкер сообщают, например, что в 1900 г. индейское племя папаго решилось внедрить телегу. Телеги потребовали дорог. Дороги — оседлого образа жизни. Телега сама себя эксплицировала в новом контексте²⁰.

Наука конечно же не телега, но и телега, и наука — артефакты, человеческие творения, возникающие во вполне определенных социально-экономических и духовных контекстах как продукты человеческой изобретательности. Любой артефакт на чужой почве может вскрыть свой контекст, потребовать своих дорог и способов жизни, т. е. того минимума условий осуществимости, без которого творение становится музейным экспонатом, а не признанной, обжитой и освоенной реальностью. Если первая научная революция, санкционировавшая научное мировоззрение в системе европейских социальных и культурных ценностей, — одно из условий осуществимости современной науки, то как бы глубоко оно ни коренилось в «подкорке», в той или иной степени оно будет эксплицироваться в любых попытках построить науку на инокультурной почве.

Анализ таких попыток показывает, что первая и вторая научные революции связаны исторически, и любая попытка разрушить эту связь ставит вопрос о какой-то другой «первой научной революции», возвращает к тому самому кругу проблем культурной санкции научного мировоззрения, который стоял перед Европой XVI—XVII вв.

В заключение мы можем сказать, что реально идущие процессы строительства науки в странах неевропейской культурной традиции, возникающие здесь трудности поляризуют предмет исследований по истории науки на две четко разли-

чимые области — на первую (XVI—XVII вв.) и вторую (XIX в.) научные революции, причем для непосредственных нужд строительства особую актуальность приобретает исследование по проблемам второй научной революции, которые связаны с комплексным пониманием и восприятием науки в триединстве исследовательской, прикладной и академической составляющих. Но при всем том предостерегаем от единства. Более того, следования по второй научной революции могут пролить свет на многие проблемы первой, и наоборот.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Гессен Б. М. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КОРНИ МЕХАНИКИ НЬЮТОНА. М.— Л., 1933.

Поуэлл С. Ф. РОЛЬ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ НАУКИ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ.— «Мир науки», 1965, № 3.

Прайс Д. МАЛАЯ НАУКА, БОЛЬШАЯ НАУКА.— В сб.: Наука о науке. М., 1966.

Налимов В. В., Мульченко З. М. НАУКОМЕТРИЯ. М., 1969.

Кудрявцев М. К. ОБЩИНА И КАСТА В ХИНДУСТАНЕ. М., 1971.

НАУКА И ПРАВСТВЕННОСТЬ. М., 1972.

Сноу Ч. П. ДВЕ КУЛЬТУРЫ. М., 1973.

Кун Т. СТРУКТУРА НАУЧНЫХ РЕВОЛЮЦИЙ. М., 1975.

КОММУНИКАЦИЯ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ. М., 1976.

²⁰ Rogers R. M., Shue maker C. F. Communications of Innovations. A Cross-Cultural Approach. N. Y., 1971.

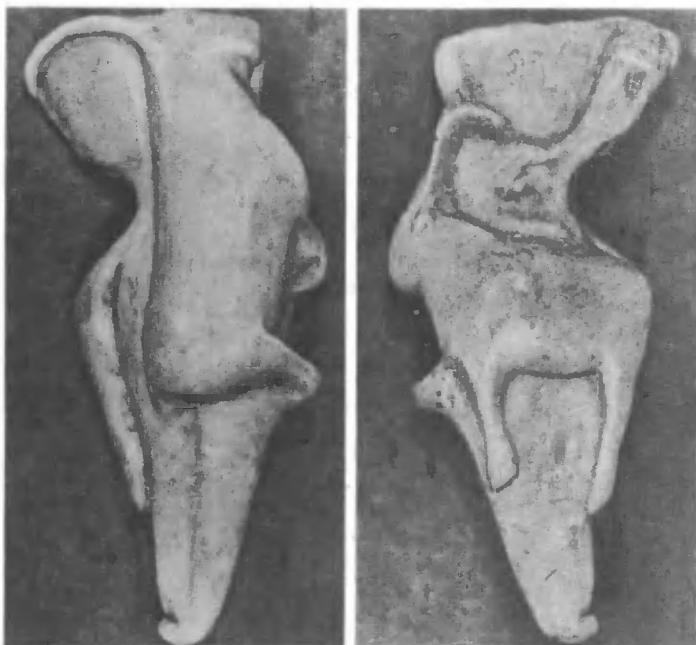
Скульптура палеолитического охотника

Профессор В. И. Громов

Геологический институт АН СССР
Москва

В 1907 г. в Париже в альбоме «L'art pendant l'âge du renne» Э. Пьетт опубликовал изображение резной кости с фигурами двух «козлов», найденной в мадленском слое Азильской стоянки. Некоторые археологи считают, что это рукоятка сломанного стилета (кинжала), сделанного из бивня мамонта. Особого интереса эта находка у исследователей не вызвала, так как подобные находки были известны и раньше в верхнем палеолите. Но в 1974 г. во французском археологическом бюллетене¹ появилась заметка Ф. Поплина, который сообщил, что фигурки «козлов» вырезаны не на бивне мамонта, а на зубе кашалота. Таким образом, предположение о том, что находка Пьетта представляет собой рукоятку сломанного стилета или кинжала, естественно, отпадает. Никаких других интерпретаций вообще мне не известно.

Полученный мною из Государственного Эрмитажа муляж этого изделия, конечно, не позволяет судить о материале, из которого оно сделано, так же как и о точном видовом определении животных, хотя принадлежность их к роду *Sariga* и не вызывает сомнения; мне кажется, можно говорить о том, что перед нами вполне законченное изделие, и композиция животных не случайна. Особенно хорошо это видно, если рассматривать правый рисунок. Это — человек, может быть, охотник, у которого на спине находится убитый им «козел», а спереди — на груди (левый рисунок) закреплена второй такой же «ко-



Муляж скульптуры палеолитического охотника.

зел». Вполне ясно прорисовываются ноги человека. Понятна также идея — удачная охота. Таким образом, это вполне законченная скульптура, изображающая охотника с богатой добычей; возраст этой статуэтки не меньше 15 тыс. лет. Голова человеческой фигуры не оформлена, но это не редкость для палеолитических скульптур, изображающих людей. Характерны некоторые детали, особенно хорошо заметные на муляже, с которого сделаны оба снимка; это черточки, изображающие складки одежды, а именно штанов. Складки на штанах хорошо подчеркнуты вертикальной линией. Эта деталь позволяет заключить, что одежда была сделана из выделанной шкуры, лишенной шерсти (вроде «ровдуги» у современных долган и юрахов), очень похожей на

замшу. Если бы на шкуре, из которой были сделаны штаны, сохранилась шерсть, то складок не было бы заметно, а палеолитический человек всегда подмечал и подчеркивал в своих рисунках многие детали (например, шерсть на гравюрах мамонта) и зря не нанес бы этих черточек. Интересно отметить еще одну деталь — явные следы разорванного отверстия внизу статуэтки между ногами, — статуэтка имела, вероятно, культовое значение и подвешивалась на ремешке, как и все подобные изделия, вниз головой.

Все эти соображения были доложены мною в 1930-х годах на кафедре дородового общества Государственной академии истории материальной культуры в Ленинграде и не встретили возражений, но так и остались неопубликованными.

¹ «Bull. Soc. Préhistor. Française», 1974, t. 71, Compt. Rend. Seance Mens., № 3, p. 66.

Гибель мамонтовой фауны в плейстоцене

Н. К. Верещагин



Николай Кузьмич Верещагин, профессор, доктор биологических наук, заведующий отделением истории фауны Зоологического института АН СССР. Работает также в области охотоведения, зоогеографии и охраны природы. Председатель Комитета по изучению мамонтов и мамонтовой фауны АН СССР

Когда и почему произошла экологическая катастрофа, уничтожившая замечательную мамонтовую фауну в Арктике? Этот вопрос уже несколько столетий привлекает внимание исследователей. О причинах гибели и условиях консервации трупов мамонтов, волосатых носорогов, лошадей, бизонов высказывались различные предположения. Так, петербургский академик Л. И. Шренк считал, что мамонты вязли в глубоких снегах, которые затем превращались в лед. Академик Ф. Ф. Брандт предполагал, что мамонты гибли в болотах, а академик А. Ф. Миддендорф утверждал, что мамонты умирали южнее, но относились на север великими реками. В конце прошлого столетия известный арктический путешественник Э. В. Толль подверг все эти высказывания основательной критике, так как убедился, что мамонты жили на севере и, погибая от разных причин, случайно захоронялись в мерзлых грунтах.

На Яне, Лене и Новосибирских о-вах А. А. Бунге, Э. В. Толлем¹ и И. Д. Чер-

ским были собраны превосходные коллекции костей диких лошадей, овцебыков, бизонов, оленей и сайгаков, которые и послужили основой для первых научных суждений о составе и палеоэкологии арктических животных в ледниковые эпохи.

Со времени большой работы И. Д. Черского (1892) среди биогеографов и даже геофизиков (М. И. Будыко, 1967), господствовало убеждение, что климат в Арктике в эпоху существования мамонтов был значительно теплее, чем ныне, и гибель их была вызвана похолоданием.

Детальное изучение многолетнемерзлых лёссовидных грунтов и мамонтовых кладбищ на крайнем северо-востоке Сибири и на Украине показало иную картину.

В 1950-х и 60-х годах географы и геологи И. П. Герасимов, Б. С. Русанов и С. В. Томирдиаро установили, что Приморская измененность между Леной и Колымой, а также Алданская — в центре Якутии — сложены мерзлыми лёссами — породой вполне сходной с лёссами Европы, Средней и Центральной Азии. Разница лишь в том, что эти якутские лёссы остались мерзлыми и в нашу эпоху.

В лёссах Украины — по долинам Десны и Днепра и в лёссовидных суглин-

Фото автора.

¹Толль Э. В. Ископаемые ледники Новосибирских островов, их отношение к трупам мамонтов и к ледниковому периоду. — «Зап. Импер. Русск. геогр. общ-ва по общ. геогр.», 1897, т. XXXII, № 1, с. 139.



Тысячи костей мамонтов еще лежат в толще берега Барелеха.

ках Дона под Воронежем археологи и зоологи подробно исследовали своеобразные искусственные завалы из мамонтовых костей и черепов, трактуемые обычно как основания хижин палеолитических племен. Материал для этих сооружений доставлялся, по-видимому, из мест естественной гибели мамонтов, погибших от наводнений, а частично с мест сезонных охот.

В этих же лёссах Русской равнины были обнаружены следы морозобойных полигональных трещин, смятий грунта и другие признаки, говорящие о существовании здесь в плейстоцене подземного оледенения. Следовательно, степи, черноземы и дубравы развились в послеледниковую эпоху на месте бывшей тундры, где

также долго сохранялись когда-то мерзлые туши мамонтов и носорогов.

На основании всех этих фактов А. А. Величко² установил, что в эпоху последнего оледенения от Британских о-вов до Аляски простиралась грандиозная зона холодной тундростепи.

Полагают, что она существовала в пределах 60—12 тыс. лет до наших дней. Эта тундростепь, удобряемая лёссовой пылью, кормила миллионы волосатых слонов и сотни миллионов разнообразных копытных. Малоснежье, обилие солнца, сухость и холод, отсутствие жалящих двукрылых — все это способствовало процветанию хоботных, копытных, грызунов (сусликов, сурков, леммингов) и хищных — пещерных львов, гиен, медведей и росомах. Континентальность климата обуславливалась низким уровнем Мирового океана, при котором Британские, Новосибирские, Японские о-ва составляли одно целое

² Величко А. А. Природный процесс в плейстоцене. М., 1973.



Десятки целых и сломанных нижних челюстей мамонтов были разложены нами для изучения их состава.

с Евразийско-Американским материком — Голарктикой.

В чем же заключалась поразительная экологическая катастрофа, разрушившая великолепный комплекс мамонтовой фауны? Ответ на это дают экологические сведения об уцелевших животных плейстоцена и изучение современных природных процессов в арктических тундрах. Мамонт и его «спутники», обладая мощным одеянием, были крайне адаптированы к сухому холоду и могли переносить лютые морозы при наличии доступного корма, т. е. в условиях малоснежья. В таких условиях до наших дней уцелели на севере Гренландии и островах Североамериканского арктического архипелага овцебыки. Также тепло были одеты и хорошо питались

носороги, лошади, бизоны и арктические сайгаки, что подтверждено теперь изучением их шерсти и составом корма в желудках.

В современной тундре Ямала, Таймыра и в Приморской низменности Якутии мамонтам, лошадям, носорогам, овцебыкам и бизонам нет места. Летом здесь все заболочено, покрыто мхом и низкорослой осокой, кишат мириады комаров, зимой все засыпано плотным глубоким снегом, особенно в долинах рек, где еще сохранилась кормовая кустарниковая растительность. Даже легконогие северные олени, уцелевшие с плейстоцена, существуют здесь благодаря способности перемещаться на большие расстояния — летом в тундру к морю, спасаясь от комаров, а на зиму — в лесотундру и тайгу на ягельные пастбища.

Многолетние исследования арктических озер С. В. Томирдиаро и В. К. Рябчуна показали, что в современной тундре мерзлые толщи постоянно перерабатываются с поверхности относительно недолговечными озерами, которые постепенно «съедают» и возвышенные остатки древней лёссовой равнины, переотлагая на своих днищах захороненные в ней кости, черепа, бивни вымерших зверей. Иными словами, бывшая кормилица тундростепь исчезла под влиянием тепла и многоснежья.

Итак, совместные исследования геологов, палеогеографов, археологов и зоологов привели к парадоксальному, на первый взгляд, выводу: мамонты, волосатые носороги, лошади и бизоны погибли и исчезли не от похолодания, а от потепления климата в конце последней ледниковой эпохи.

В этой проблеме есть еще один интересный аспект: как образовались мамонтовые кладбища? Изучение этого вопроса имеет свою историю. Так, еще в 1901 г. автор раскопок Березовского мамонта — зоолог О. Ф. Герц записал в своем дневнике:

«17 сентября. По моему мнению, весь обрывистый берег Березовки располагается на древнем гяетчере, усеянном ямами и трещинами. Эти последние заполнялись постепенно с соседних холмов землей, камнями и тому подобным, и на новой образовавшейся таким образом поверхности разрослась новая тундровая растительность. В то время, когда погиб мамонт, этот слой был, без сомнения, не настолько толст, чтобы мог выдержать тяжесть такого животного, и мамонт про-

валился в древнюю, слегка прикрытую щель ледника, причем во время падения сломал некоторые из самых толстых своих костей, например тазовые. Эти тяжелые повреждения не позволили ему выбраться из ямы, несмотря на делавшиеся им попытки, и, таким образом, он в короткий срок погиб»³.

Если оставить в стороне устаревшие представления О. Ф. Герца о глетчерной природе грунтовых вод, то его соображения по поводу характера гибели Березовского мамонта были вполне обоснованы.

Хорошую сохранность замерзших трупов мамонтов А. И. Гусев объяснял попаданием этих зверей в своеобразные ледовые ловушки. Как известно, бивни и трупы мамонтов находят в участках так называемого байджевахового рельефа, т. е. там, где мощные полигональные жилы подземного льда интенсивно вытаивают и появляются своеобразные бугры от столбов обжато́го грунта. Такое вытаивание грунтовых льдов с образованием внутриледовых ручейков (промоин) случалось в летние сезоны и в плейстоцене. Для формирования промоин требовалось наличие стока, поэтому они и возникали обычно по краю берега реки, на террасах, где бывали звериные тропы. А. И. Гусев считал, что и Березовский мамонт провалился в такую древнюю промоину на берегу реки Березовки, тем самым подтверждая догадку О. Ф. Герца.

Геолог К. А. Воллосович (1915), организовавший раскопки мамонта на о-ве Большом Ляховском, предположил, что мамонты погибали в низинах на пастбищах с молодой травой, когда на них обрушивались потоки жидкой грязи с окружающих холмов. Такие грязевые оползни в Арктике, называемые солифлюкционными, действительно происходят даже на очень пологих склонах — с уклонами всего в 5—6°. На крутых склонах внезапные грязевые оползни действительно нередко были причиной гибели мамонтов. Проваливались в такие природные ловушки и другие звери — лошади, северные олени, бизоны. Однако это бывало настолько редко, что не могло заметно влиять на численность популяций.

Что касается вероятности сохранения у замерзших трупов мамонтов жизнеспособных половых клеток (чем обычно интересуются теперь корреспонденты газет,



Берелех. Размыв головного участка костеносного слоя. Видны бедренные кости и ребра мамонтов, а также стенка оттаивающего грунта.

слышавшие о «генетическом коде» и иногда обсуждающие вопросы разведения мамонтов путем скрещивания с современными слонами), то здесь дело явно безнадежное. Все известные нам трупы и трупки животных из мерзлых грунтов эпохи мамонта были либо мумифицированными, либо тухлыми, с полностью денатурированными белками. Остывающий труп успевал частично разложиться даже в чисто ледяной могиле.

Географ-мерзлотовед А. И. Попов, участвовавший в 1946 г. в раскопках Таймырского мамонта, полагал, что целые трупы мамонтов могли сохраняться лишь как большая редкость в долинах рек. На основе своих исследований он пришел к убеждению, что жильный лед образуется

³Герц О. Ф. «Изв. Имп. Акад. наук», 1902, т. XVI, № 4.



Два озера съедают переимку, остаток древней лёссовой равнины в низовьях Индигирки.

в результате затекания полной воды в морозобойные полигональные трещины. Правда, об этом писал еще в прошлом столетии А. Бунге, но теперь факт подтверждался и специальными наблюдениями. Итак, образуясь в трещинах, лед обжимает полигоны аллювия и выталкивает на поверхность по их окраинам характерные валики грунта. Этот процесс повторяется после паводков ежегодно, в результате чего жилы льда нарастают и сверху («эпигенетически») и снизу. Это и есть «сингенетическая» гипотеза формирования грунтовых льдов. По представлениям А. И. Попова, мамонты, погибавшие от каких-либо причин, имели якобы шанс частично захорониться только в том случае, когда попадали на описанную полигональную решетку в пойме реки. В этом случае труп зверя постепенно погребался в упомянутых валиках грунта и свежих наносах аллювия. При таком способе естественно сохранялись лишь ткани стороны тела, лежащей на земле.

Между тем наблюдения над судь-

бой плавника в поймах рек показывают, что все плавающие предметы после паводка оседают на ровных участках наволоков (заливных участках поймы) редко и случайно. Под действием течения и волн они концентрируются в устьевых участках оврагов, в заводях и старицах, в береговой опушке — гребенке ивняка и редко на отмелях. Именно в заводях и старицах трупы и скелеты животных чаще всего погребаются и погребались в толщах наносов. Поэтому «притягивать» трупы мамонтов к полигональной решетке пойменных участков нет нужды.

В 1970 г. мы исследовали захоронение остатков нескольких сот мамонтов на реке Берелех — левом притоке Индигирки (71° с. ш.)

При изучении Берелехского мамонтова «кладбища» в 1970 г. в Якутии мы впервые применили размыв костеносного грунта с помощью мотопомпы. Этот метод позволял легко снимать оттаявший слой грунта, одновременно отмывая находящиеся в грунте кости. Грязная вода, стекая вниз из-под струи двух брандспойтов, промывала вначале по склону яра узкие ровики, а потом и вертикальные колодцы глубиной 4,5—5 м. Ледяные стенки этих колодцев шириной 15—20 см были настолько прочными, что не представляли для нас большой опасности. Оказалось,

что слой, содержащий черепа, кости, обрывки шкур, пряди волос мамонтов, залегают там в мерзлой толще отложений пойменного озера — древней старицы пра-Берелеха, размываемой современной рекой. Костеносный слой насыщен также остатками водяных мхов, детритом и чешуей сибирской плотвы. Это природное кладбище, судя по радиоуглеродной датировке, накапливалось около 12 тыс. лет назад. Отдельные особи и группы мамонтов, погибавшие в крошечной ледяной при переходе по заснеженному пра-Берелеху, сносились течением в старицу и оседали в ней на протяжении десятков и сотен лет подряд.

Важно отметить, что возрастно-половой состав 140 учтенных здесь особей мамонтов (из 8500 исследованных костей) оказался сходен с составом мамонтов, учтенных по костям, послуживших для устройства хижин на позднеледниковых стоянках долин Днепра, Десны и Дона!

Рядом с кладбищем мамонтов на Берелехе мы обнаружили и самую северную в мире стоянку палеолитического племени, примерно того же возраста, что и деснинские и донские стоянки (в пределах 11—10 тыс. лет назад). Первые индигирские землепроходцы, видимо, уже не застали живых мамонтов и питались преимущественно зайцами, оленями, гусями и белыми куропатками. Однако они использовали для своих нужд бивни, а может быть, и мерзлое мясо погибших мамонтов.

В результате изучения Берелехского «кладбища» подтвердилось вымирание мамонтовой группировки крупных зверей Арктики в конце последней ледниковой эпохи — на границе плейстоцена и голоцена, т. е. в пределах 12—10 тыс. лет назад.

Много раз исследователи пытались подсчитать, от какого числа особей были вывезены из Сибири за XVIII и XIX в. тысячи тонн мамонтовых бивней. В начале нашего века называли цифру в 46 750 мамонтов. К сожалению, эта статистика весьма условна. За последние полувека добыча бивней заглохла, хотя костерезные мастерские испытывают большую нужду в этом ценном сырье.

Автор этой статьи попытался учесть запасы мамонтовой кости, залегающей в мерзлых грунтах северной Якутии, подсчитывая частоту находок бивней в «мамонтовых могилах» — реликтовых ледовых останках Яно-Колымской низмен-

ности. По этим подсчетам, на дне морей Лаптевых и Восточно-Сибирском перемыто и перезахоронено в шельфе около 550 тыс. т бивней. В пределах же уцелевшей от размыва Приморской низменности осталось еще около 150 тыс. т потенциально обнаруживаемых бивней. Это дает основание условно считать, что на протяжении 50 тысячелетий последней ледниковой эпохи на крайнем северо-востоке Сибири жило около 200 млн мамонтов⁴.

Так, собранные различными специалистами документальные материалы о природе мамонтовых кладбищ дали возможность зоологам и палеогеографам обсуждать вопросы вымирания арктических толстокожих и копытных. Перспективы и методы частичного возрождения былой продуктивности арктических пространств составляют особую проблему.

⁴ Vereshchagin N. K. — «Polar Record», 1974, v. 17, № 106, p. 3—12.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Величко А. А. ПРИРОДНЫЙ ПРОЦЕСС В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ. М., 1973.

Верещагин Н. К. О ПРОИСХОЖДЕНИИ МАМОНТОВЫХ КЛАДБИЩ. Природная обстановка и фауна прошлого, вып. 6. Киев, 1972.

Пидопличко И. Г. ПОЗДНЕПАЛЕОЛИТИЧЕСКИЕ ЖИЛИЩА ИЗ КОСТЕЙ МАМОНТА НА УКРАИНЕ. Киев, 1969.

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

Древнейшая цивилизация Южной Америки

Ю. Е. Березкин



Юрий Евгеньевич Березкин, кандидат исторических наук, младший научный сотрудник Института этнографии АН СССР. Занимается изучением доинкских культур Перу.

Чавин. Это экзотическое название давно тревожит умы археологов-американистов. Проблеме Чавина посвящаются научные конференции и полемические статьи. Характерные изображения божеств с оскаленным клыкастым ртом можно встретить на марках республики Перу и на страницах популярных зарубежных журналов. Радостно оживляются при слове «чавин» сторонники трансокеанских и межпланетных контактов: загадочная цивилизация — желанный материал для любых спекуляций. А загадок и в самом деле немало. Но прежде несколько слов о собственно Чавине, точнее о Чавине-де-Уантар — древних руинах, давших название всей культуре и являющихся ее самым ярким и значительным памятником.

ХРАМ В ДОЛИНЕ РЕКИ

Чавин-де-Уантар расположен в горах северного Перу на высоте 3170 м над ур. м., в месте слияния Мосны (приток Мараньоны) с небольшим ручьем Вачексой. Развалины этого памятника находятся между берегом реки и поросшим травой склоном холма. Господствует над руинами здание прямоугольной формы (75X72 м) в виде крутой усеченной пира-

миды, прозванное местными жителями «Кастильо» — крепость. Название это, конечно, условно. Это не крепость, а храм. Высота пирамиды — более 13 м. Стены ее сложены из гладко отесанных каменных плит и были украшены рельефным фризом и каменными головами божества, выступавшими из кладки. На месте ныне остались лишь один каменный блок с изображениями змеи и ягуара и одна голова. Остальные камни с изображениями хранятся в различных коллекциях и музеях или попали в дома окрестных крестьян.

В 50-х годах с восточной стороны пирамиды был откопан монументальный портал — лестница с обрамляющими ее двумя колоннами. Северная половина портала сложена из темных плит, южная — из светлых. Ведет эта лестница на крышу — по расходящимся вправо и влево ступеням можно подняться наверх.







Перед порталом пирамиды расположен целый комплекс платформ, площадей и лестниц, а вокруг всего центра на территории не менее 0,5 км² заметны бугры, по-видимому, скрывающие остатки домов.

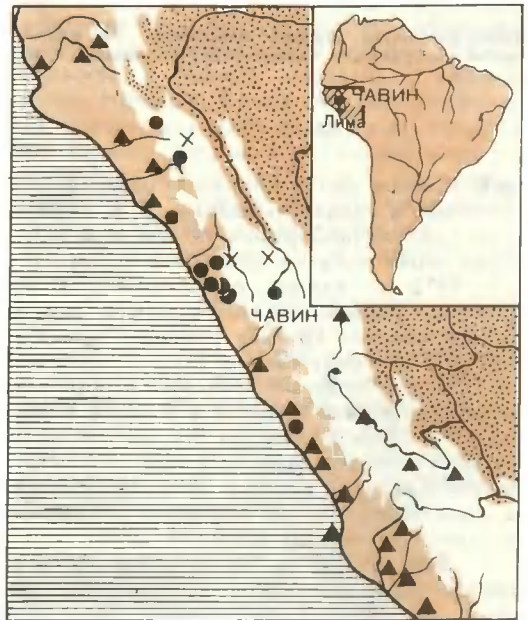
С севера к пирамиде примыкают два массива кладки меньшей высоты и сильно оплывшие. Это остатки более древней, чем пирамида, части здания, имевшей в плане форму латинской бук-



Чавин-де-Уантар. «Кастильо», вид с востока.

Природные зоны Центральных Анд и распространение чавинидных памятников.

-  храмовые центры с монументальной скульптурой и архитектурой
-  отдельные находки монументальной скульптуры чавинидного стиля
-  памятники раннеземледельческих культур, находившихся под влиянием цивилизации Чавина
-  влажные тропические леса Амазонки
-  безлесные области с сильно пересеченным рельефом (субтропические долины и высокогорья)
-  пустыни побережья с оазисами в долинах рек





Чавин-де-Уантар. Портал «Кастильо». На колоннах — изображения мифических хищных птиц.

Чавин-де-Уантар. Каменная голова клыкастого божества, укрепленная в стене.

вы U. Южное крыло этой части позже было включено в кладку пирамиды, а к северному сделана пристройка, так что весь комплекс снова получил U-образную форму.

В 1972 г. внутри образуемого этим древним зданием прямоугольного двора была раскопана круглая площадь диаметром 21 м, окруженная стеной высотой 1 м. Стена облицована плитами с изображениями людей или божеств и ягуаров. С запада и востока к площади спускаются лестницы из светлого гранита, каждая по 7 ступеней. Светлым камнем была вымощена и сама площадь, но лестницы соединяет дорожка из черных плит.

Еще в XVI в. было известно, что внутри монументальных сооружений Чавина есть помещения, вернее узкие ко-

ридоры. Многие поколения жаждущих золота кладоискателей разрывали полузасыпанные входы и со свечами и факелами в руках карабкались по запутанным лабиринтам. В большинстве коридоров охотники за золотом находили лишь летучих мышей, но когда они пробирались в крестообразное помещение в центральной части здания (прямо в него вела лестница со скрытой от глаз круглой площади), ужас охватывал пришельцев, и они спешили вылезти на свежий воздух. Посреди прохода возвышался огромный монолит в виде устрашающей фигуры со змеями на голове и оскаленным клыкастым ртом. В XIX—XX вв. вблизи развалин были найдены и другие культовые изображения, выбитые на каменных плитах и стенах,



Обломок каменной плиты с мифологическими изображениями, найденный возле развалин Чавина.

среди них фигуры антропоморфных божеств, мифических змей, кондоров и ягуаров, а также двух кайманов, самца и самки, из тел которых выступают кока, маниок и, возможно, еще какие-то растения.

Современные «охотники за древностями» менее пугливы, лучше оснащены, чем их предшественники в XVI—XIX вв., а главное интересуются не только золотом, так что их «исследования», несомненно, нанесли бы огромный вред памятнику, если бы сама природа не позаботилась о его сохранности. 17 января 1945 г. в результате прорыва ледникового озера в верховьях Мосны Чавин был полностью затоплен и залит толстым слоем грязи. Став менее доступным для туристов и грабителей, он в основном благополучно до-

жил до того времени, когда лопата археолога, наконец, коснулась древних камней.

СЕТЬ ХРАМОВЫХ ЦЕНТРОВ

Во время раскопок сооружений Чавина в 1966 г. перуанские исследователи Л. Г. Лумбрерас и Э. О. Амаг основное внимание обратили на исследование внутренних галерей. Оказалось, что их пустота кажущаяся. Под слоем глины на полу коридоров и отходящих от них маленьких помещений были обнаружены разбитые сосуды с изображениями, близкими по стилю как изображениям на различных монументальных рельефах самого Чавина-де-Уантар, так и разрывке керамики, найденной в разных районах Перу.

Установлено, что архитектурный комплекс на берегу Мосны — не единственный храмовый центр; одновременно с ним существовали и другие, располагавшиеся в границах области, охватывающей северные горы Перу, а также северное и частично центральное побережье. В горах находятся два из них: Пакопампа и Кунтур-Уаси, причем сооружения Пакопампы — одни из древнейших. Исследовавшие этот храм археологи датируют самые ранние постройки 1800 г. до н. э. Затем Пакопампа попадает под влияние Чавина-де-Уантар, храм расширяется, но местная культура продолжает сохранять значительное своеобразие. Существенно отличается по стилю от собственно чавиноидной и монументальная скульптура Кунтур-Уаси. На побережье храмы, обнаруживающие разную степень близости к Чавину, найдены в долинах Моче, Непенья, Касма, Чильон. Несмотря на удаленность друг от друга и своеобразие разных центров, в них можно заметить и сходные черты, особенно в планировке (U-образная форма многих комплексов, лестница посреди главного фасада) и в темах монументального и прикладного искусства.

С находкой в Чавине керамики, распространенной и на других памятниках (во всяком случае, на тех, что расположены в прибрежных долинах Моче и Чильон), стало ясно, что отдельные храмы поддерживали друг с другом связь. Возможно даже некоторые сосуды были принесены из отдаленных мест и помещены внутри галерей Чавина в качестве приношений.

Таким образом, первая южноамериканская цивилизация предстает как сеть связанных друг с другом храмовых центров. Собственно Чавин служит как бы их

фокусом, превосходя остальные не монументальностью главных сооружений, а количеством и качеством памятников культурного искусства. Кроме того, в отличие от прочих центров, Чавин, по-видимому, не только храм, но и древнейший город. Сообщений из других мест о наличии значительной обжитой территории вокруг главных комплексов строений пока нет.

ОТ ПРИМИТИВНЫХ ЗЕМЛЕДЕЛЬЦЕВ ДО РАННЕКЛАССОВОГО ОБЩЕСТВА ЗА ПОЛТОРЫ ТЫСЯЧИ ЛЕТ

Вернемся к загадкам Чавина. Прежде всего, долго оставалось неясным, как датировать эту культуру. «Отец перуанской археологии» М. Уле, открывший в 1890—1900 гг. цивилизации I тыс. н. э. на побережье Перу, считал, что Чавин не старше их. Такое мнение господствовало до тех пор, пока в 20-х годах перуанский археолог Х. С. Тельо не доказал, что материалы, которые с большим или меньшим правом можно называть «чавиноидными», во-первых, встречаются в Перу на огромной территории протяженностью более 1000 км, а во-вторых, безусловно, предшествуют культурам I тыс. н. э. В последние десятилетия, по мере исследования разных памятников северного Перу и датирования их радиоуглеродным методом, время существования культуры Чавина приходилось отодвигать все далее в глубь веков, и ныне ее появление можно смело относить к XII в. до н. э. Это значит, что Чавин — одна из древнейших цивилизаций Нового Света, синхронная самым ранним городам-государствам ольмеков¹ на побережье Мексиканского залива, а может быть, и предшествующая им.

Но главной проблемой является не столько глубокая древность, сколько внезапность появления культуры Чавина в северном Перу. Монументальная скульптура и архитектура, оригинальный метод каменной кладки, своеобразный стиль искусства, развитое златокузнечество (известное по находкам на побережье изделий с изображениями, выполненными на основе тех же художественных принципов, что и характерные для Чавина рельефы на камне и на керамике) — все это

возникает как бы из ничего, не опирается на давнюю традицию. Соответственно, та высокая общественная организация, наличие которой предполагает известная нам материальная и духовная культура чавинцев, также появляется как бы в сложившемся уже виде.

А ведь в III тыс. до н. э. жители тех районов, где через 1000—1500 лет расцвела культура Чавина, еще не умели делать глиняную посуду, и в хозяйстве многих из них рыболовство, собирательство, охота имели большее значение, чем земледелие. Напомним, что на Ближнем Востоке между победой земледельческой экономики и появлением первого раннеклассового общества Двуречья и долины Нила прошло три тысячелетия. Таким образом, главная загадка Чавина — это загадка общества, прошедшего путь от окончательного становления производящего хозяйства до раннеклассового общества в исключительно короткий срок.

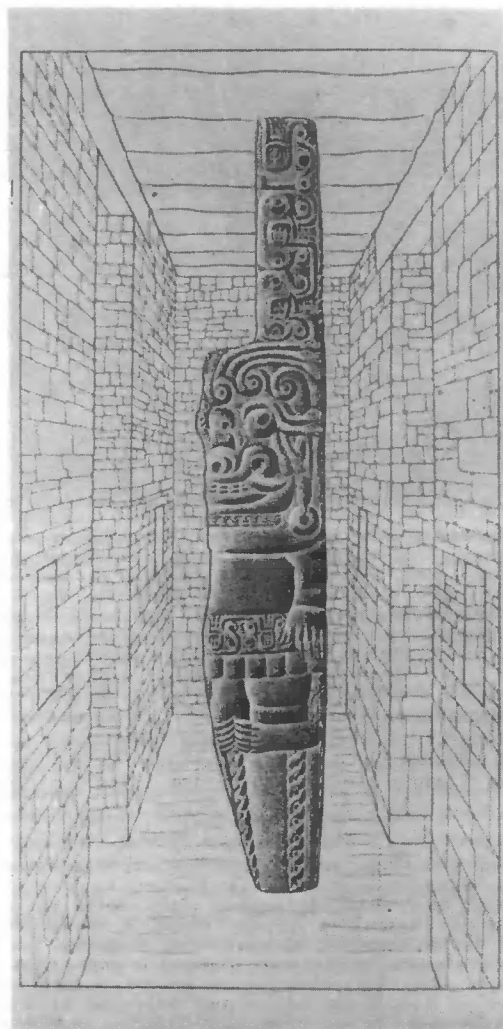
КУЛЬТУРА НА СТЫКЕ ПРИРОДНЫХ ЗОН

Естественно, что в гипотезах о приходе строителей Чавина-де-Уантар в северные горы Перу из другого района не было недостатка. Их прародиной называли Эквадор, леса Амазонки, побережье Перу, Мексику и даже чжоуский Китай. За исключением последнего предположения, безусловно несерьезного, все эти мнения в какой-то мере обоснованы. В Эквадоре зарождаются некоторые характерные для Чавина типы керамики, а в море у эквадорского побережья находят те раковины теплолюбивых моллюсков, которые мы видим изображенными на монументальных рельефах. С Амазонией наверняка связано почитание крокодилов, которые не водятся в горных реках, и может быть, художественный стиль, ибо некоторые исследователи думают, что он был выработан вначале при резьбе по дереву. На побережье Перу уже в первой половине II тыс. до н. э. строятся довольно значительные пирамиды и, возможно (если верна гипотеза о ранней датировке храма Серро-Сечин в долине Касмы), появляются изображения на каменных стелах. В Мексике были одомашнены некоторые найденные в Перу культурные растения. Кроме того, и в Чавине, и у ольмеков было распространено почитание ягуара. Однако именно в силу разнонаправленности генетических связей Чавина становится ясно, что должен быть и район, где произошло слияние многих разно-

¹ Хронологические рамки Ольмекской культуры окончательно не выяснены. Начало ее датируется разными исследователями от XV до VIII в. до н. э.



«Лассон» — статуя божества высотой 4,5 м в одном из внутренних помещений Чавина. Справа — зарисовка обратной стороны «Лассона».



Перуанские исследователи Л. Г. Лумбрерас и Э. О. Амад подошли к проблеме именно с подобной позиции. По мнению Лумбрераса, северные горы Перу занимают чрезвычайно выгодное географическое положение. Этот район расположен поблизости от нескольких очагов земледелия, откуда происходят разные сельскохозяйственные культуры. Из Амазонии сюда проникали маниок, батат и арахис, из лесов на восточных склонах Анд — кока, из Центральной Америки через Эквадор — некоторые виды фасоли и тыкв, и, возможно, маис. Сами Анды — родина таких зерновых культур, как амарант, люпин и киноа, картофеля и прочих корнеплодов, отличных от центральноамериканских видов фасоли и тыкв и, вероятно,

родных элементов в единую культуру и что расположен он скорее всего в горах северного Перу, захватывая, возможно, крайний юг Эквадора. В конце концов не обитатели Амазонки, а местные земледельцы добились такого уровня производства, при котором впервые в Америке оказалось возможным строить богатейшие по убранству храмы и содержать обслуживавших их жрецов и ремесленников.



Чавин-де-Уантар. Прорисовка рельефа на каменной стене («обелиск Тельо») — изображения самки мифического каймана. Ее тело составлено из фигур разных существ; в некоторых местах из него выступают растения. Справа и выше головы — маленькие изображения ягуара, кондора и рыбы. Фигура каймана — свидетельство связи культуры Чавина с тропическими лесами Амазонки. Рельеф выполнен в стиле, близком к «Офрандас».



Хозяйственные зоны запада Южной Америки в начале I тыс. до н. э. Основные культуры зоны поливного земледелия: маис, бобы, тыква, хлопок, различные фрукты, перец и проникише с востока маниок, арахис, батат. Большое значение имели рыболовство и морское собирательство. Лама была известна, но неясно, разводили ее на побережье или только получали от жителей гор.

В зоне террасного, в основном неполивного земледелия межгорных долин Центральных Анд выращивались: маис, бобы, хлопок, тыква, кока, киноа, амарант, различные фрукты, возможно, картофель и другие холоднотойкие корнеплоды. Разводили лам и морских свинок. Основная культура высокогорного земледелия боливийского Альтиплано, особенно в районах выше 4000—4100 м над ур. м., — картофель. Дополнительное значение имели ока, улююку, аньо (корнеплоды), киноа и люпин. Важнейшую роль в хозяйстве играло разведение лам и альпак. Зона подсеčno-огневого земледелия тропических лесов включает две области: земледелие низменностей и низовьев рек с маниоком в качестве ведущей культуры. Кукуруза распространена меньше, а во многих районах в эпоху Чавина, возможно, вообще неизвестна; земледелие преимущественно возвышенных и гористых районов с кукурузой центральноамериканских сортов в качестве ведущей культуры. В этой области, возможно, существовало не только подсеčno-огневое, но и террасное земледелие.



поливное земледелие в оазисах побережья

террасное, в основном неполивное земледелие межгорных долин Центральных Анд

высокогорное земледелие боливийского Альтиплано
подсеčno-огневое земледелие тропических лесов

граница распространения чавинoidных культур

перуанских сортов маиса. Здесь же были приручены лама, альпака и морская свинка (являющаяся, кстати, до сих пор значительным источником животных белков в пищевом рационе индейцев). Не менее важно, что в районе Чавина близко соседствуют разные высотные зоны, ресурсы которых дополняют друг друга, причем ведущее значение имеет зона «кечуа» (2300—3500 м над ур. м.) с ровным субтропическим климатом и достаточным для неполивного земледелия количеством осадков, особо благоприятная для посевов кукурузы. Значительных лесов в этой зоне нет, так что главная забота земледельца — не вырубка деревьев и не рытье каналов, а террасирование крутых склонов. Сейчас зона «кечуа» — житница Перу. Выше нее расположены районы, благоприятные для разведения лам и выращивания таких важнейших для Перу культур, как картофель и киноа². Ниже, в тех долинах, которые открыты влажным ветрам, дующим с Атлантики, возможно подсечно-огневое земледелие с маниоком в качестве главной культуры, а в закрытых сухих долинах выращивают главным образом фруктовые деревья. Влажные восточные склоны Анд выше зоны густых тропических лесов предоставляют уникальные условия для посадок коки — кустарника, в листьях которого содержится наркотическое вещество. С помощью древности индейцы Перу употребляли коку во время церемоний и, вероятно, также как допинг при тяжелых физических работах. Поскольку для выращивания растения требуется постоянная суточная и годовая температура около 18°C, его можно было сажать лишь в отдельных районах, и листья коки ценились весьма высоко. Обладание кустами коки являлось в доиспанское время определенным залогом благосостояния.

СЕВЕРОПЕРУАНСКИЙ ПУТЬ СЛОЖЕНИЯ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Путь сложения древнейшей цивилизации в северном Перу был отличен и от известного по материалам Старого Света (ирригационные цивилизации долин великих рек, а позже классовые общества с экономикой, основанной на неорошаемом земледелии средиземноморского типа).

² Киноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) — растение из семейства маревых, один из видов лебеды. Из ее семян получают муку, либо готовят каши и супы. Киноа не имеет вредителей среди насекомых.

Единственная из всех древнейших цивилизаций культура Чавина сформировалась в горной области на основе комплексного использования сельскохозяйственных ресурсов разных высотных и климатических зон, выращивания ряда высокоурожайных культур как зерновых (маис); так и тропических корнеплодов (маниок) и разведения ламы и, вероятно, морской свинки. Не ясно, знали ли чавинцы также и картофель. Дело в том, что о разведении ими маиса, маниока и других культур можно с уверенностью говорить по двум причинам. Во-первых, изображения этих растений, хоть и единичные, встречаются на монументальных рельефах и на керамике, найденных в горах северного Перу. Во-вторых, их остатки, не сохраняющиеся в более влажном климате района Чавина, обнаружены при раскопках в Центральных горах (где нет лишь маниока, который не растет в тех местах) и на побережье. Что же касается картофеля, то для эпохи Чавина нет ни изображений клубней, ни их бесспорных археологических остатков. В этой связи показательно, что влияние Чавина не распространилось на родину картофеля — высокогорную степь (пуну) боливийского Альтиплано, а четко охватило лишь две природные области: горные районы с субтропическими долинами и оазисы побережья. При этом в экономике побережья, вероятно, продолжало играть важную роль использование огромных пищевых ресурсов перуанских прибрежных вод (лов рыбы, сбор «даров моря», охота на морского зверя).

В результате интенсификации земледелия в связи с появлением новых сельскохозяйственных культур, усиления обмена и культурного взаимодействия между поселениями, расположенными в разных природных зонах, в какой-то мере на основе уже имевшихся в северном Перу к середине II тыс. до н. э. очагов сложения цивилизации произошло, вероятно, настолько быстрое сложение культуры Чавина, что памятники ее формативной стадии оказались очень малочисленными и до сих пор не найдены археологами. Ведь горные районы Перу археологически изучены пока крайне плохо. В этом скорее всего и кроется загадка происхождения Чавина.




ЧАВИН И ВАРВАРЫ

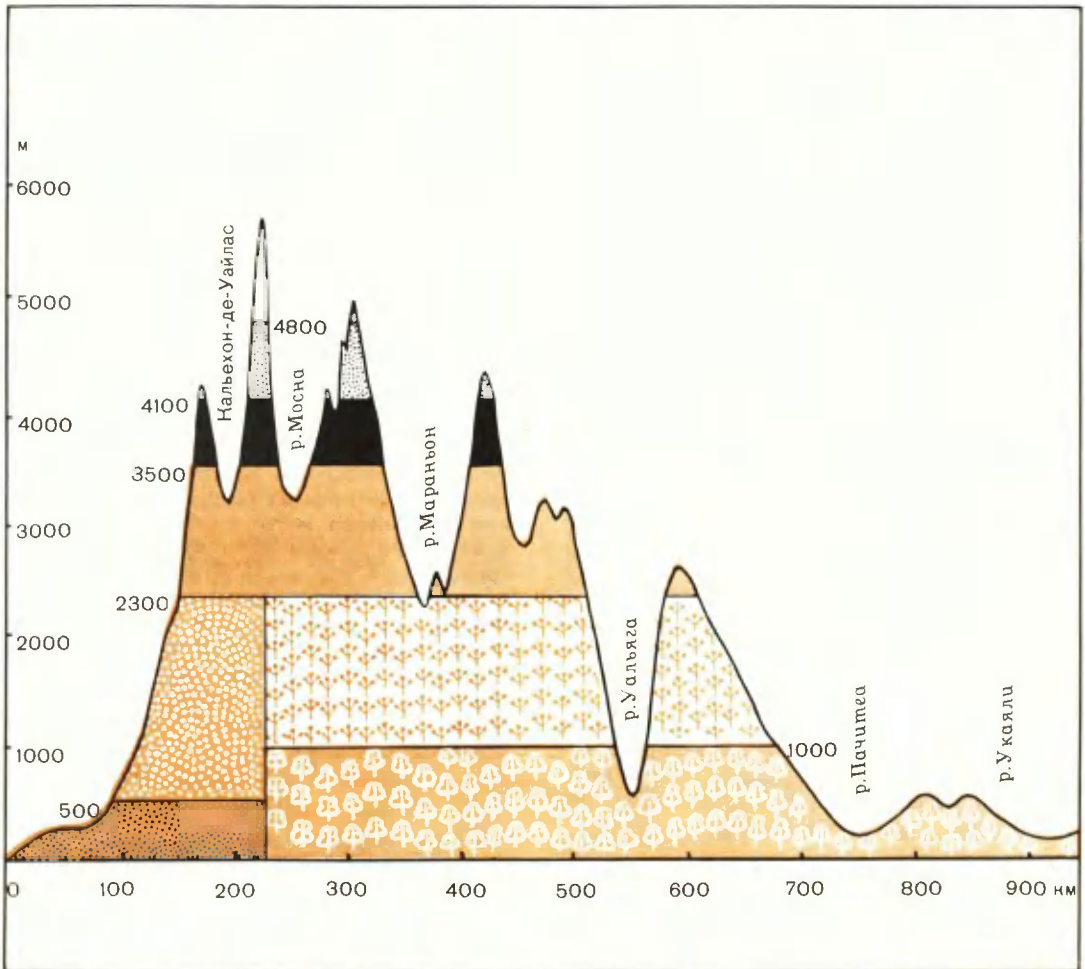
Цивилизация Чавина оказала огромное влияние на окружавшие ее первобытные племена. В раннеземледельческих

культурах центрального и северного Перу распространяется чавинфидная или близкая ей парадная керамика, появляются изображения ягуара и антропоморфного божества с клыками ягуара во рту. По мнению изучавшего этот вопрос В. А. Башилова, заимствование жителями разных районов

Схема высотных зон Центральных Анд (разрез с запада на восток от побережья океана до долины р. Укаяли через район Чавина-де-Уантар).

-  сухолюбивая растительность в закрытых межгорных долинах и влажные субтропические леса на восточных склонах Анд
-  разнообразная субтропическая растительность — травы, кустарники, отдельные деревья и рощи (зона Кечуа)
-  альпийские луга, отдельные кустарники и деревья
-  холодная высокогорная тундра или степь
-  скалы и вечные снега

-  сухолюбивые травы и кустарники, деревья близ источников воды
-  влажные тропические леса Амазонки и восточных предгорий Анд
-  пустыни и оазисы побережья



Перу некоторых элементов культуры Чавина было связано с проникновением к ним новых, более урожайных сортов кукурузы, которые имели в своем распространении чавинцы. Что же касается самого культа кошачьего хищника в Чавине, то его, как уже говорилось, иногда приписывают центральноамериканскому влиянию, ибо подобный культ был распространен у живших на побережье Мексиканского залива ольмеков. Первоначально обожествлять ягуаров стали там, где хищники служили естественными защитниками полей от травоядных животных. Следовательно, культ ягуара мог зародиться не только в Мексике, но и в любой лесной области Южной Америки, значительно более близкой к Чавину.

Однако не все племена попали под влияние цивилизации Чавина. Так, археологи давно обратили внимание на то, что в долине Кальехон-де-Уайлас, непосредственно к западу от долины Мосны, за горным хребтом, памятников Чавина почти нет. Жители Кальехон-де-Уайлас лепили довольно грубую посуду и расписывали ее по красному фону белой краской. И вот во время недавних раскопок, произведенных Лумбрерасом и Аматою, сходная керамика была найдена и в Чавине-де-Уантар. А когда культурные отложения расчистили на более широкой площади, перед исследователями предстала классическая картина варварского завоевания: маленькие домишки, на строительство которых пошли плиты, вывороченные из развалин храма. Рядом лежали обломки сосудов, расписанных белым по красному.

Керамика, расписанная белым по красному, сменяет чавиноидную и на центральном побережье Перу, где находился самый южный храмовый центр конца II — начала I тыс. до н. э. — Гарагай. Влияние культуры того же круга заметно на востоке, на поселениях в верховьях р. Уальяги (этап Котос-игерас, материалы которого резко отличны от находок в более глубоких слоях). На северном побережье в середине I тыс. до н. э. появляются культуры салинар и пуэрто-моорин, также имеющие аналогии с прочими комплексами красно-белой керамики.

Можно полагать, что нашествие племен, употребляющих посуду, украшенную белым геометрическим орнаментом, и стало причиной гибели Чавина. История знает множество примеров разгрома варварами древних культурных центров. В данном же случае удивляться их победе тем более не приходится: ведь чавинцы не



Сосуд со стременидной ручкой с побережья Перу, выполненный в стиле, близком к «Рокас». Есть мнение, что это подделка, созданная гончарами культуры Мочика в середине I тыс. н. э.

имели перед своими соседями существенных преимуществ ни в технологии, ни в организации. Они не знали металлов (кроме драгоценных) и не создали крупных государств.

К сожалению, вопрос о том, откуда пришли варвары, разгромившие Чавин, оказался более сложным, чем можно было думать. Прошло совсем немного времени после находок красно-белой керамики на развалинах Чавина — и вот перуанский археолог Г. Веселиус сообщил, что в долине Кальехон-де-Уайлас обнаружен древний храмовый комплекс того же типа, что и другие храмы эпохи Чавина. Если это сообщение подтвердится, оно будет свидетельствовать в пользу того, что последовательность культур (ниже Чавин,

выше — красно-белая керамика) и в Кальехон-де-Уайлас, и в долине Мосны одинакова и прародину варваров надо искать в другом месте. Впрочем, неисследованных районов в Перу еще много.

Не менее 300—400 лет прошло после разгрома Чавина, прежде чем в начале нашей эры в Перу возникли новые цивилизации. И тем не менее Чавин довольно значительно повлиял на их облик, особенно на искусство, идеологию. Пути этого влияния далеко не ясны. Так, например, жители северного побережья, создавшие

культуру Мочика³, сознательно копировали древние, давно вышедшие из употребления сосуды эпохи Чавина, которые они скорее всего находили, как и мы, в старых погребениях. На культуры южного и особенно центрального побережья начала нашей эры Чавин повлиял меньше, но зато связи с ним ясно чувствуются за

³Мочика — древняя цивилизация, существовавшая на северном побережье Перу с рубежа н. э. по VIII в. н. э.



Чавин и перуанские цивилизации первых веков нашей эры.



цивилизации первых веков нашей эры, сохранившие традиции Чавина



цивилизации первых веков нашей эры, в которых традиции Чавина почти или совсем отсутствуют



районы, занятые во второй половине I тыс. до н. э. культурами красно-белой керамики



районы, где эти культуры, возможно, не найдены в силу слабой изученности территории



Чавин-де-Уантар



другие храмовые центры эпохи Чавина

много сотен километров на юго-восток, на берегах оз. Титикака, т. е. там, где похожих на Чавин памятников как раз совершенно не было. Через Мочику и другие центры опосредованное влияние Чавина проникло через века и наложило отпечаток на весь облик перуанской цивилизации, какой ее застали испанцы в XVI в.

ЗАГАДКА ПОДЗЕМНЫХ ЛАБИРИНТОВ

Сейчас можно, пожалуй, сказать, что основные проблемы Чавина — проблемы происхождения и гибели этой культуры, ее хозяйственной основы в принципе решены, во всяком случае, намечены направления для дальнейших исследований, которые позволят когда-нибудь осветить эти вопросы достаточно подробно. Однако храм на берегу Мосны, не говоря уже о других центрах, значительно менее изученных, скрывает еще массу тайн. Среди загадок, с которыми столкнулись при недавних раскопках перуанские археологи, — вопрос о назначении и датировке некоторых подземных галерей.

В 1966—1967 гг. в подземных проходах под названием Офрендас и Рокас были обнаружены два комплекса орнаментированной керамики. Они получили те же названия, что и сами проходы. Комплекс Офрендас был найден в прямоугольных комнатках, выходящих в соединяющий их прямой коридор. Галереи подобного типа находятся в основном в массиве кладки храмовых зданий и имеют сложные вентиляционные устройства, шахты которых образуют длинные горизонтальные ходы. Стены галерей сложены из обтесанных плит и были, по-видимому, обмазаны глиной и покрашены. На полу коридора в Офрендас был обнаружен женский череп, обрамленный сорока детскими молочными зубами — свидетельство совершавшихся здесь обрядов. Комплекс Рокас найден в галерее, представлявшей узкий кривой подземный ход без боковых помещений, далеко уводящий за пределы зданий храма. В отличие от галерей типа Офрендас, стены галерей типа Рокас сложены из неотесанных камней, а вентиляционными устройствами в них служат короткие вертикальные шахты.

У исследователей не было сомнений в том, что галереи типа Рокас построены раньше Офрендас. Отсюда делался вывод, что и керамика Рокас старше. Он хорошо согласовывался с тем, что в комплексе Рокас представлены сосуды, широко

распространенные еще в первой половине II тыс. до н. э. в Эквадоре и на крайнем севере Перу. В Офрендас таких сосудов нет, и этот комплекс стали рассматривать как сложившийся позже, в самом Чавинде-Уантар. В пользу этого свидетельствовало и то, что данная керамика отличается большей изысканностью, тщательностью отделки и орнаментации. Однако в 1972 г. в ходе раскопок было доказано, что древнейшим является комплекс Офрендас, хотя предположение, что и галерея Офрендас старше Рокас, отпало, когда в ее полу открылось отверстие вертикальной вентиляционной шахты, идущей снизу из прорытой глубже галереи типа Рокас. Понятно, что керамика, найденная в галерее Рокас, попала туда много времени спустя после того, как этот проход был сооружен. Но если галерея Офрендас синхронна древнейшему этапу строительства храма, когда же были прорыты галереи типа Рокас? Неужели в период, когда самого храма еще не было? Да и зачем нужны были эти длинные катакомбы, уводящие на многие десятки метров за пределы центральных сооружений Чавина, остатки которых обнаруживаются все в новых местах? В отличие от относительно просторных (более 1 м в ширину) галерей типа Офрендас, соединенных с маленькими комнатками, галереи типа Рокас из-за своей кривизны и узости (до 80 см) вряд ли были пригодны для использования в качестве помещений — будь то хранилища или места совершения каких-то культовых действий. Это именно ходы, уводящие неизвестно куда.

Будем надеяться, что продолжающиеся работы перуанских ученых раскроют и эту тайну.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Башилов В. А. ДРЕВНИЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ ПЕРУ И БОЛИВИИ. М., 1972.

Неизвестные фотографии А. Эйнштейна

В 20-е годы А. Эйнштейн бывал в советском полпредстве в Германии, где познакомился и с парикмахером полпредства Г. А. Боруховым. Эйнштейн пользовался его услугами и в знак благодарности за работу по просьбе Борухова подарил ему две фотографии.

При любезном содействии московских ученых эти фотографии были переданы в редакцию «Природы». Э. Дюкас, бывший секретарь Эйнштейна, проживающая сейчас в Принстоне (США), подтвердила, что фотографии относятся к 20-м годам и ранее не публиковались.

Редакция обратилась с просьбой к известному советскому физики Ю. Б. Румеру, который в те годы работал в Германии, поделиться воспоминаниями о своих встречах с Эйнштейном.

Ю. Б. Румер

Доктор физико-математических наук
Институт ядерной физики
СО АН СССР, Новосибирск

Фотографии Эйнштейна, публикуемые впервые в этом номере «Природы», сохранили его образ таким, каким он запомнился мне со времени моих трех встреч с ним, когда я был начинающим физиком из «школы» Макса Борна.

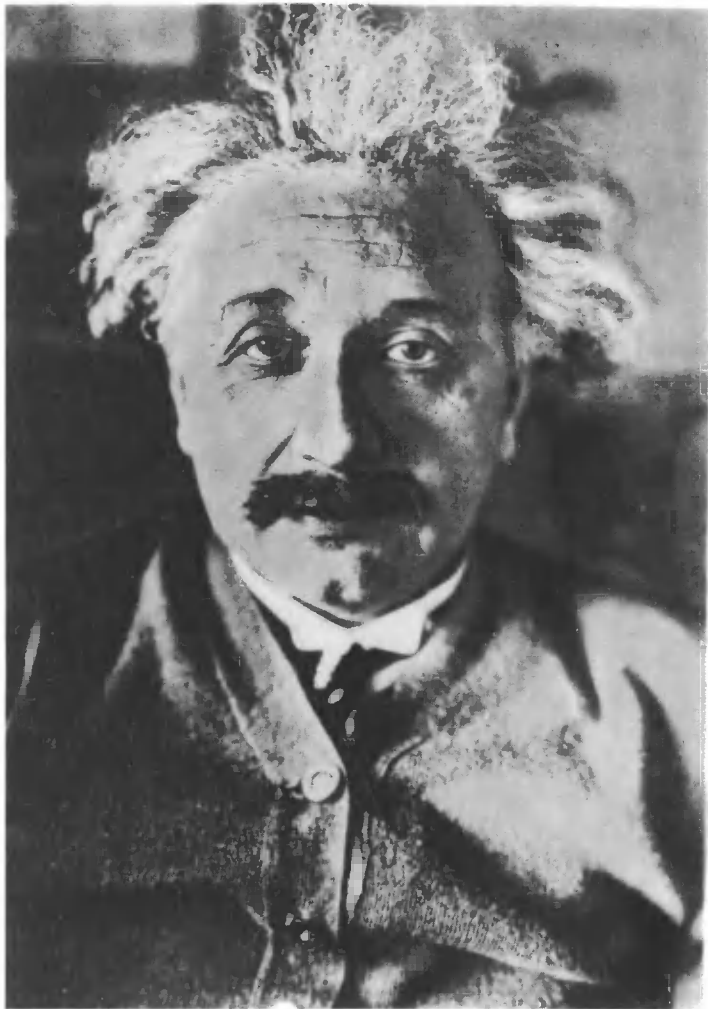
В конце двадцатых годов отзвуки великого гносеологического взрыва, каким явилось создание теории относительности и квантовой механики, докатились до самых отдаленных уголков мира. Множество молодых людей самых различных способностей и степени подготовленности устремились в центры «новой квантовой ве-

ры» — Копенгаген, Геттинген, Цюрих, Лейден, Кембридж, — чтобы принять участие в этом «пиршестве фантазии и интеллекта». Мне было 28 лет, когда я оказался летом 1929 г. в Геттингене. Математическая и физическая научные школы Геттингена пользовались тогда мировой славой. Этот город притягивал к себе романтически настроенных молодых людей еще со времен, когда «Владимир Ленский с душою прямо геттингенской»... к нам... «из Германии туманной привез учености плоды».

В годы моей учебы в Московском университете существ-

вавшая там традиционно сильная математическая школа определила мои надежды и устремления. Я неплохо разобрался в математическом аппарате общей теории относительности, тогда как мои познания в области новой квантовой физики имели скорее фрагментарный характер. В Геттинген я привез с собой работу о некотором обобщении общей теории относительности, где пытался придать динамический смысл известным в дифференциальной геометрии уравнениям Гаусса-Кодацци. С этой работой и со всей самонадеянностью молодости я и явился к Макс Борну, главе геттингенской школы теоретической физики. Борн выслушал меня внимательно, работа ему понравилась, и он тут же вызвал двух своих сотрудников, Гайтлера и Нордгейма, поручив им «устроить» меня в Геттингене. Мне кажется, что у молодых ассистентов Борна вызвал симпатию скорее я сам, а не моя математизированная и уж во всяком случае совсем не квантовая работа. Они с большим жаром принялись придавать мне геттингенский облик. Все складывалось довольно удачно, оставалось только обеспечить себе средства существования. Это, как вскоре выяснилось, оказалось весьма не простым делом.

Теперь нелегко представить себе, какие трудности возникали даже у таких людей как Борн при попытке устроить на работу нужного ему человека. В то время физикам платили либо за преподавание физики, либо давали стипендию за ее изучение. Платить за научную работу было не принято.



Эйнштейн в 20-е годы.

К тому же мое появление и первые месяцы пребывания в Геттингене совпали с началом мирового экономического кризиса и наступлением «тощих лет». Только теперь, полвека спустя, когда опубликована переписка Борна с Эйнштейном¹, я узнал,

¹ Einstein A. Briefwechsel 1916—1955. München. 1969.

какую заботу и сердечное участие проявил тогда Борн по отношению ко мне, совершенно неожиданно появившемуся у него «человеку из России». Чтобы «выклянчить» деньги для Румера,— как он писал в одном из писем к Эйнштейну, Борн решил воспользоваться его содействием и послал ему мою работу. Пророки квантовой эры имели, как правило, педагогические наклонности и пользовались славой хороших учителей. Тот факт, что некоторые учителя почти не отличались по возрасту от своих учеников, придавал общению живой и непринужденный характер. Главная задача старшего

поколения (в Геттингене это был Борн) состояла в том, чтобы отобрать возможных кандидатов. Обучали же их, в основном, молодые преподаватели. Эйнштейн славой хорошего учителя не пользовался. Его огромная внутренняя сосредоточенность была для посторонних почти неодолимой преградой на пути проникновения в мир его физических идей. Однако, вопреки распространенному теперь мнению о том, что Эйнштейн всегда хотел все делать сам и не нуждался в помощниках, дело обстояло, по-видимому, сложнее. Как видно из его переписки с Борном, Эйнштейн неоднократно высказывал желание «найти руки» для проведения расчетов.

Борн, окруженный творческой молодежью, всегда стремился найти подходящих сотрудников для Эйнштейна. Он считал возможным «примерить» меня к Эйнштейну и, посылая ему мою работу, в сопроводительном письме рекомендовал меня как человека, который мог бы стать для Эйнштейна «идеальным ассистентом».

Вряд ли письмо Борна имело бы какие-либо последствия, так как Эйнштейн чужих работ обычно не читал. Но друг Эйнштейна, профессор Павел Сигизмундович Эренфест, связанный с Россией многолетними узами, проявлял живейшее и сердечное внимание к судьбе всех приезжавших из России молодых физиков. Принял он участие и в моей судьбе. Я думаю, здесь тоже не обошлось без содействия Борна, но так или иначе в декабре я получил от Эренфеста телеграмму из Берлина: «Приезжайте, Эйнштейн Вас примет». Сразу вслед за телеграммой пришел перевод на 200 гульденов для оплаты проезда, что оказалось для меня весьма кстати.

В начале декабря 1929 г. я приехал в Берлин и сразу же направился к Эйнштейну. Я ждал недолго. Дверь в гостиную открылась, и вошел Эйнштейн. Он подошел ко мне и протянул руку, представившись: «Эйнштейн». «Доброе утро, господин профессор»,— ответил я, и обыденность этих слов сразу сняла мое смущение, как если бы передо мной



Эйнштейн в 20-е годы.

был один из тех геттингенских профессоров, которых я к этому времени уже перестал стесняться. Мне запомнились руки Эйнштейна: они скорее напоминали руки каменщика, чем кабинетного ученого; такие руки я вскоре увидел у тогда еще молодого Ландау и уже великого Дирака.

Затем вошел Эренфест, которого я раньше не знал. Он приветствовал меня на своем неповторимом «эренфесторусском» языке, что ему доставляло, как мне показалось, особенное удовольствие. Мы отправились на чердак с низким деревянным потолком — кабинет Эйнштейна: он любил ра-

ботать в помещении, где можно было дотянуться до потолка, и часто во время разговора касался его рукой. Часа через полтора после начала беседы, в которой моя работа послужила только отправной точкой, я почувствовал сильную усталость. Помню, меня очень удивило, что оба моих собеседника сохраняли полную свежесть восприятия, и я не заметил у них ни малейших следов утомления. Впрочем, утомительный разговор Эйнштейну еще предстоял: пришел скрипичный мастер, и началась длинная дискуссия о починке принадлежавших Эйнштейну скрипок. Очевидно, вопрос и вправду был сложен, потому что после ухода мастера Эйнштейн пожаловался Эренфесту: «Ты не можешь себе представить, сколько времени отнимает у меня этот человек».

Затем мы с Эренфестом

спустились в гостиную, вскоре вошла жена Эйнштейна и очень благожелательно пригласила нас остаться к обеду. Я согласился, но Эренфест сказал: «Нет, уходите, мне придется говорить о Вас с Эйнштейном за обедом, и Вы можете мне помешать». Эренфест ушел говорить с Эйнштейном, вероятно, и о моем будущем. Г-жа Эйнштейн все еще уговаривала меня остаться обедать, и я не нашел ничего лучшего, чем сказать: «Чести я уже удостоился, а еду поищу где-нибудь в другом месте» («Die Ehre habe ich gehabt, das Essen werde ich woanders kriegen»).

В конце-концов, я все-таки остался обедать у Эйнштейна вместе с его женой и Эренфестом. Во время обеда Эйнштейн говорил с Эренфестом об аксиоматике электромагнитного поля. Эренфест выразил желание познакомиться-

ся с моей женой. «Хочу знать, даст ли она Вам возможность работать», — сказал он.

Перед своим отъездом из Берлина я спросил у Эренфеста, как обстоит мой дела. «Будете продолжать работу в Геттингене у Борна», — ответил он. Теперь я понимаю, что цель этой первой встречи, организованной Борном и Эренфестом, заключалась только в выяснении вопроса о моей «психологической совместимости» с Эйнштейном, необходимой для работы с ним. Ответ на этот вопрос, как следует из письма Эйнштейна Борну от 14 декабря 1929 г. оказался положительным. Я позволю себе яривести здесь выдержку из этого письма, чтобы оттенить контраст результатов моей первой и последующей встречи с Эйнштейном. «...Румер мне очень понравился... идея привлечения многомерных многообразий оригинальна и формально хорошо осуществлена. Слабость ее коренится в том, что найденные таким образом законы неполны и что не видно какого-либо логически необходимого пути их обоснования. Во всяком случае, было бы хорошо, если бы этому человеку была предоставлена возможность научной работы».

В ответном письме Эйнштейну от 19 декабря Борн выражает удовлетворение результатами моего первого посещения Эйнштейна, предлагает конкретный план материального воплощения этих результатов в виде стипендии и просит Эйнштейна о содействии. А в это самое время, когда моя судьба была уже «исчислена и взвешена», я, ничего не подозревая об этом, по возвращении в Геттинген, где у меня были такие учителя как доцент Гайтлер и студент Вайскопф, окупнулся в бурлящий котел «геттингенской квантовой кухни», которая приобретала для меня все большее очарование. Когда я во второй раз, через несколько месяцев после первой встречи и по прямому указанию Борна, поехал к Эйнштейну, я был уже ярим адептом квантовой веры и ничего иного для меня не существовало. На этот раз беседа длилась около часа. Эйнштейн подро-

бно изложил мне свою работу об абсолютном параллелизме (одном из вариантов «единой теории поля»). Мое отношение к этим идеям было тогда уже примерно таким же, как и у других молодых «квантовых» физиков, т. е. в возможность построения «единой теории поля» я не верил. Но говорить об этом Эйнштейну мне не пришлось: он, очевидно, сам это понял. А я не понял, что своим безразличием к идеям, захватившим Эйнштейна, подвел черту в том разделе своей биографии, которой был с ним связан.

Вероятно, для Эйнштейна эпизод со мной был одним из симптомов того научного одиночества, которое начинало возникать вокруг него. Читая теперь строки из письма Эйнштейна к Бессо² о том, что «почти для каждого временный успех имеет большую силу убеждения, чем рассмотрение принципиальных основ; мода делает людей глухими — хорошо, если только на время», — я слышу в голосе Эйнштейна ноты укоризны и по отношению лично ко мне.

Судьбе было угодно, чтобы я встретился с Эйнштейном и в третий раз. Проезжая через Берлин летом 1931 г. мне захотелось повидать Эйнштейна, и я попросил о приеме. Эйнштейн принял меня в гостиную и спросил, чем я сейчас занимаюсь. Я был увлечен тогда математической теорией химической валентности и начал рассказывать об этом Эйнштейну. Очень скоро, однако, я заметил, что эта тема его совершенно не интересует и, смутившись, остановился. Эйнштейн, очевидно, был погружен в собственные мысли; во всяком случае, меня удивило, что он завершил разговор странным образом: «Кланяйтесь господину Герглотцу». Известный геометр Герглотц был профессором в Геттингене, однако мне так и не удалось понять, поче-

му привет предназначался именно ему.

Это была последняя встреча с Эйнштейном. Через год я вернулся в Москву.

На фотографиях — глаза человека, еще не знавшего поражений, человека, которому все удавалось. Вся первая половина жизни Эйнштейна была цепью непрерывных научных успехов: специальная и общая теория относительности, теория броуновского движения, теория световых квантов. В период наших встреч он только приступал к проблеме, занявшей всю вторую половину его жизни: к попытке соединить в одной геометрической картине электромагнитное поле и гравитацию. Быть может, неудача этого замысла и придает оттенок печали его более поздним фотографиям.

² Einstein, Albert et Besso, Michele Correspondance 1903—1955. Paris, 1972.

К 50-ЛЕТИЮ ЗАВЕРШЕНИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

В этом году исполняется 50 лет с тех пор, как появились работы В. Гейзенберга «О наглядном содержании механики и кинематики квантовой теории» и Н. Бора «Квантовый постулат и новейшее развитие атомной теории»¹ завершило многолетние усилия, целью которых было построение теории атомных процессов на основе квантовой гипотезы, выдвинутой М. Планком в 1900 г. 1927 год естественно считать годом завершения квантовой теории не только потому, что так считали сами работавшие в то время физики, принявшие развитую в этих двух статьях интерпретацию квантовой механики, названную впоследствии копенгагенской, и не только потому, что ее логическая полнота была убедительно продемонстрирована на Конгрессе в Комо (сентябрь 1927 г.) и на V Сольевевском конгрессе в октябре 1927 г., но и потому, что созданная к этому времени интерпретация квантовой механики почти не изменилась за последние 50 лет за исключением, может быть, терминологических уточнений.

Это, конечно, не означает, что копенгагенская интерпретация является истинной в последней инстанции: теория измерений в квантовой механике до настоящего времени служит предметом сомнений и новых работ. Тем не менее во всех ситуациях, где для описания опытов и анализа их результатов до сих пор применялась квантовая теория, копенгагенская интерпретация всегда оказывалась и достаточной и необходимой для свободного от противоречий понимания явлений. Не изменилась и математическая структура квантовой теории: алгебра некоммутирующих операторов, действующих в гильбертовом пространстве.

Дальнейшее развитие теории состояло в расширении области ее применений. Теория была распространена на системы с бесконечным числом степеней свободы (поля), это привело к созданию современной релятивистской квантовой теории поля. Применение квантовой теории к задачам многих тел позволило объяснить сверхтекучесть и сверхпроводимость. Разумеется, невозможно перечислить все конкретные физические задачи, решенные методами квантовой механики.

По мере того как какое-нибудь событие отодвигается от нас, значение его становится все более ясным, так как выявляются его отдаленные последствия, и, если событие было действительно важным, круг его воздействия расширяется, охватывая все большее число людей. Так, изобретения, науки, сделанные в классической Греции в V—III вв. до н. э., привели к тому, что сейчас называется «научно-технической революцией», радикально изменившей условия человеческого существования.

С течением времени все яснее становится и значение героического периода развития квантовой механики. Дело не только в том, что квантовая теория атомных явлений позволяет понять все многообразие непосредственно окружающего нас мира. Может быть, еще более велико ее общекультурное значение — невозможность рассматривать мир как часовой механизм — невозможность лапласовского детерминизма. Неудивительно поэтому, что принцип дополнительности Бора считают сейчас (наряду с теоремой Геделя²) одним из двух величайших интеллектуальных достижений века.

Практическое значение квантовой теории стало выявляться по-настоящему только в последние десятилетия, с созданием транзистора, лазера, использованием сверхпроводников. Использование квантовой механики в технике еще только начинается.

Выявляя значение события, время обычно скрывает его детали. Один из способов увидеть событие без внесенных позже деформаций — обращение к свидетельствам его непосредственных участников и современников. Ограничимся одной ссылкой: «свидетельства современников, безусловно, очень ценны, ибо в них сохраняется непосредственность восприятия и значение таких подробностей, которые почти всегда ускользают от тех, кто не был участником или свидетелем событий»³. С этой точки зрения краткая история развития квантовой механики, написанная В. Гейзенбергом по свежим следам происходящего, представляет особый интерес.

Статья была опубликована к 50-летию докторской защиты М. Планка в 17-м томе журнала «Naturwissenschaften»⁴ 28 июня 1927 г., полностью посвященном этому юбилею.

Профессор, доктор физико-математических наук

И. Ю. Кобзарев

¹ Heisenberg W. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. — «Zs. Phys.», 1927, В. 16, S. 172. (Русский перевод — «УФН», 1977, т. 122); Bohr N. Das Quantenpostulat und die neuere Entwicklung der Atomistik. — «Naturwissenschaften», 1928, В. 23, S. 245 (Русский перевод в кн.: Бор Нильс. Избранные научные труды, т. II. М., 1971, с. 30.)

² См.: Манин Ю. И. Теорема Геделя. — «Природа», 1975, № 12.

³ Утченко С. Л. Юлий Цезарь. М., 1976, с. 3.

⁴ Heisenberg W. — «Naturwissenschaften», 1927, № 17.

Развитие квантовой теории. 1918—1928 гг.

В. Гейзенберг

Когда М. Планк в 1900 г. написал фразу: «Необходимо предполагать, что энергия резонатора не является непрерывной и бесконечно делимой, но что ее следует считать дискретной величиной, составленной из целого числа равных порций», он вряд ли предчувствовал, что меньше чем за 30 лет из этой гипотезы, противоречащей известным тогда физическим принципам, возникнет теория атомных процессов, которая по физической полноте и математической простоте не будет ничем уступать классическим разделам теоретической физики. Одиннадцать лет назад физики отмечали шестидесятилетие создателя квантовой теории. Тогда уже было известно, что его теория открывает дорогу в новые неисследованные области физики и что гипотеза Планка была той путеводной нитью, которая, после открытия Бора, должна была указать путь к выходу из лабиринта атомной физики и линейных спектров. Но даже тогда за каждым успехом молодой теории все еще следовало свое «но»... Дело в том, что тогда квантовую теорию еще отделяла от классической физики непроходимая пропасть. Квантовой теории недоставало ясности и гармонической замкнутости классических дисциплин. Завершить здание, заложенное Планком, удалось только за последние 10 лет. Окончательная ясность в квантовой физике возникла благодаря иногда совершенно неожиданному объединению научных направлений, казалось бы несовместимых, и благодаря интенсивной совместной работе физиков разных наций. Это было полное приключений время, насыщенное неожиданностями и разочарованиями, успехами и глубокими трудностями, обсуждение которых в конечном счете привело нас к проблемам фундаментальных основ физического познания.

1. УСПЕХИ ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ ФОРМЫ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ 1918—1923 ГГ.

В первые годы эпохи, история которой будет здесь изложена, физики были заняты освоением и возделыванием новых территорий, открытых Бором, который применил квантовую гипотезу к модели атома Резерфорда — Бора; естественно, что эта работа должна была привести физиков на границы этих новых земель, туда, где логические трудности преграждали новое продвижение. Бор сам обратил внимание на существование этих границ уже в первой своей работе, посвященной атому водорода.

В начале той эпохи развития квантовой теории, о которой здесь идет речь, Зоммерфельду удалось распространить развитую им теорию тонкой структуры водородного спектра на рентгеновские спектры и, таким образом, уложить эти спектры в простую теоретическую схему. Правда, впоследствии, после открытия спина электрона, физическая интерпретация формулы Зоммерфельда несколько изменилась, однако сама формула сохранилась без изменений в новой квантовой теории. Одновременно был достигнут прогресс и в интерпретации оптических спектров. Шредингер ввел идею «обменных траекторий», объясняющую характерные свойства спектров щелочных металлов, Зоммерфельд, введя «внутреннее квантовое число», смог дать формальную интерпретацию триплетной и дублетной тонкой структуры.

Наиболее убедительным доказательством правильности пути, по которому развивалась теория, была все-таки открытая Бором интерпретация периодической

системы, основанная на квантовой теории. Характерным для исследований Бора было то, что он применял понятия классической механики качественно и только в той степени, в какой их применимость могла быть обоснована принципом соответствия. Только эта свобода обращения с понятиями классической механики — или, лучше сказать, по отношению к тем следствиям из классической физики, которые из них вытекали,— позволила установить связь между химическими и спектроскопическими свойствами атомов. Фундаментом исследований служили, таким образом, основные постулаты квантовой теории, т. е. черты атомных процессов, чуждые классической физике. Разумеется, квантовая теория к этому времени достигла ряда успехов также и в количественном объяснении спектров, и, чтобы не отказываться от этих успехов, нужно было допустить известную область применимости классической механики.

Качественные следствия из принципа соответствия не затрагивались этой дилеммой, анализ линейных спектров на основе теории Бора быстро продвигался вперед. В то время особо важную роль играл эффект Зеемана в сложных атомах, исследованный Пашеном и Баком.

Эти исследования не только были важнейшим экспериментальным методом идентификации сомнительных линий в спектрах, но, кроме того, они были исключительно интересными с теоретической точки зрения, так как здесь возникало противоречие даже с качественными следствиями из принципа соответствия. Ланде удалось дать формальное описание данных опыта. Формулы Ланде оказались чрезвычайно плодотворным средством для наведения порядка в сложных спектрах, хотя их модельная интерпретация была еще не известна. Характерным образом уже из самой математической структуры формул Ланде было видно, что классическая механика не сможет привести к этим формулам, даже в какой-либо новой модели. Этот факт снова указывал теоретикам дорогу, ведущую за пределы классической механики, к еще неизвестной квантовой физике, контуры которой неотчетливо угадывались в зеркале принципа соответствия. Именно в связи с этой еще неизвестной теорией все чисто формальные связи имели огромное значение. Важный шаг вперед был сделан здесь Паули в связи с работой Стонера. Для того чтобы объяснить аномальный эффект Зеемана, Паули формально приписал электрону

четыре степени свободы. Это предположение позволило установить соответствие между числом уровней и квантовыми числами, позволяющее найти правильную связь между спектрами атомов в обычном и ионизированном состоянии. Кроме того, Паули смог, исходя из предположения, что два электрона никогда не могут находиться в одном и том же состоянии (принцип исключения Паули), объяснить, как при последовательном присоединении электронов к ядру возникает периодическая система. Хотя смысл четвертой степени свободы электрона также удивительным образом оставался неизвестным, предложенная Паули систематика вскоре позволила полностью разобраться в сложных спектрах благодаря работам Рассела, Сандерса, Гаудсмита, Хунда, а также школы Зоммерфельда.

Между тем продолжалась разработка математического аппарата для исследования задачи многих тел в атомной физике; теоретики изучили разработанные Шарлье и Пуанкаре методы небесной механики и нашли там аппарат, который, как казалось, должен был быть применимым в атомной физике. Правда, опять-таки математические трудности проблемы многих тел (расходимость рядов теории возмущений) вызывали подозрение, что в основе истинной квантовой физики должна лежать более простая математическая схема. Окончательный ответ появился после того, как, исходя из классической механики, рассчитали модель атома гелия. Применение квантовых условий не привело к правильным значениям уровней энергии. Таким образом было доказано, что, во всяком случае, формальные методы квантовой теории требуют радикального изменения и что в будущей теории классические понятия смогут остаться только как качественные аналоги.

II. КРИЗИС КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ 1923—1927 ГГ.

С этого определенного доказательства непригодности классических методов для расчета стационарных состояний начинается по-настоящему интересная эпоха развития квантовой теории. После блестящих достижений теории Бора в качественном описании свойств атомов едва ли можно было сомневаться в том, что в целом избранный путь был верным. Тем не менее в качестве надежных опор тео-

Вернер Карл Гейзенберг.



рии оставались только основной постулат квантовой теории и принцип соответствия. Количественное описание спектра атома водорода выглядело скорее как непонятный и случайный успех теории. Снова вспомнили о том, что вычисление интенсивностей спектральных линий в рамках тогдашних методов оставалось невозможным. Было очевидно, что разрешение этой проблемы тесно связано с корректным описанием взаимодействия электронов в атоме. Действительно, периодически меняющиеся силы взаимодействия между электронами были связаны по частоте и амплитуде со светом, испускаемым электронами.

Уже тогда отказались от идеи о различии между периодом движения электрона по орбите и периодом излучаемой волны, так как классическая механика оказалась неприменимой.

В это самое время на помощь теории пришел эксперимент, принесший открытие, которое в дальнейшем должно было иметь огромное значение для развития теории.

Комптон открыл, что при рассеянии рентгеновского излучения на свободных электронах длина рассеянной волны превышает длину падающей на измеримую величину. Как показали Комптон и Дебай, этот эффект можно легко объяснить исходя из гипотезы квантов света Эйнштейна; волновая теория света оказалась совершенно беспомощной перед лицом этого эксперимента. Таким образом, на сцене снова появились проблемы теории излучения, в которой едва ли что-либо было сделано после работ Эйнштейна 1906, 1909 и 1917 гг.

Так как и в теории атома физика столкнулась с кризисом основ, неразрешенные проблемы теории излучения оказались в центре внимания; надеялись что-нибудь понять, сравнивая трудности, возникающие в различных областях.

В теории излучения возник удивительный дуализм двух наглядных картин — волновой и корпускулярной. Явления дифракции и интерференции указывали на то, что классическая теория света



Участники V Сольвеевского конгресса. 1927 г.
Брюссель. Отсутствуют: В. Г. Брэгг, Г. Десландер и
Е. ван Абель.

А. ПИККАР Е. ГЕНРИО П. ЭРЕНФЕСТ ЕД. ГЕРЦЕН Т. ДЕ ДОНДЕР
П. ДЕБАЙ М. КНУДСЕН В. Л. БРЭГГ Г. КРАМЕРС П. ДИРАК
И. ЛЭНГМЮР М. ПЛАНК М. КЮРИ Г. А. ЛОРЕНЦ



Э. ШРЕДИНГЕР Е. ВЕРШАФЕЛЬТ В. ПАУЛИ В. ГЕЙЗЕНБЕРГ Р. Г. ФАУЛЕР Л. БРИЛЛЮЭН
 А. КОМПТОН Л. ДЕ БРОЙЛЬ М. БОРН Н. БОР
 А. ЭЙНШТЕЙН П. ЛАНЖЕВЕН Ш. Е. ГЮИ К. Т. Р. ВИЛЬСОН О. В. РИЧАРДСОН

несомненно имеет обширную область применения. Тем не менее перед лицом фотоэффекта теория полностью отказывалась работать.

Эйнштейновская корпускулярная теория света с необходимостью следовала из фотоэффекта, коль скоро не желали отказаться от закона сохранения энергии.

Обе наглядные картины, разумеется, оказывались несовместимыми, если их принимали безоговорочно. Таким образом, бросающиеся в глаза трудности в наглядной интерпретации опытов поставили физиков перед необходимостью пересмотра классической системы понятий.

Если изучать работы по теоретической физике, написанные в то время, то мы ясно увидим, как происходило постепенное расшатывание классических понятий, постепенное освобождение от предрассудков, унаследованных от старой физики, которые, как становилось очевидным, и были причиной противоречий. Рука об руку с этим «размытием» традиционной системы понятий происходило интуитивное проникновение в мир понятий квантовой физики. Постепенно у физиков развивалось чувство музыкального ритма, которое делало возможным, вопреки очевидным внутренним противоречиям, применять квантовую теорию к атомным явлениям всегда правильно, хотя и качественно. В особенности Бор, лидер копенгагенской группы, создал «атмосферу квантовой теории», которая стала абсолютно необходимой предпосылкой всего развития квантовой физики. Наиболее впечатляющим выражением тех исключительных концептуальных трудностей, с которыми в то время боролась теория, стала известная работа Бора, Крамерса и Слетера по теории излучения. В этой работе кризис квантовой теории достиг апогея. Хотя в ней и не было найдено истинное разрешение трудностей, она больше, чем какая-либо другая работа того времени, содействовала прояснению теории. Прежде всего Бор, Крамерс и Слетер с абсолютной четкостью указали на невозможность отказаться от результатов классической теории, относящихся к дифракционным и интерференционным явлениям. Для объяснения фотоэффекта они вынуждены были отказаться от закона сохранения энергии и стали рассматривать волны, как волны вероятности, определяющие вероятность поглощения или излучения энергии. На первый взгляд кажется, что легко объединить закон сохранения энергии с явлениями интерференции, если просто потребовать, «что волновое поле

определяет вероятности путей распространения световых квантов». Однако такая концепция слишком поверхностна, и ее легко привести ad absurdum, если не проделывать предварительно тщательную теоретико-познавательную критику понятий, которые были использованы в только что сделанном высказывании. Несмотря на это теория Бора — Крамерса — Слетера представляла собой только один из двух вполне равноправных выходов из трудностей теории излучения. Можно было удержать закон сохранения энергии, пожертвовав в некоторых пунктах классической теорией интерференционных явлений. В течение некоторого времени эту возможность защищал Эйнштейн, но потом он от нее отказался. В действительности обе обсуждавшиеся здесь альтернативы были несовместимы с экспериментальными фактами. Более того, ключом для решения этих проблем оказался впоследствии тот факт, что в точности такие же парадоксы были обнаружены в теории материи. Прежде чем обсуждать этот этап развития теории, мы опишем прогресс, достигнутый в то время в атомной теории.

Основы квантовой теории — существование дискретных уровней и уравнение для частоты — получили в это время новые важные экспериментальные подтверждения. Штерн и Герлах смогли расщепить в неоднородном магнитном поле пучок атомов серебра на два пространственно разделенных пучка, которые соответствовали двум возможным направлениям магнитного момента атома серебра по отношению к внешнему магнитному полю. Из экспериментов школы Франка, а также из экспериментов Вуда однозначно следовало, что интенсивность спектральных линий, возникающих при переходе из одного стационарного состояния в другое, определяется только числом атомов, находящихся на верхнем уровне, и не зависит от числа атомов, находящихся на нижнем уровне. Оба эксперимента блестяще согласовались с постулатами квантовой теории и противоречили классической теории. К тому времени теоретики также уже отказались от каких-либо попыток количественного применения классической теории. Напротив, общая тенденция теоретических исследований тех лет состояла в попытках так «уточнить», основываясь на квантовых постулатах, принцип соответствия Бора, чтобы он начал давать количественные результаты. Развивая результаты Ланденбурга, относящиеся к дисперсион-

ным кривым, Крамерсу удалось найти дисперсионную формулу, в которую в качестве констант входили только эйнштейновские вероятности переходов и которая тем не менее в предельном случае больших квантовых чисел переходила в классическую формулу. Далее оказалось возможным, основываясь на измерениях интенсивностей спектральных линий, выполненными Орнштейном и его сотрудниками, существенно продвинуться в уточнении принципа соответствия, в применении к проблеме интенсивности линий. Действуя этим методом, Бюргеру, Держело, Кронигу, Зоммерфельду, Хёлю и Расселу удалось найти формулы для интенсивностей спектральных линий мультиплетов.

Это было важным продвижением к установлению истинного формализма, присущего квантовой теории. Опыты Гейгера и Боте, а также Комптона и Симона особенно ярко показали, что дуализм волновой и корпускулярной картин излучения нельзя уяснить без далеко идущего отказа от понятий обычного пространственно-временного мира повседневной жизни. Насколько продвинулось в то время «интуитивное понимание» можно увидеть из написанной Паули книги по квантовой теории, физическое содержание которой таково, что сегодня в ней вряд ли нужно изменить хотя бы одно слово. Очевидно, однако, что полная физическая ясность могла быть достигнута только после создания соответствующего математического формализма.

III. ВЫЯСНЕНИЕ ФОРМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ 1925—1927 гг.

Истинные формальные закономерности квантовой теории были открыты приблизительно одновременно двумя независимыми путями. Последовательно развивая упомянутые выше попытки уточнения принципа соответствия, геттингенской группе и Дираку удалось найти математическую схему, которую можно рассматривать как количественную формулировку принципа соответствия. Основная идея этой теории заключалась в том, что между реально наблюдаемыми амплитудами и частотами атомов должны существовать те же соотношения, что и между классическими величинами в классической модели. Математическим аппаратом теории стала некоммутативная алгебра и ее мат-

ричное представление. Одновременно с работами геттингенской группы де Бройль сделал попытку перенести дуализм волна-частица с излучения на обычное вещество. Так же как и в теории квантов света он сопоставил используемым в корпускулярной картине понятиям «энергия и импульс» понятия «частота и длина волны» в волновой картине. Из теории де Бройля следовало, что пучок электронов, движущихся с определенной скоростью, должен отражаться от дифракционной решетки так же, как и монохроматический свет, что, в какой-то степени, уже было известно из опытов Дуана.

Предварительное экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля оказалось возможным получить, с одной стороны, используя полученные уже до этого экспериментальные данные Дэвисона и Кунсмана, а с другой — из открытого намного ранее эффекта Рамзауэра. И, наконец, через несколько месяцев после этого Шредингер дал законченную математическую формулировку квантовой теории, написав дифференциальное уравнение для волн де Бройля. Шредингер показал, что определение стационарных состояний атома эквивалентно нахождению собственных значений дифференциального уравнения. Правда, в одном существенном пункте теорию Шредингера нельзя было рассматривать как дальнейшее развитие теории де Бройля. В то время как де Бройль, по-видимому, стремился создать теорию материи, обладающую простотой и наглядностью максвелловской теории света, теория Шредингера представляла собой волновую теорию в многомерном конфигурационном пространстве корпускулярной картины; дифференциальное уравнение можно было написать только используя функцию Гамильтона корпускулярной картины. По этой причине нельзя рассматривать теорию Шредингера как классическую пространственно-временную волновую теорию — в отличие от первоначальной попытки де Бройля и обсуждавшихся впоследствии попыток такого рода. В действительности, такую пространственно-временную теорию невозможно совместить с постулатами квантовой теории Планка. Напротив, теория Шредингера дала возможность единым ударом вычислить линейные спектры атомов, и даже сегодня она является самым сильным математическим инструментом, используемым при всех применениях квантовой теории.

Вскоре после открытия «волновой

механики» Экарт и Шредингер показали, что она математически эквивалентна «квантовой механике», возникшей из принципа соответствия. В силу этого можно было использовать результаты, полученные методом собственных значений для физической интерпретации математической схемы, основанной на принципе соответствия, например, для расчета интенсивностей спектральных линий. С другой стороны, казавшиеся вначале непреодолимыми математические трудности теории матриц оказались поразительно легко разрешимы. Волновая и квантовая механика были, так сказать, слиты в высшее единство благодаря теории преобразований Дирака, Иордана и Лондона. В этой теории различные физические интерпретации формализма, основанные на принципе соответствия, удалось свести к единственному постулату. Этот постулат носит статистический характер. В нем речь идет о вероятности того, что какой-то физический процесс произойдет или не произойдет. В частном случае этот постулат ранее применил Борн в своей теории столкновений. Вопреки этому быстрому прогрессу квантовой теории продолжали надеяться сохранить в теории материи идею пространственно-временной непрерывности. Более того, оказалось, что формальная сторона континуальной теории может быть развита существенно дальше. Оказалось возможным интерпретировать некоторые простые выражения, квадратичные по амплитуде поля, такие как плотность заряда и тока. В релятивистски инвариантной формулировке Шредингера, Гордона, Клейна, Фока и Кудара можно написать также и тензор энергии-импульса волн материи, который сохраняется в сумме с Максвелловским тензором энергии-импульса излучения. Вопреки математической красоте этой теории, было, однако, ясно, что она не может находиться в соответствии с опытом поскольку в ней вообще отсутствовал квантово-механический ингредиент. В этой теории существование электронов оказывалось столь же непонятным, как существование квантов в теории Максвелла. Таким образом, нельзя недооценивать различие между такой последовательной волновой теорией и описанной выше волновой механикой Шредингера, для которой именно существование электронов является исходным пунктом. Поскольку, однако, существовала полная симметрия между волновой и корпускулярной картиной, что представлялось чрезвычайно вероятным и ранее в силу физических аргументов, то

применение последовательной полевой теории должно было оказаться столь же плодотворным, как и использование классической механики. Добавляя к уравнениям поля условия квантования (полный заряд является целым кратным заряду электрона) и используя также принцип соответствия (Клейн), удалось получить правильные количественные результаты (см., например, работы Хартри).

Решающий шаг от классической к квантовой теории поля был сделан в работах Дирака, Паули, Иордана, Клейна и Вигнера. В полной аналогии с квантовой теорией корпускулярной картины, в квантовой динамике волновых полей вместо амплитуд волн появляются некоммутующие величины, которые можно рассматривать как матрицы или операторы. При этом, конечно, теряется наглядность теории; решение соответствующих математических проблем опять может быть найдено методами, аналогичными волновой механике Шредингера. В результате этих работ стало ясно, что квантовая теория волновых полей полностью равноправна квантовой теории в корпускулярной картине. Для непротиворечивости квантовой теории в целом исключительно существенно, что, согласно Иордану, Клейну и Вигнеру, обе выше названные теории (при указанных ниже ограничениях) оказываются математически эквивалентными, т. е. переходят друг в друга. Отсюда следует, что структура квантовой теории такова, что корпускулярную и волновую картины следует рассматривать как проявление одной и той же физической реальности. Одновременно с этим развитием математической схемы квантовой теории и поначалу независимо от него, была, наконец, разрешена проблема аномального эффекта Зеемана. Физическое происхождение этого эффекта оставалось еще непонятным, хотя полная формальная классификация линейных спектров и мультиплетов уже была завершена. Уленбек и Гаудсмит смогли количественно объяснить все детали структуры мультиплетов, исходя из гипотезы, что электрон обладает магнитным моментом

$$\frac{e}{2mc} \frac{h}{2\pi} \text{ и } \text{угловым моментом } \frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}.$$

Впрочем, уже раньше Комптон и другие исследователи обсуждали гипотезу спина электрона, правда, не связывая ее с теорией спектров. В рамках квантовой механики модель Уленбека и Гаудсмита смогла дать количественно правильные результаты. В полном объеме теория спектров по-

лучила изящное подтверждение в опытах Милликена и Бауэна, где исследовались ультрафиолетовые спектры сильно ионизированных атомов.

IV. ВЫЯСНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ 1927 г.

Несмотря на описанный выше необычайный прогресс в области квантово-теоретической математики, вплоть до конца 1926 г. максимальным достижением было интуитивно правильное применение аппарата. Поскольку формализм квантовой теории несовместим с пространственно-временной причинной связью физических явлений и, напротив, действует в многомерных математических пространствах, для описания опытных данных продолжали некритически использовать наши наглядные понятия, описывающие наглядно знакомый пространственно-временной мир, и при этом, естественно, запутывались в противоречиях. С другой стороны, казалось невозможным сконструировать язык, или, иначе говоря, концептуальную структуру, который был бы адекватен описанным выше математическим соотношениям. Поскольку наше мышление неразрывно связано с пространственно-временными образами, мы всегда описываем результаты наших экспериментов, пользуясь словами, которые взяты из этого наглядного пространственно-временного мира. Единственно возможное решение этого затруднения заключалось в том, что старые наглядные понятия следует сохранить, но ограничить (в меру необходимости) область их применимости. Данная программа была реализована в работах копенгагенской группы. Эти исследования опять-таки основывались на детальном рассмотрении основных понятий квантовой теории, произведенном Бором и тесно связанным с работами по теории излучения. Выяснилось, что применимость понятий, используемых в корпускулярной теории, следует ограничить так называемыми «соотношениями неопределенности».

Соотношения неопределенности являются физическим выражением разделения фазового пространства на ячейки, имеющие величину h , что было в самом начале сделано Планком. Однако эти соотношения были все еще недостаточны,

чтобы провести до конца описанную выше программу. Более того, Бор показал, что именно одновременное использование как корпускулярной, так и волновой картины (под волновой картиной подразумеваются наглядные пространственно-временные теории Максвелла и де Бройля, а не теория в фазовом пространстве) является необходимым и достаточным, чтобы во всех случаях установить границы, до которых классические понятия остаются применимыми. Из этой симметрии между волновой и корпускулярной картинами следует, кроме того, что и в волновой картине существуют соотношения неопределенности, которые математически вытекают из коммутационных соотношений для амплитуд поля. Речь шла, однако, не только о том, чтобы установить границы применимости классических понятий; основная задача заключалась в том, чтобы с помощью уточненных таким образом понятий дать свободную от противоречий интерпретацию квантового формализма. Детальное доказательство этого было дано Бором.

Важнейшее различие между квантовой и классической теориями состоит в том, что при наблюдении любых физических величин необходимо учитывать воздействие, которое оказывается на систему в ходе необходимого для осуществления этого наблюдения эксперимента. Все казавшиеся ранее неразрешимыми парадоксы квантовой теории возникли из-за того, что пренебрегали возмущением, которое с необходимостью связано с любым наблюдением; согласно Бору, парадоксы легко объясняются, если тщательно рассмотреть взаимодействие между измерительной аппаратурой и измеряемой системой. Еще одно глубокое следствие квантовой теории заключается в том, что невозможно точно сформулировать принцип причинности, в отличие от того, к чему мы привыкли в классической физике. Напротив, в квантовой теории физические закономерности оказываются существенно вероятностными.

Физическая интерпретация квантовой теории так же, как это было в теории относительности, оказалась возможной только на основе пересмотра и расширения классических понятий, или, иначе говоря, на основе тщательного теоретико-познавательного рассмотрения используемых в теории понятий. Для того чтобы физическое содержание квантовой теории стало полностью ясно, потребовались многочисленные дискуссии, так как для этого было необходимо существенно

расширить классическую систему понятий. Говоря о развитии квантовой теории, невозможно не вспомнить о дискуссиях, проводящихся во время Брюссельского Сольвеевского конгресса, происходившего в 1927 г. под руководством Лоренца. Этот конгресс чрезвычайно способствовал прояснению физических основ квантовой теории, так как здесь смогли высказаться сторонники различных направлений; он ознаменовал завершение квантовой теории, которая с тех пор без каких-либо сомнений может рассматриваться как законченная теория, применимая к любым проблемам атомной физики, и как основа для дальнейших исследований.

У. ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ 1925—1928 гг.

Мы можем здесь дать только очень краткий обзор применений новой теории. Область приложений квантовой теории уже стала слишком широкой, кроме того этот вопрос уже частично обсуждался в других статьях этого времени.

Пробным камнем новой квантовой теории опять стали атомные спектры. Первым успехом теории был вывод крамеровских дисперсионных соотношений и вычисление мультиплетных интенсивностей. Паули, Дирак и Шредингер, используя новый формализм, разработали теорию спектра водорода. Что касается приложений, то здесь всюду использование математической схемы волновой механики Шредингера оказалось в последние годы наиболее целесообразным и эффективным. Интенсивности для спектра водорода были вычислены Шредингером (как во внешнем электрическом поле, так и без него).

Что касается проблемы многих тел, то здесь из новой квантовой теории следует качественно новое явление. Речь идет о так называемом явлении резонанса, или обмена, связанном с тождественностью электронов и состоящем в том, что (если вообще применять корпускулярную картину так далеко) электроны в атоме периодически обмениваются местами. Такой обмен приводит к тому, что весь спектр собственных значений энергий атома распада-

ется на неперекрывающиеся системы термов; каждая такая система соответствует собственным функциям уравнения Шредингера, принадлежащим определенному классу симметрии. Выбор системы термов, которая (с учетом спинов) соответствует функциям Шредингера, симметричным относительно перестановки координат, соответствует бозе — эйнштейновской статистике электронов; выбор антисимметричной функции соответствует принципу запрета Паули (статистика Ферми — Дирака). Статистика Бозе — Эйнштейна была впервые применена к световым квантам, чтобы объяснить формулу Планка. Эйнштейн перенес ее на вещество, используя при этом волны де Бройля. Запрет Паули был применен Ферми и Дираком к статистике идеальных газов. Если перейти от корпускулярной картины к волновой, то, согласно Иордану, Клейну и Вигнеру, этим двум картинам соответствуют два возможных типа перестановочных соотношений для амплитуд поля. Количественный расчет явления резонанса был впервые сделан для возбужденных состояний атома гелия. Кельнер рассмотрел впоследствии основное состояние этого атома. Теория обмена в дальнейшем была развита в работах Вигнера, Неймана, Хунда, Лондона, Гайтлера и Вейля с использованием теоретико-групповых методов.

Хунд, Лондон и Гайтлер с большим успехом применили новую квантовую теорию к проблемам химии.

Используя метод Шредингера, Борн развил теорию столкновений электронов с атомами, с помощью которой можно количественно рассмотреть опыты Франка — Герца. Зоммерфельд, Экарт, Хаустон, Фаулер и Нордхейм распространили квантовую теорию на электроны в металлах. Явления ферромагнетизма удалось объяснить с помощью упомянутого выше обменного эффекта. В рамках этой статьи невозможно детально обсудить многочисленные успехи квантовой теории. В это время основы квантовой теории были еще раз подтверждены экспериментами. Дэвиссон и Джермер обнаружили дифракцию электронов на кристаллической решетке. Томсон обнаружил, что для электрона возможен аналог метода Дебая — Шерера. Рупп обнаружил дифракцию на искусственно изготовленных решетках¹. Наконец, Кикучи продемонстрировал, как при изменении толщины пластинки, через которую проходят лучи, происходит переход от дифракции на

двумерной решетке к дифракции Лауэ. Открытие эффекта Рамана также подтвердило предсказания квантовой теории (Смекал) и дало возможность явно продемонстрировать существенные черты физической интерпретации формализма теории.

В целом квантовая теория производит впечатление замкнутой и последовательной теории, тем не менее существуют — что вполне естественно — области атомной физики, где квантовая теория не может объяснить физические явления. Пока не удалось удовлетворить одновременно требованиям квантовой теории и теории относительности. Существенным успехом в этом направлении является теория вращающегося электрона, разработанная Дираком. Тем не менее ряд трудностей не удается преодолеть. Возможно, что проблема строения ядра как-то связана с этими трудностями. Во всяком случае, мы можем сделать вывод, что необходимым условием для построения релятивистской теории ядра является строгая релятивистская теория электрона.

Таким образом, к области, где применима квантовая теория, определяемая знаменитой планковской константой h , примыкают другие, еще не исследованные, области атомной физики, в которых, кроме константы h , фундаментальное значение имеют и другие основные постоянные: заряд электрона e , масса электрона m , скорость света c и масса протона m .

Поэтому в ближайшие десятилетия физикам нет оснований опасаться, что им придется ограничиться освоением уже исследованных областей. Напротив, так же как и в первые тридцать лет существования теории Планка, они смогут по-прежнему отправляться в неисследованные страны в поисках приключений.

VI. ЛИТЕРАТУРА

В рамках этой статьи невозможно привести сколько-нибудь полного списка литературы, поэтому я должен ограничиться ссылкой на книгу Зоммерфельда «Строение атомов и спектры», особенно на дополнительный том, посвященный волновой механике (издание Вивега); «Атомную механику» М. Борна (Шпрингер, 1927), книги Ф. Хунда «Линейные спектры и периодическая система элементов» (Шпрингер, 1927) и В. Паули «Квантовая теория» — справочник по физике Гейгера — Шелли, т. 23 (Шпрингер). В этих изданиях, разумеется, цитируются основные работы.

Перевод И. Ю. Кобзарева

¹ В журнале «Zeitschrift für Physik», 95, S. 801 (1935) была помещена выдержка из медицинского свидетельства, в котором утверждалось, что Рупп с 1932 г. был психически болен и публиковал работы, носившие характер измышлений (Fictionen). Работа, на которую ссылался Гейзенберг, была сделана раньше, но она, насколько мне известно, не была воспроизведена и, может быть, также относится к разряду измышлений. Сведениями о Руппе я обязан А. И. Шальникову. (Прим. перев.).

Химия стреляющих жуков

А. А. Шамшурин
Кандидат химических наук

Кишинев

Природа дает нам немало удивительных примеров самозащиты у многих видов животных с помощью химического оружия. Вспомним североамериканского скунса. При опасности этот зверек не спасается бегством, а защищается струей зловонной жидкости, содержащей пропилмеркаптан — секрет прианальной железы.

Интереснейшие механизмы химической обороны открыты у насекомых, ставших объектом активного изучения в химической экологии. Наиболее причудливого развития они достигли у жуков-бомбардиров из семейства жужелиц, в частности у вида *Brachynus crepitans*¹. Эти сухопутные жуки встречаются во многих местах, в том числе и в Крыму. Еще Л. Дюфо, военный врач наполеоновской армии, во время испанского похода в 1808 г. замечал в Пиренеях бурые пятна на коже солдат — следы «обстрела» этими жуками. Он ошибочно предполагал, что пятна появлялись якобы «от азотной кислоты или нитрозных газов», выделяемых насекомыми.

Жук-бомбардир — около одного сантиметра длиной, с ржаво-красной грудью и синезелеными надкрыльями.

Бомбардир — весьма удачное название. При нападении врага или простом раздражении (достаточно его только

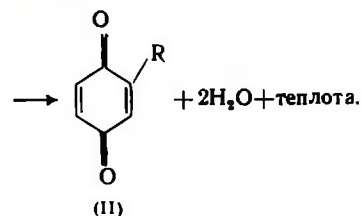
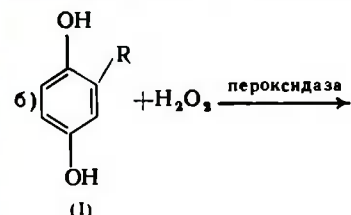
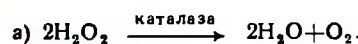


Жуки-бомбардиры.

потревожить), жук отвечает направленным «выстрелом», сопровождаемым треском и желтоватым дымком с раздражающим запахом. Выстрел происходит под давлением разогретого кислорода и поражает противника на расстоянии до 30 см. Атакованные враги-насекомые разбегаются в панике, а не успевают скрыться цепенеют и теряют подвижность от настигшего их химического «снаряда».

Биохимические основы механизма этой оборонительной реакции были выяснены лишь недавно.

Две сопряженные химические реакции, обеспечивающие феномен выстрела, чрезвычайно любопытны с точки зрения химика. В них участвуют перекись водорода и гидрохиноны; образно говоря, они-то и служат «боеприпасами» у жука-бомбардира. В присутствии фермента каталазы перекись водорода разлагается на воду и молекулярный кислород, тогда как гидрохиноны под каталитическим действием другого фермента — пероксидазы окисляются в желтые хиноны по схеме:



Если R равно H, тогда это гидрохинон, который превращается в бензохинон; а когда R равно CH₃, тогда это метилгидрохинон, который превращается в толухинон.

Эти реакции происходят в тончайшей системе микроскопических органов. В задней части тела жука-бомбардира расположены парные, так называемые пигидальные железы, гроздевидные группы клеток которых и секретируют перекись водорода и гидрохиноны — собственно гидрохинон и метилгидрохинон. Каждая железа последовательно соедине-

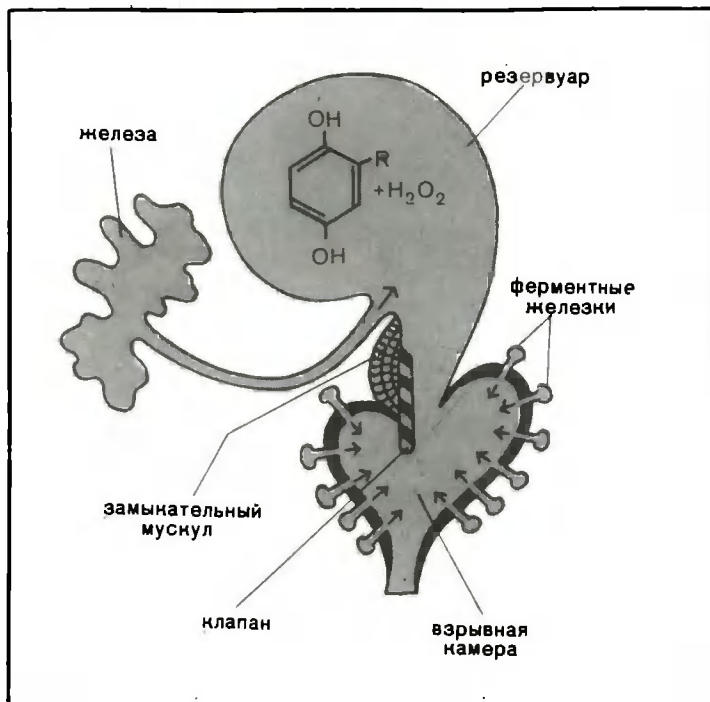
¹ См.: «Angew. Chem.», 1963, В. 75, № 16/17, S.762; «Naturwissenschaften», 1969, В. 56, № 6, S.369; «Endeavour», 1971, v. 30, № 111, p. 136; «J. Chem Educ.», 1972, v. 49, № 10, p. 705.

на протоками с двумя отделами: резервуаром, или сборником, и взрывной камерой. Проклеток между ними закрывается особым клапаном, связанным с замыкательным мускулом. При сокращении

ким хитином, они выдерживают ее разрушающее действие. Перекись водорода — обычный продукт обмена в цепи дыхания организмов. В то же время это сильный клеточный яд, который разлагается в ме-

скоростью реакции распада перекиси водорода и окисления гидрохинонов (см. схему реакций). Давление газов в замкнутой камере растет вместе с температурой. Разогретая примерно до 100°C вся масса, движимая напором газообразного кислорода, ищет выход и находит его, выбрасываясь из камеры наружу через анальное отверстие. Твердые частички окрашенных в желтый цвет хинонов образуют вышеупомянутый дымок с раздражающим запахом. Эта экзотермическая реакция, лежащая в основе выстрела, была отмечена натуралистами еще в XVIII в. и метко названа «горячей», конечно, без знания ее механизма.

Удивительно и то, насколько быстро происходит «переналадка» всей защитной системы жука, так как выстрелы обычно следуют один за другим.



Оборонительный орган жука-бомбардира.

мускула клапан отходит и открывает проток. Перекись водорода и гидрохиноны в составе секрета сперва поступают в резервуар как в своеобразный накопитель, где они концентрируются и хранятся до первой необходимости. В резервуаре они не взаимодействуют, видимо, благодаря какой-то стабилизации вещества, хотя об этом пока ничего не известно. Удивительно, что концентрация раствора перекиси водорода достигает здесь почти 25% (гидрохинонов примерно 10%), но так как стенки резервуаров выстланы стой-

стах его образования каталазой.

Но как происходит «выстрел»?

Под влиянием внешнего раздражителя, например угрозы нападения, у жука-бомбардира немедленно срабатывает пусковой механизм его оборонительной системы. «Боевая смесь» — перекись водорода и гидрохиноны — из резервуара-накопителя по протоку поступает в замкнутую взрывную камеру, своеобразную перекисно-водородную «бомбу». Чтобы эту «бомбу» взорвать, нужен «взрыватель». Но и это предусмотрено. В стенках взрывной камеры функционируют специальные клетки, которые «впрыскивают» в нее смесь ферментов — каталазы и пероксидазы; они-то и играют роль «взрывателя». При контакте с ферментами происходит с нарастающей, почти взрывной

«Пещерные наклонности» бурого медведя

Н. Д. Оводов
Новосибирск

Несколько лет назад красноярские спелеологи, исследуя под руководством И. П. Ефремова созданные природой карстовые пещеры в Восточных Саянах и в Кузнецком Алатау, натолкнулись на интересный факт. В этих пещерах, наряду с большим количеством остатков таких животных, как барсук, рысь, заяц, кабарга, косуля (всего к настоящему времени найдены голоценовые остатки 62 видов млекопитающих), очень часто попадают кости и черепа бурых медведей¹. Некоторые из них, разбросанные по поверхности грунта в ходах и гротах горизонтальных пещер, носили на себе явные следы погрызов, по видимому, также медведей или волков. Немалое количество костей медведей обнаружено и на дне вертикальных карстовых колодцев — своеобразных ловушек. В общей сложности к настоящему времени в 23 пещерах Приенисейской части Восточных Саян и Кузнецкого Алатау нами учтены голоценовые остатки 51 особи бурого медведя. Однако ни в одном из случаев не было отмечено признаков какого-либо участия че-



¹ Оводов Н. Д. Остатки бурых медведей (*Ursus arctos* L.) в пещерах Сибири и Дальнего Востока — «Бюлл. Моск. общ-ва испыт. природы. Отдел биол.», 1970, т. 75, вып. 4; его же. Сравнительно-тафономическая характеристика пещер Сибири по остаткам млекопитающих. — В сб.: Материалы по археологии Сибири и Дальнего Востока. Ч. 2. Новосибирск 1973

Скальный массив в устье реки Казыревой (теперь одного из заливов Красноярского моря). Стрелкой показано место входа в пещеру «Казыревская-2».

ловека в накоплении остатков этих зверей, которое происходило преимущественно на протяжении последних 3—4 тысячелетий.

Что же привлекает бурого медведя в пещеры? Любопытство? Поиски пищи? Или он отправляется под темные своды каменных подземелий в поисках укромного места для зимнего логова?

Одну пещеру с довольно свежей берлогой нам удалось найти в 1962 г. на высоком скальном берегу таежной реки

Бирюсы, впадающей в Енисей в 50 км выше города Красноярская (теперь эти места сильно затоплены водой недавно созданного Красноярского моря). Пещера, названная «Казыреевской-2», или «Озерной», расположена на 200-метровой высоте, у самой вершины хорошо заметной издали горы, увенчанной известняковым утесом. Вход обращен на юг и настолько хорошо укрыт выступами скалы, что обнаружить его оказалось не просто. Начальный грот довольно просторный, целиком освещен дневным светом. От дальней стенки его в глубь горы уходит горизонтальный низкий и темный тоннель длиной 15 м. Заканчивается этот ход камерой высотой 3 м и шириной 1,5 м.

Для устройства берлоги зверь вырыл по ширине хода неглубокую яму. Затем, когда «ложе» было готово, он натаскал сюда травы, вырванной с корнями неподалеку от входа. На этом, собственно, строительство и было закончено. Относительно глухое место, сухость грунта, отсутствие сквозняка, постоянно положительная, хотя и низкая температура воздуха (1—2°) — все это вполне благоприятствовало выбору места берлоги.

В пещере в нескольких метрах от логова, в тупике спальной камеры, на хорошо утопанном земляном полу мы обнаружили два медвежьих черепа: старого некрупного зверя и перелетка. Судя по сохранности костного вещества, черепа эти находились в пещере не более 1—2 тысячелетий.

Заложенный летом 1976 г. небольшой шурф на месте берлоги позволил установить довольно значительную давность обитания медведей в пещере «Казыреевская-2». Верхний 20-сантиметровый слой грунта содержал, кроме остатков зайцев, сурков, кабарги, благородного оленя, еще 58 скелетных фрагментов одного взрослого и трех молодых медведей, имеющих древность более 10 тыс. лет.

На противоположном берегу Бирюсы (теперь широкого залива), в двух километрах к востоку от Казыреевских пещер,

нами была открыта еще одна пещера, получившая название «Медвежьей». Темный налет грязи с жиром, образовавшийся на стене узкого хода от частого трения по ней медвежьей шерсти, и разбросанный высох-

мрачной пещеры на глинистом полу коридора оказались кости и черепа четырех крупных медведей. Следы погрызов, хорошо заметные на некоторых костях, свидетельствовали о том, что гибель зверей, по всей вероят-



Грот, в котором располагалась берлога бурого медведя. Пещера «Казыреевская-2».

ший помет медведей рядом на открытой привходовой площадке, свидетельствовали о неоднократном появлении здесь «хозяина тайги». В дальней части этой 40-метровой сырой и

ности, происходила далеко не по причинам мирного характера. Всего на Бирюсе сейчас известно около 10 пещер с явными следами посещения бурых медведей и с их берлогами.

Нет сомнения, что взрослые медведи, живущие подолгу на одной территории, хорошо знают постоянные берлоги (в том числе и пещерные) сво-



Челюсти четырех бурых медведей, найденные в верхнем 20-сантиметровом слое грунта на месте покинутой берлоги. Пещера «Казаревская-2».

их соседей-сородичей. Поэтому не исключена возможность того, что сильные звери, став в голодные годы шатунами и найдя жилую берлогу, могут загрызть хозяина и лечь на его место. Подобные истории иногда удается слышать от старых таежных охотников. Интересно, что человека с факелом или карманным фонарем зверь встречает в пещерной берлоге не агрессивно и даже боязливо. Об этом нам рассказывали охотники из пос. Макарак Кемеровской области, не раз добывавшие медведей в карстовых подземельях глухого Кашкадакского ущелья.

Остатки бурых медведей были обнаружены в карстовых полостях, начинающихся горизонтальным ходом. Однако гораздо чаще скопления медвежьих костей встречаются в вертикальных пещерах-колодцах.

Как объяснить это? Вероятно, в вертикальные пеще-

ры медведи попадали случайно или по оплошности, особенно при внезапном испуге. Однако к тому должны быть и объективные причины.

Диаметр входных отверстий в вертикальные карстовые колодцы и шахты, на дне которых мы находили небольшие «кладбища» медведей и других не менее осторожных животных, колеблется в пределах от 1 до 8—10 м. Можно предположить, что медведи падают в эти естественные ловушки в основном весной, гонимые голодом и привлекаемые туда запахом полуразложившихся трупов ранее погибших зверей. Другим притягательным фактором для медведей может служить ранняя весенняя вегетация растений на прогреваемых склонах устьевых воронок в условиях припещерного микроклимата. Разжиженная поверхность почвы или, напротив, облещенность ее могли стать причиной соскальзывания и падения зверя. Не исключено, что иногда медведей в пещеры приводит любопытство, более отчетливо проявляющееся у молодых животных. Наличие в пещерах различного строения ос-

татков полугодовых медвежат в какой-то мере подтверждает это и указывает, что гибель медведей в карстовых полостях может происходить в середине лета.

Эта своеобразная «тяги» бурых медведей к пещерам не должна оставаться без внимания ученых и краеведов. Изучение ее поможет разгадать секреты происхождения многих разнородных пещерных танатоценозов, т. е. скоплений остатков животных, среди которых могут оказаться и ценнейшие следы деятельности древних людей.

Стремление зверей погрузиться в темноту и тишину пещер не везде одинаково и для некоторых видов, возможно, носит региональный характер. Например, свойственная бурым медведям Приенисейской Сибири привычка при случае наведываться в пещеры и устраивать там берлоги значительно менее характерна для медведей Прибайкалья и почти неизвестна на Алтае, Сихотэ-Алине и на Кавказе. Подобная картина как будто наблюдается и на Северном Урале в верховьях реки Печоры. Обнаруженные же там во время раскопок Медвежьей, Уньинской, Первокаменной и Каннинской пещер голоценовые остатки около 80 особей бурых медведей объясняются как следствие ритуальных медвежьих праздников далеких предков хантов и манси².

Внимательное изучение распределения голоценовых остатков млекопитающих в пещерах с учетом повадок хищников и сопоставление этих данных с материалами археологических и этнографических наблюдений позволят нам разобраться и правильно понять сложные процессы образования пещерных танатоценозов.

² Гуслицер Б. И., Каннивец В. И. Пещеры Печорского Урала. М.—Л., 1965; Каннивец В. И. Каннинская пещера. М., 1964; Кузьмина И. Е. Формирование териофауны Северного Урала в позднем антропогене.— В сб.: Материалы по фауне антропогена СССР. Л., 1971.

В защиту памирского архара

А. И. Соков

Кандидат биологических наук

Институт зоологии и паразитологии АН ТаджССР
Душанбе

Архар (*Ovis ammon polii*) — один из крупнейших диких баранов мира. Кроме величины тела, самцы архара поражают своими мощными, изящно закрученными рогами. Вот как описывал обитателя высокогорной зоны Н. А. Северцов: «С волнующейся гривой, громадными спиральными рогами, всегда приподнятой головой, плотным телом на крепких, сухих и стройных ногах старый самец качкара есть не только самый крупный, но и самый красивый из всех горных баранов; это великолепный зверь»¹.

Трудно не согласиться с мнением Н. А. Северцова, однако кроме этих качеств, вызывающих радостную эмоцию зрителя, памирский архар играет важную роль в сложной цепи природной экосистемы. В течение последних лет селекционеры-животноводы нашей страны путем скрещивания архара и домашней овцы получают новые мясошерстные породы овец.

Антропогенный фактор оказывает сильное влияние на численность популяции, и она из года в год сокращается. Сегодня это уникальное животное находится на грани исчезновения и внесено в «Красную Книгу СССР».

Область распространения архара сравнительно велика. Живет он в горах Центральной и Средней Азии, а также на Алтае и в Тувинском нагорье. В Таджикистане типичные места обитания архара расположены среди холодного, высокогорного пустынного ландшафта Памира, а также по отдельным участкам восточной границы Бадахшана.

В прошлом в горах Памира обитали большие стада архаров. В первой половине XX в. численность архара резко сни-

зилась. Летом 1932 г. М. П. Розанов лишь изредка встречал у озер Каракуль и Зоркуль стада архаров по 10—15 голов. Лишь под перевалом Кизыл-Рабат ему удалось встретить стадо архаров до 80 голов².

Таким образом, уже в 30-х годах под влиянием антропогенного фактора довольно четко обозначилась картина падения численности архара. Вместе с тем в 1967 г. и вновь в 1976 г. Г. Н. Сапожников оценивал численность архара на Памире в 70—80 тыс. голов³. Нам представляются эти данные крайне завышенными; совершенно невероятно и постоянство численности в 1967 и 1976 г.

Учетные работы в Рангульской впадине, проведенные А. К. Ковалевым, показали, что в мае 1970 г. на 1 тыс. га приходилось $7,7 \pm 1,5$ архара, а на площади 70 тыс. га типичных мест обитания архара общая численность не превышала 500 голов. Лишь зимой 1972 г. на 1 тыс. га размещались $30,5 \pm 4,1$ особи архара, а на площади 50 тыс. га обитало примерно 1500 голов, что объяснялось интенсивным перемещением архаров с верхних склонов окружающих хребтов в связи с резким увеличением снежного покрова. По мнению А. К. Ковалева, на зиму архары скапливаются в межгорных долинах, а летом вытесняются домашним скотом на ограниченные участки, неудобные для пастбищ⁴. Кроме того, суровые многоснежные зимы также отрицательно сказываются на численности архара.

²Розанов М. П. Материалы по млекопитающим и птицам Памира.— «Труды тадж. компл. экспед. 1932 г.», 1935, вып. 32.

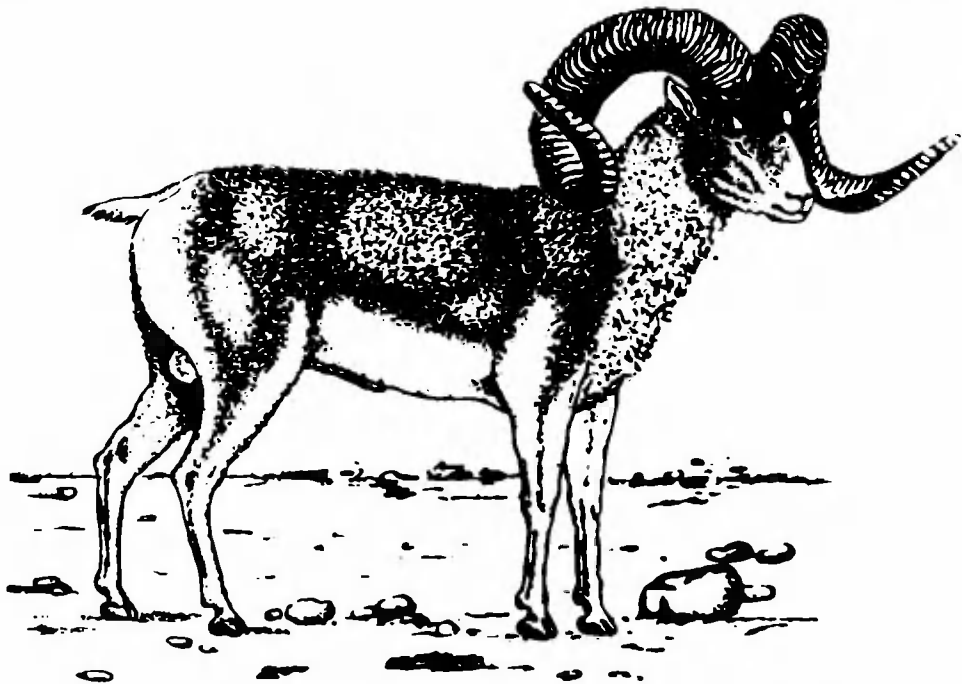
³Сапожников Г. Н. Создадим заказники в Таджикистане.— «Охота и охотничье хозяйство», 1967, № 9; Дикие копытные звери Таджикистана.— В сб.: Редкие виды млекопитающих фауны СССР и их охрана. М., 1973; Дикие копытные Таджикистана.— В сб.: Редкие млекопитающие фауны СССР. М., 1976.

¹Северцов Н. А. Заметки о фауне пазночных Памира.— «Зап. Турк. об-ва любит. естеств., антроп. и этногр.», 1887, т. 1, вып. 1.

Наши четырехлетние наблюдения (1968, 1969, 1972, 1974), проведенные в разные сезоны года на Памире, показали, что численность архара резко сокращается. Сегодня встреча большого стада архаров — событие, самые большие стада не превышали 25—35 голов и состояли из самок с молодняком. Взрослые самцы, как правило, поднимаются в верхний пояс гор, выбирая самые недоступные ущелья. Например, в ущелье Кукурт 3 апреля 1974 г. на площади 1 тыс. га было встречено всего лишь три взрослых самца архара, осталь-

мы встретили 16 архаров разного возраста, а через три дня при повторном учете общая численность животных составила 23 особи. Было установлено, что увеличение численности архаров связано с появлением волков на соседнем участке, в связи с чем архары перешли через хребты, окружающие долину с востока и запада, и проникли на учетную площадку.

Если летом 1932 г. М. П. Розанову под перевалом Кизыл-Рабат удавалось встретить стада архаров на одной осыпи до 80 голов, то спустя 36 лет, т. е. летом



Взрослый самец архара. Рисунок Е. В. Грищенко.

ная территория (более 2 тыс. га) оставалась не обжитой этими животными. В окрестностях урочища Чаканкуль в июле 1972 г. в межгорной долине на площади 1 тыс. га был дважды проведен учет численности архара.

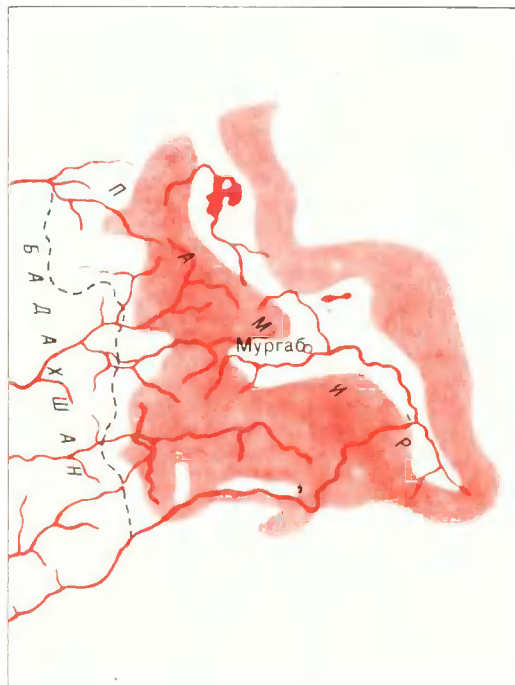
При первом учете на этой площади

⁴Ковалев А. К. К учету численности охотничьих животных на охотоведческих стационарах в Таджикистане.— «Изв. АН ТаджССР. Отд. биол. наук», 1974, № 1 (54); К численности охотничьих животных в Рангкульской впадине восточного Памира.— «Изв. АН ТаджССР. Отд. биол. наук», 1975, № 1 (58).

1968 г., в трех ущельях под этим перевалом мы встретили только две группы архаров из 6 и 11 животных. Эти места за последние годы усиленно используются для выпаса скота, что, возможно, послужило основной причиной резкого падения численности архара. Кроме этого фактора, на численность архара сильно влияет и близость автотрасс, по которым с каждым годом увеличивается движение. Если в 60-е годы нынешнего столетия вдоль памирской автотрассы то и дело встречались одиночные или небольшие табунки архаров, то в 70-е годы по центральному памирскому тракту на всем его протяжении в зимний и весенний периоды мы не встречали ни одного архара.

Во время учета численности архара

13 апреля 1974 г. на площади около 200 км² (от селения Кизыл-Рабат до одноименного перевала, а от него в направлении селения Чош-Теппа) были встречены 52 архара, т. е. на 1 тыс. га угодий приходилось 2,6 архара (преимущественно самки с молодыми и самцы 4—5-летнего возраста). В урочище Джартыгумбез на площади 5 тыс. га были встречены лишь 18 голов (3,6 архара на 1 тыс. га). Сходные данные получены и в окрестностях селения Чош-Теппа, где, по сведениям служащих астрономической обсерватории, в прошлые годы



Схематическая карта ареала архара (показан цветом) в Таджикистане (штриховая линия — граница между Бадахшаном и Памиром).

архары не были редкостью, чего, к сожалению, нельзя сказать сейчас.

18 апреля 1974 г. мы провели учет в урочище Машале. Здесь на площади около 2 тыс. га нам удалось подсчитать 44 архара, т. е. на 1 тыс. га приходилось 22 животных. Одно стадо в 35 голов состояло из самок беременных и с молодыми, а 9 взрослых самцов держались особняком. Такая плотность сохранилась в этом месте, вероятно, до прихода животноводов в летний период.

Учет численности был проведен в

самых отдаленных от населенных пунктов и автомобильных дорог местах Памира, где еще можно более или менее регулярно встретить архара. Но из большинства долин и межгорных впадин Памира архар уже давно и бесследно исчез. Так, не выдержав мощного антропогенного пресса и кормовой конкуренции, архары полностью исчезли из окрестностей поселка Чечекты, нет архара в долине р. Мургаб (Аксу) от одноименного селения до пос. Тохтамыш на площади более 8 тыс. га. В окрестностях Тохтамыша на площади 10 тыс. га также не удалось встретить ни одного архара. То же самое наблюдается между поселками Шаймак и Тохтамыш на площади свыше 5 тыс. га. Таков далеко не полный перечень мест, откуда архар вытеснен и истреблен.

Таким образом, по предварительным подсчетам на Памире обитает не более 18—20 тыс. голов архара.

Четырехлетние исследования и учет численности архара на Памире, проведенные сотрудниками Института зоологии и паразитологии АН Таджикской ССР, позволяют сделать вывод, что на обследованных малонаселенных участках, обжитых человеком только в летний период, плотность архара на 1 тыс. га угодий составляет в среднем 2,6 особи. В местах же, где архар скапливается в зимний и ранний весенний периоды, она может достигать 22 животных на 1 тыс. га. Наряду с этим на Памире все чаще появляются «острова» в былом ареале. Так, по нашим подсчетам, архар уже сейчас не встречается на 25 тыс. га площади Памира.

Ареал памирского архара на современном этапе можно отнести к категории островного и разреженного на всей площади высокогорного ландшафта. Прерывистость ареала объясняется наличием участков, на которых размещены летние и зимние стойбища мелкого и крупного рогатого скота.

Необходимо разработать перспективный план охраны архара — чрезвычайно ценного представителя фауны Таджикистана — без ущерба развитию животноводства на Памире. Вероятно, для выполнения этой задачи территорию, где архары размножаются, а также скапливаются, образуя стада в период кормления и отдыха, следует объявить заповедной. Вызывает удивление, что на Памире, в этом уникальном высокогорном массиве со своеобразной фауной до сих пор не организован заповедник, способствующий сохранению редчайших видов животных.

Физика

Бозе-конденсация и сверхтекучесть в жидком ^4He

Впервые экспериментально обнаружена корреляция между бозе-конденсацией и сверхтекучестью в жидком ^4He . Как известно, сверхтекучий ^4He (или так называемый гелий-II) при температуре ниже $T_\lambda = 2,19 \text{ K}$ (температура фазового перехода) способен протекать по узким щелям и капиллярам без трения о стенки. Объясняется этот фазовый переход тем, что в квантовой системе из бозе-частиц, какими являются атомы ^4He , при достаточно низкой температуре и слабом их взаимодействии определенная доля частиц скапливается на основном уровне с нулевым импульсом, т. е. образует так называемый бозе-конденсат. Доля бозе-конденсата зависит от характера и силы взаимодействия между бозе-частицами. В случае гелия-II ее не удается точно рассчитать из-за сложности микроскопического описания реальной жидкости. Ряд экспериментов по глубоко неупругому рассеянию нейтронов в гелии-II свидетельствует о наличии в нем при температуре $\sim 1,2 \text{ K}$ более 1% бозе-конденсата. Однако вопрос о связи явлений сверхтекучести и бозе-конденсации в жидком гелии-II пока не имеет однозначного теоретического решения из-за указанной сложности теории.

Е. Б. Докукин, Ж. А. Козлов, В. А. Парфенов и А. В. Пучков (Объединенный институт ядерных исследований, Дубна) измерили долю бозе-конденсата в жидком ^4He в зависимости от его температуры в пределах $1,2 - 4,2 \text{ K}$. Показано, что при температурах выше $T_0 = 2,29 \pm 0,12 \text{ K}$ ($\approx T_\lambda$) количество бозе-конденсата не пре-

вышает экспериментальной погрешности $\approx 0,5\%$. С уменьшением температуры в области $T < T_0$ наблюдается рост доли бозе-конденсата до значения $2,5\%$ при $T = 1,2 \text{ K}$. Эта зависимость имеет вид: $1 - (T/T_0)^m$, где $m = 5,6 \pm 4$, в то время как для идеального бозе-газа $m = 1,5$. Она носит тот же характер, что и температурная зависимость доли сверхтекучей компоненты гелия-II.

В экспериментах измерялось число нейтронов, неупруго рассеянных в жидком ^4He . Из анализа энергетических спектров этих нейтронов извлекалась информация об относительной плотности бозе-конденсата в зависимости от температуры. Чувствительность энергетических спектров к наличию бозе-конденсата обусловлена различием параметров гауссова распределения по энергии у нейтронов, неупруго рассеянных на бозе-конденсате и на нормальном жидком ^4He .

«Письма в ЖЭТФ», 1976, т. 23, вып. 9, с. 497.

Физика

Звук от нейтрино

24 февраля 1977 г. на совместном заседании Отделения общей физики и астрономии, Отделения ядерной физики и Отделения океанологии, физики атмосферы и географии АН СССР Г. Т. Зацепин, Б. А. Долгошеин и В. И. Ильичев рассказали об исследовании нейтрино высоких энергий с помощью проекта «ДЮМАНД»¹.

Нейтрино высоких энергий (10^{15} эВ и выше) в послед-

ние годы все больше привлекают внимание физиков и астрофизиков. Физики надеются с их помощью получить важную информацию о ядерных процессах, происходящих при очень больших энергиях, недоступных на современных ускорителях. Для астрофизиков нейтрино высоких энергий остаются единственным агентом, для которого Вселенная прозрачна и который поэтому может принести неискаженные сведения о самых ранних периодах ее существования и процессах, протекающих на больших расстояниях.

Как известно, детектировать нейтрино чрезвычайно трудно; требуются мишени больших масс и объемов. В проекте «ДЮМАНД» мишенью служит объем воды в 1 км^3 на глубине 5 км под поверхностью моря. Датчики расположены на расстоянии $\sim 10 \text{ м}$ друг от друга и должны улавливать черенковское свечение в оптическом диапазоне.

При столкновении нейтрино высокой энергии ($\sim 10^{13}$ эВ) с электронами рождаются μ -мезон и каскад адронов. Так как импульс нейтрино очень велик и большая его часть передается образовавшимся адронам, то углы, под которыми они расходятся, очень малы и ливень адронов можно рассматривать как прямолинейный пучок, возникающий непосредственно в водной среде. Он и дает черенковское излучение, величину и направление которого могут зарегистрировать датчики, расположенные менее чем в 1 км от этого места.

По расчетам, число нейтрино с энергией, больше 10^{12} эВ, претерпевающих взаимодействие с электронами в объеме мишени, должно быть около 10 тыс. в год. Но при энергии нейтрино 10^{14} эВ таких событий должно быть уже не больше 300 в год. В этом интервале,

¹ Березинский В. С. Проект «ДЮМАНД». — «Природа», 1976, № 1.

точнее, при энергии нейтрино около $5 \cdot 10^{13}$ эВ, может быть обнаружен W-бозон (если он существует), масса которого, по некоторым теориям, порядка 70 ГэВ (около 70 масс протона).

Основной поток нейтрино с энергией 10^{14} эВ придет к нам из эпохи, когда формировались галактики, и даст экспериментальные данные об этом все еще загадочном процессе. Существенно, что если сечение столкновения нейтрино с электронами будет продолжать линейно расти с увеличением энергии нейтрино, то для нейтрино таких энергий даже Земля станет практически непрозрачной и на основании суточного и годового хода наблюдений можно будет судить о степени изотропности прихода нейтрино из Метагалактического пространства.

Еще в 1957 г. Г. А. Аскарян (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) предложил акустический метод регистрации заряженных частиц²; позже Б. А. Долгошеин (Московский инженерно-физический институт) обратил внимание, что на больших глубинах уровень звуковых шумов крайне мал; это позволяет регистрировать крайне редкие события, в частности можно с помощью акустического метода выделять редкие нейтрино высоких энергий. Был рассчитан акустический сигнал и показана возможность обнаружения каскада адронов, возникающего при поглощении нейтрино высоких энергий³. Дело в том, что звук в воде распространяется значительно дальше, чем свет, а возникновение адронного каскада от нейтрино с энергией 10^{15} эВ эквивалентно взрыву в воде 10^{-8} г тротила. Существующими гидрофонами такой звук обнаруживается более чем за

100 м. Таким образом, «решетка» детекторов может при том же объеме содержать в сотни раз меньше датчиков, причем сами акустические датчики значительно проще и вся система гораздо дешевле.

В начале 1977 г. в Брукхейвенской лаборатории (США) был поставлен первый эксперимент для проверки этого эффекта⁴. В заполненной водой бак объемом $1,5 \text{ м}^3$ вводился пучок протонов с энергией 32 ГэВ и таким же диаметром пучка, как и у пучка адронов, возникающего при поглощении нейтрино высоких энергий. В воде пучок протонов выделял энергию от 10^{12} до 10^{15} эВ. Звук, словно хлопок раскупориваемой бутылки шампанского, был ясно слышен. Измерения показали, что величина эффекта примерно в 10 раз превосходит оценку Аскаряна и Долгошеина, сделанную для больших глубин, где давление доходит до 500 атм; в результате интенсивность звука может уменьшиться. Вполне возможно, что при использовании акустического эффекта обычный железнодорожный состав из заполненных водой цистерн будет хорошим детектором нейтрино высоких энергий от ускорителя.

Проект «ДЮМАНД» будет пересматриваться в связи с использованием указанной методики. Кроме того, в нем будут учтены световые и акустические явления в глубинах океана, с которыми придется считаться при выделении из шумов действительных сигналов от космических нейтрино. Использование ЭВМ для анализа сигналов, поступающих от множества датчиков (такие способы обработки данных применяются давно), позволит легко выделить полезный сигнал из фонового и даже определить не только энергию и место рождения каскада, но и его направление, т. е. направление прихода нейтрино.

М. А. Корец

Москва

Астрофизика

Проблема солнечных нейтрино

Новый путь решения проблемы дефицита солнечных нейтрино предложили практически одновременно американские физики М. Дж. Ньюмен и Р. Дж. Тальбот (Калифорнийский технологический институт) и Дж. Р. Аумен и У. Г. Маккри (Университет Британской Колумбии, Канада). Как известно, детектор Дэвиса рассчитан на нейтрино высоких энергий, поток которых сильно зависит от температуры центральных областей Солнца (чем выше температура, тем интенсивнее термоядерные реакции и, следовательно, больше испускается нейтрино)¹. Расчеты показывают, что сердцевина была бы холоднее, если бы содержание в ней тяжелых элементов было меньше, чем это принимается в современных моделях, построенных с учетом наблюдательных данных по составу поверхности Солнца. В работе американских и канадских физиков предлагается механизм, объясняющий именно пониженное содержание тяжелых элементов в центральных областях Солнца по сравнению с его поверхностью.

Средняя плотность межзвездной материи на расстоянии 1 кпс от Солнца равна ~ 2 протон/см³. Так как Солнце обладает большим гравитационным потенциалом, то при своем вращении вокруг галактического центра оно притягивает межзвездную материю — происходит так называемая аккреция. Доля этой аккрецированной массы (по отношению к полной массе Солнца), приобретенной Солнцем за 4,5 млрд лет, вполне ощутима: от 0,05 до 0,5%. Такого количества материала вполне может хватить на образование поверхностной оболочки, состав которой будет значительно отличаться от состава сердцевины Солнца;

² Аскарян Г. А. Гидроакустическое излучение от треков ионизирующих частиц в стабильных жидкостях. — «Атомная энергия», 1957, т. 3.

³ Аскарян Г. А., Долгошеин Б. А. Акустическая регистрация нейтрино высоких энергий. — «Письма в ЖЭТФ», 1977, т. 25, вып. 5.

⁴ Culak L. et al. Report Fermilab. «DUMAND», 1976, USA.

¹ Явлов Б. Е. Солнечные нейтрино. — «Природа», 1974, № 7.

в соответствии с астрофизическими данными, следует ожидать, что поверхностные слои будут более богаты тяжелыми элементами.

Аумен и Маккри указывают, что для согласования расчетной величины потока солнечных нейтрино высоких энергий с данными экспериментов Дэвиса достаточно, чтобы содержание тяжелых элементов в сердцевине Солнца было в 4 раза меньше, чем на его поверхности, что несколько не противоречит оценкам, сделанным по аккреции межзвездной материи. В то же время отмечается, что вопрос об аккреции вещества на Солнце остается открытым; этому процессу, в частности, может препятствовать «солнечный ветер».

«Nature», 1976, v. 262, No 5569, p. 559, 560 (Великобритания).

Астрофизика

Заряженные черные дыры

Каждая «нормальная» звезда обладает небольшим положительным электрическим зарядом, так как находящиеся в ней свободные электроны имеют при термодинамическом равновесии такую же среднюю кинетическую энергию, как и протоны, но из-за своей малой массы — гораздо большую среднюю скорость. В результате быстрые электроны до тех пор покидают звезду, пока образующийся положительный заряд звезды не компенсирует разность масс электрона и протона. Этот малый положительный электрический заряд может получить в наследство и черная дыра, возникающая в результате коллапса звезды. Черная дыра может к тому же быстро вращаться, это вполне естественное предположение, так как угловым моментом снабжены практически все космические тела.

Е. Р. Гаррисон (Национальная радиоастрономическая обсерватория, Грин-Бэнк, США) рассмотрел взаи-

модействие такой положительной заряженной черной дыры с окружающим веществом. Вращение заряженной черной дыры приводит к появлению магнитного поля, вызывающего падение на черную дыру заряда того же знака. В результате заряд черной дыры и создаваемое ею электрическое и магнитное поля очень быстро (экспоненциально) растут. Однако когда величина электромагнитного поля становится достаточно большой, начинается процесс рождения электрон-позитронных пар. Электроны падают на черную дыру, приостанавливая рост ее электрического заряда, а позитроны вылетают в виде двух узких пучков из полярных областей черной дыры вдоль ее оси вращения.

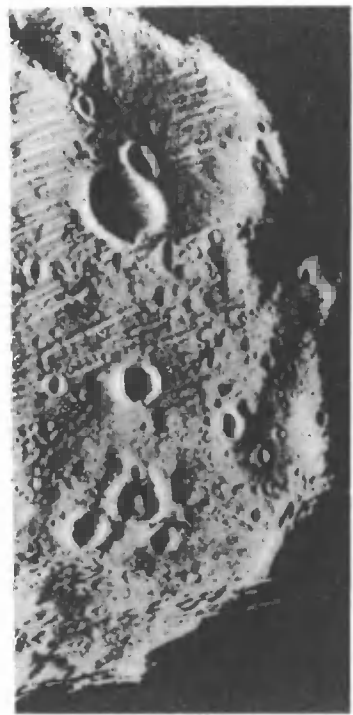
В случае массивных черных дыр с массой $\sim 10^8 M_{\odot}$ позитронные пучки уносят с собой энергию, достаточную, чтобы объяснить источники энергии в сильных внегалактических радиосточниках. Кроме того, с помощью модели с двумя одинаковыми, противоположно направленными узкими пучками можно объяснить характерную двухкомпонентную структуру радиосточников. Наличие межгалактической среды и прецессия оси вращения могут привести к наблюдаемым U- и S-образным формам радиосточников.

«Nature», 1976, v. 264, No 5586, p. 525—528 (Великобритания).

Планетология

Полосы на поверхности Фобоса

С помощью орбитального отсека «Викинга-2» получен детальный снимок спутника Марса — Фобоса. Размеры изображенного на снимке участка около 18×9 км, различаются детали крупнее 40 м. Северный полюс Фобоса расположен близ левого верхнего угла снимка; справа — неосвещенная Солнцем часть спутни-



Снимок поверхности Фобоса, полученный орбитальным отсеком «Викинга-2». Видны полосы и цепочки малых кратеров.

ка. Терминатор (линия, разделяющая светлую и темную стороны) неровный из-за большой пересеченности поверхности, которая покрыта чашеобразными кратерами.

Наибольший интерес вызывают полосы и цепочки малых кратеров, похожие на вторичные выбросы из крупных кратеров Луны и Меркурия. Предлагаются три гипотезы образования полос-бороздок. Во-первых, это может быть результат выбросов из крупного кратера, не видимого на снимке. Во-вторых, не исключено взаимодействие поверхности Фобоса с роем обломков или крупным небесным телом. И, наконец, возможно, что это результат события, происшедшего, когда Фобос был частью более крупного небесного тела. Для окончательного ответа необходимо получить

снимки с еще большим разрешением. С этой целью планируется перевести один из орбитальных отсеков «Викингов» на орбиту, проходящую в 30 км от Фобоса.

«Science News», 1976, v. 110, № 14, p. 212—213 (США).

Молекулярная биология

Новые успехи в генной инженерии

Получены новые результаты по пересадке генов. К их числу относятся пересадка гена глобина из ретикулоцитов кролика в кишечную палочку *E. coli* и перенос гена из дрожжей также в клетки кишечной палочки.

Пересадка гена глобина из ретикулоцитов кролика в бактериальный геном была осуществлена практически одновременно в четырех лабораториях: Ф. Ружон, П. Курильски и Б. Мах (Париж — Женева), Т. Х. Раббитс (Кембридж, Великобритания), С. Маньятис с соавторами (Гарвард, США) и В. Хигуши с соавторами (Лос-Анджелес, США). Эти исследователи выделили глобиновую мРНК из ретикулоцитов кролика и с помощью фермента обратной транскриптазы синтезировали на ней как на матрице одноцепочечную ДНК. На такой одноцепочечной ДНК с помощью другого фермента — ДНК-полимеразы — была построена комплементарная цепочка ДНК. Полученную в результате такой длительной процедуры двуцепочечную ДНК можно считать (правда, с некоторым допущением) геном глобина. Такой ген вводили в клетки кишечной палочки *E. coli*, однако включали не в хромосому, а во внехромосомный генетический элемент, называемый плазмидой pCR1. Хотя с помощью разных методов установлено, что глобиновый ген действительно присутствует в клетках кишечной палочки, тем не менее там не обнаружено белка глобина, который кодируется этим геном.

Другими словами, глобиновый ген кролика никак не проявляет себя в клетках бактерий.

Американские биологи К. Струл, Дж. Камерон и Р. Дэвис сообщили о пересадке гена дрожжей в клетки бактерий. В качестве клеточных реципиентов, «принимающих» чужеродный ген, американские исследователи использовали мутантный штамм *E. coli*, неспособный синтезировать аминокислоту гистидин. Этот штамм имеет мутацию в гене *hisB* и растет только при добавлении в питательную среду гистидина. Донором генетического материала служили пищевые дрожжи, которые представляют собой одноклеточные грибы. Дрожжи по особенностям своего клеточного строения, организации генома и т. д. относятся к эукариотам и объединяются в одну группу с высшими организмами. Для переноса генетического материала из дрожжей в бактерии использовался бактериофаг λ . ДНК этого фага и ДНК дрожжей были обработаны особым ферментом — ограничивающей нуклеазой *EcoRI*, который расщепляет цепочку ДНК в определенных участках. После такой обработки фрагменты ДНК дрожжей, в том числе и ген *hisB*, присоединяли к геному бактериофага с помощью фермента — лигазы. Такими «гибридными» бактериофагами, несущими фрагмент генома дрожжей, заражали клетки мутанта *E. coli*, неспособного синтезировать гистидин. Зараженные клетки высевали на среде без гистидина, и колонии давали только те клетки, у которых восстанавливалась способность синтезировать гистидин благодаря гену *hisB* дрожжей, привнесенному фагом.

Таким образом, в отличие от опытов с глобиновым геном не только доказан перенос гена из высшего организма в бактерии, но и установлен факт функционирования перенесенного гена в клетке-реципиенте. Это первый опыт, доказывающий возможность синтеза белка,

специфичного для высших организмов, в клетках бактерий.

«Nature», 1976, v. 260, № 5548, p. 189 (Великобритания); «Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 1976, v. 73, p. 1471 (США).

Молекулярная биология

Функции низкомолекулярных РНК

За последнее время появляется всё больше данных, что в клетках высших организмов имеются неизвестные ранее типы РНК с небольшим молекулярным весом. Видимо, некоторые из них принимают участие в синтезе белка, являясь компонентами рибосом, другие, функция которых пока точно не установлена, связана с клеточной мембраной, третьи образуются при «созревании» рибосомных РНК (когда специальные ферменты отщепляют «лишние» фрагменты от длинных молекул-предшественников).

Самая многочисленная и, пожалуй, наиболее загадочная группа таких низкомолекулярных РНК получила название «коротких ядерных РНК» (sn RNA). Они недавно обнаружены во всех высших организмах, в которых их пытались найти¹. Количество типов таких РНК, обладающих относительно высокой стабильностью, колеблется в разных организмах от 4 до 10. В их состав входит от 65 до 200 нуклеотидов, многие из которых содержат метильные группы. Пожалуй, самое удивительное свойство этих РНК заключается в том, что они не находятся постоянно в ядре: на определенной стадии клеточного деления эти РНК переходят в цитоплазму, после чего, не претерпев каких-либо изменений, возвращаются в ядро.

Л. Гольдштейн (отдел молекулярной и клеточной биологии Университета Коло-

¹ «Cell», 1976, v. 8, p. 19.

радо, США)² попытался установить функцию коротких ядерных РНК в клетках амёбы (*Amoeba proteus*). Для этого он инкубировал клетки амёбы таким образом, чтобы радиоактивный предшественник РНК — ³H-уридин — вошёл только в короткие ядерные РНК. Для последующей локализации радиоактивных ядерных РНК Гольдштейн использовал метод радиоавтографии, позволивший проследить судьбу ядерных РНК в клетках амёбы на разных стадиях клеточного деления. В интерфазной стадии в состоянии покоя более 95% коротких ядерных РНК обнаруживаются в ядрах амёбы. При этом меньшая часть РНК связана с ядерным хроматином, а большая часть находится в нуклеоплазме в свободном виде.

Когда клетки амёбы начинают делиться, большая часть ядерных РНК выходит из ядра. В метафазе ядерные РНК равномерно распределяются в цитоплазме клеток; на этой стадии не обнаружено ядерных РНК, связанных с хромосомами. Уже через несколько минут после окончания метафазы картина резко меняется: в середине анафазы практически вся ядерная РНК оказывается связанной с хромосомами. Затем, в первые часы интерфазы, локализация ядерных РНК постепенно меняется: хотя они и остаются в ядре, однако располагаются в основном в нуклеоплазме, а не в связанном с хроматином состоянии.

Проследив за локализацией ядерных РНК на разных стадиях клеточного деления амёбы, Гольдштейн предположил, что ядерные РНК выполняют роль регуляторов активности генов. По-видимому, на хромосомах имеется ограниченное количество регуляторных участков, которые могут быть заняты либо ядерными РНК, либо кислыми ядерными белками. Гольдштейн считает, что ядерные РНК,

связываясь с хромосомами, специфически регулируют синтез РНК на определенных участках генов. Кроме того, короткие ядерные РНК, вероятно, участвуют в структурной организации хроматина.

А. П. Суртучев

Кандидат биологических наук
Москва

Генетика

«Генетическая трансформация» в клетках млекопитающих

Развитие генетики соматических клеток позволило вплотную подойти к расшифровке пространственной структуры хромосом млекопитающих и человека. Уже сейчас использование гибридов клеток человека и мыши дало возможность определить положение около 130 генов во всех 23 хромосомах человека; но все же еще очень мало известно о расположении этих генов в хромосомах и их структуре. Здесь может помочь открытие в клетках млекопитающих явления, похожего на генетическую трансформацию у бактерий.

Сущность явления состоит в следующем. Если клетки одного вида обработать ДНК, выделенной из клеток другого вида, то в клетках первого вида можно обнаружить маркеры клеток второго вида. И чем ближе расположены донорские гены друг к другу, тем чаще их можно обнаружить вместе в клетках реципиента. Поэтому, исходя из того, как часто обнаруживаются одновременно два донорских признака, можно получить представление о расстоянии между соответствующими генами.

Долгое время считалось, что генетическая трансформация ограничена миром одноклеточных. Недавно получены неоспоримые доказательства существования этого явления и в клетках млекопитающих. Дж. Берч и В. Мак-Брайд (США) установили, что при

культивировании клеток одного вида животных в среде, в которую добавили изолированные хромосомы из клеток другого вида животных, можно выделить потомство (клоны) клеток, несущее маркеры того вида, чьи хромосомы взяты в опыт¹. В экспериментах таким маркером был фермент гипоксантин-гуанин-фосфорибозил трансфераза (ГГФРТ). Клетки мыши, не содержащие этого фермента, выращивались на среде с аминопретинимом, куда добавили изолированные хромосомы человека. На этой селективной среде могли расти лишь клетки с ГГФРТ. Оказалось, что в клетках трех из четырех выросших колоний ГГФРТ был человеческого типа.

Однако уверенность, что этот метод можно использовать для изучения структуры генома млекопитающих, появилась лишь после того, как удалось одновременно перенести несколько генов. Это были гены тимидинкиназы и галактокиназы человека. Они расположены в 17-й хромосоме. В опытах К. Виллечка (США) собирались клетки, содержащие тимидинкиназу². Из девяти выделенных таким образом клонов в двух присутствовала и галактокиназа человека.

Сейчас имеются все основания считать, что лишь небольшой участок хромосомы донора включается в геном реципиента. В описанных выше опытах он составлял, очевидно, около 2% генома человека. Пока мало известно о характере связи между этим встроенным кусочком и принявшим его геномом, но связь эта довольно прочная. Ведь при выращивании полученных клеток в неселективных условиях только 3% клеток теряли приобретенные признаки.

Н. С. Жданова

Кандидат биологических наук

Новосибирск

¹ «Proc. Nat. Acad. Sci. USA», 1975, v. 72, p. 1977—1801.

² «Proc. Nat. Acad. Sci. USA», 1976, v. 73, p. 1268—1274.

² «Nature», 1976, v. 261, p. 519.

Ботаника

Эпидемия охватила сорняк

Сорное растение дурнишник (*Xanthium atrumarium*), которое в Австралии называется «нугура», широко распространено на этом континенте и причиняет немалый ущерб хозяйству.

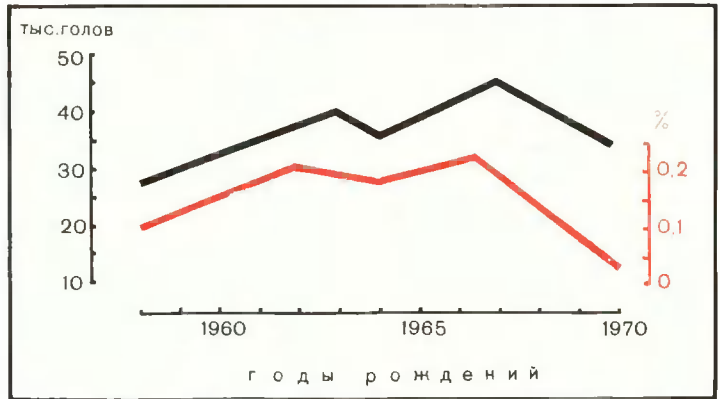
В последнее время в австралийском штате Квинсленд отмечены случаи массовой гибели этого сорняка. Наблюдения, проведенные под руководством У. Х. Хаслера (Исследовательская станция им. А. Флетчера), показали, что дурнишник поражается желтовато-серой ржавчиной *Puccinia xanthii*, смертельной для него. До сих пор в Австралии эта болезнь была неизвестна. За сравнительно короткое время она уже охватила заросли дурнишника на расстоянии до 1600 км от района Брисбена, места, где впервые была обнаружена. Если исследования покажут безвредность этого вида ржавчины для других растений, то специалисты считают возможным ее искусственный перенос в другие области Австралии для борьбы с дурнишником.

«Smithsonian Institution Natural Science Event Bulletin», 1977, v. 2, № 3, p.14 (США).

Зоология

Эмиграционная активность северных котиков

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии изучают процессы смешивания между различными группировками (предположительно — разными популяциями) котиков (*Callorhinus ursinus*), обитающих в северной части Тихого океана. С этой целью ведется обработка обширных материалов по возврату меток



Зависимость интенсивности эмиграции котиков из популяции о-ва Тюленьего от численности поколений: I — численность живых детенышей в поколении, II — процент эмигрировавших котиков из соответствующего поколения.

от котиков, помеченных в первые месяцы жизни на месте своего рождения, а затем добытых в тех или иных пунктах репродуктивного ареала вида.

Первые же результаты, полученные при анализе процессов смешивания котиков между популяцией о-ва Тюленьего, расположенного близ Сахалина, и другими репродуктивными группировками¹, позволили обнаружить одну весьма любопытную особенность процесса эмиграции котиков, не отмечавшуюся прежде для других видов животных.

Оказалось, что интенсивность эмиграции котиков из популяции о-ва Тюленьего

в том или ином году определяется не какими-либо конкретными условиями внешней среды в данном календарном году, а зависит главным образом от степени, если можно так выразиться, эмиграционной активности различных поколений животных. Каждому из поколений свойственна своя эмиграционная активность, степень развития которой находится, как было установлено, в прямой зависимости от исходной численности данного поколения, т. е. от количества детенышей, выживших на лежбище к моменту окончания массовой шенки в соответствующем году. Именно это обстоятельство и обуславливает впоследствии интенсивность эмиграции с острова котиков данного года рождения.

Таким образом, «предрасположенность» к эмиграции закладывается у котиков с самого детства и, по-видимому, определяется плотностью их размещения на лежбище. Удалось, кроме того, выяснить, что наиболее интенсивно эмигрируют из родных популяций трехлетние котики. Обнаружена и обратная корреляция между интенсивностью притока котиков-иммигрантов в популяцию о-ва Тюленьего и уровнем ее общей численности.

Изучение процессов межпопуляционного смешивания котиков продолжается.

В. А. Владимиров
Кандидат биологических наук

Москва

¹ В основу анализа легли данные возврата 14 078 из ранее помеченных котиков, с последующей корректировкой на вероятность потери меток и коэффициент мечения (т. е. соотношение меченых и немеченых детенышей в каждом поколении).

Герпетология

Особенности кровоснабжения змей

Р. Сеймур (Аделаидский университет, Австралия) и Х. Лиллиуайт, (Канзаский университет, США) изучили системы кровоснабжения девяти видов змей. Установлены существенные различия в этих системах в зависимости от образа жизни, свойственного данному виду. Так, кровяное давление у змей, живущих на деревьях, достигает 74 мм рт. ст. Герпетологам известно, что такие змеи долго находятся в вертикальном положении, при котором кровоснабжение головного мозга, естественно, требует значительных усилий организма. У водяных же змей, длительное время находящихся в горизонтальном положении, кровяное давление не превышает 22 мм рт. ст.

Определенная закономерность была также установлена в расположении сердца. У всех сухопутных видов змей оно находится ближе к голове, а у водяных змей — почти точно в середине тела.

«Science News», 1977, v. 110, № 3, p. 40 (США).

Зоология

Малая панда в неволе

До сих пор все попытки длительное время содержать, а тем более добиться размножения в неволе малой, или рыжей, панды (*Ailurus fulgens*) оканчивались неудачей. Этот азиатский енот, дальний родственник панды большой, не выдерживает неволи и крайне редко приносит в зоопарках потомство, которое обычно не достигает зрелого возраста. В природных условиях экология этого зверька слабо изучена.

Поэтому, когда в 1973 г. у малой панды, содержащейся в Национальном зоопарке США (Вашингтон, округ Колумбия), родились два детеныша, — это было редкой удачей. М. Ро-



Малая, или рыжая, панда (*Ailurus fulgens*) из Национального зоопарка Вашингтона.

Энтомология

Средиземноморская мушка вторглась в Мексику

Фруктовая мушка *Scaptomyza capitata*, родина которой район Средиземноморья, появилась в Центральной Америке сравнительно недавно. В 1976 г. ее впервые наблюдали в Гватемале. За два первых месяца 1977 г. этот активный сельскохозяйственный вредитель неоднократно был замечен и в Мексике. В ловушках, установленных в 16 пунктах штата Чьяпас, с 1 февраля по 31 марта оказалось 14 самок и 4 самца.

Насекомое причиняет вред не менее чем двумстам видам растений, среди которых многие фрукты и овощи, играющие важную роль в экономике Центральной Америки. Принимаемые против мушки меры включают карантин, окуливание плантаций дымом, использование химического средства малатиона и стерилизацию особей этого насекомого, что должно препятствовать его размножению.

бертс и Х. Эгоскью провели тщательное наблюдение за их развитием, поведением матери, питанием и т. п. Чрезвычайно важным фактором оказалась иммунизация зверьков от собачьей чумки, которой они оказались подвержены. Обоих маленьких панд удалось сохранить и вырастить. В 1976 г. эта пара принесла трех детенышей.

В результате трехлетних наблюдений установлено, что в средних широтах этих животных следует круглый год держать под открытым небом, однако необходимо убежище на случай холодного дождя и сильного ветра, а в жаркое время совершенно необходима тень. На участке также должны быть деревья, по которым панды любят лазать. Хотя прочную семейную пару они и не образуют (самец в воспитании детенышей не принимает участия), их можно содержать вместе. Потомство остается с матерью до 8—10-месячного возраста; в 20 месяцев зверьки могут обзаводиться собственной семьей. Основой питания малой панды служат бамбуковые листья и трава.

«Smithsonian Institution Research Reports», 1977, № 16, p. 4 (США).

«Smithsonian Institution Natural Science Event Bulletin», 1977, v. 2, № 3, p. 14 (США).

Этология

Наэлектризованные пчелы

Энтомолог Э. Х. Эриксон (Исследовательский отдел Министерства сельского хозяйства США) установил, что статическое электричество играет существенную роль в поведении пчел. Рабочие пчелы, направляясь за взятком, несут небольшой отрицательный электрический заряд, который в момент их возвращения в улей сменяется положительным. Потенциал электрического поля, возникающего между пчелой и цветком, с которого она собирает пыльцу, достигает 1,5 В.

По-видимому, электрический заряд способствует оседанию пыльцы на теле насекомого. Возможно также, что электромагнитное поле используется пчелами для передачи информации о местонахождении цветов, так как его величина изменяется в зависимости от расстояния до источника пищи и от интенсивности солнечного излучения. Приближение грозы также влияет на рост электрического заряда на теле пчелы, на что насекомое реагирует, делаясь более возбудимым.

Пчелы играют важную роль в опылении более ста растений, используемых человеком в сельском хозяйстве, поэтому продолжение исследований Э. Х. Эриксона может оказаться весьма существенным при решении прикладных задач.

«Science News», 1977, v. 111, № 2, p. 28 (США).

Океанография

«Акула», заглатывающая пляж

В 50-х годах юго-западная часть пляжа мыса Пицунда стала интенсивно сокращаться. При исследовании материкового склона, прилегающего к этой части пляжа, было обнаружено 11 подвод-

ных каньонов. В них нашли песок, гравий и гальку, подобные пляжевым наносам мыса. Было высказано предположение, что материал, из которого сложен пляж, утекает по каньонам на дно. Особую опасность представляет каньон Акула, вершина которого подходит непосредственно к берегу у мыса Инкит. Акула перехватывает вдольбереговые наносы, обычно наращивающие пляж. Вершины остальных каньонов расположены на расстоянии до полукилометра от берега, на глубинах около 70 м.

В 1969 г. береговая секция Океанографической комиссии АН СССР предложила срезать мыс Инкит: наносы стали бы перемещаться к мысу Пицунда и ловушка в каньоне Акула была бы ликвидирована. Однако предложение не было принято, поскольку многие считали, что изоляция Акулы кардинально проблему не решит.

Недавно группа сотрудников объединенной экспедиции Института географии АН СССР и АН ГрузССР исследовали подводный склон мыса Пицунда с помощью специального подводного аппарата, который дает возможность на глубинах около 400 м осматривать дно, выполнять фото- и киносъемку.

Рельеф склона оказался намного сложнее, чем это было установлено в 60-х годах с помощью эхолота. Кроме крупных депрессий (подводных каньонов), на дне обнаружены обрывы, желоба, уступы и оползни. Сами каньоны хорошо выражены лишь на мелководьях; с глубин порядка 100 м каньоны переходят в несколько параллельных желобов.

За время наблюдений, продолжавшихся 14 суток, аппарат семь раз погружался на дно. Исследовались грунты материкового склона, процессы гравитационного смещения грунта, заиление дна. Удалось обнаружить высокие обрывы в плотных глинах, оценить скорость осадения осадков. На глубине около 70 м, на участке, где сталкиваются противоположные течения, най-

ден настоящий завал из бревен и веток, занимающий плоскую террасу длиной в несколько сот метров и шириной в десятки метров.

Исследования показали, что пляжная галька имеется лишь в каньоне Акула, причем встречается от самого берега до глубины 415 м (глубже аппарат не опускался). Во всех других каньонах пляжная галька вблизи берега не обнаружена; галька и валуны начинают появляться на значительной глубине, там, где выходят донные конгломераты. Таким образом, получено дополнительное обоснование, что для ликвидации ловушки наносов в каньоне Акула необходимо срезать мыс Инкит.

Проблемы изучения берегов Грузии. Сб. Тбилиси, 1976, с. 112—127.

Океанология

Золото в воде океанов

Сколько золота содержит вода океанов? Ответу на этот вопрос посвящено исследование, проведенное Ф. П. Кренделевым, Ю. Ф. Погребняком и Р. Д. Мельниковой (Геологический институт СО АН СССР, Улан-Уде и Институт геологии и геофизики СО АН СССР, Новосибирск) во время 8-го рейса в Тихом океане научно-исследовательского судна «Д. М. Менделеев». Установлено, что 10% общего количества золота в водах Тихого океана входит в состав взвеси, а остальное находится в растворенном состоянии. Вода океана содержит $1,1 \cdot 10^{-9}$ г/л золота; в иловых водах его количество возрастает до $5,9 \cdot 10^{-9}$ г/л. Найдено несколько участков, в которых содержание золота достигает $44 \cdot 10^{-9}$ г/л. Эти районы расположены в местах с признаками активной вулканической деятельности.

«Геохимия», 1977, № 3, с. 439—445.

Проблемы охраны фауны

Под таким названием 5—7 апреля 1977 г. в Москве проходила научная конференция, организованная Молодежным советом по охране природы Московского государственного университета и Центральной научно-исследовательской лабораторией Главохоты РСФСР. В конференции приняли участие специалисты из разных союзных республик, представлявшие 25 научных, государственных и общественных организаций и 18 студенческих дружин по борьбе с браконьерством. Помимо биологов, в состав оргкомитета конференции вошли географы, охотоведы, юри-

ты, психолог, демограф. Это была представительная научная конференция, на которой широко рассматривались вопросы прямого воздействия человека на фауну, современное состояние проблемы и насущные задачи по охране отдельных видов.

Более 60 докладов были посвящены как общим вопросам охраны фауны, в том числе экономическим и правовым, так и специальным, касающимся, например, действующих правил охоты и рыболовства, борьбы с браконьерством, пропаганды идей охраны фауны.

Теоретическая сторона проблемы была освещена в сообщениях В. Е. Соколова и А. В. Яблокова — «Перспективы охраны животного мира СССР»¹, О. С. Колбасова — «Проблемы развития законода-

го мира», В. В. Петрова — «Проблема эффективности правовой охраны дикой фауны», В. Е. Флинта — «О проекте всесоюзного законодательства об охране животного мира» и в др. Весьма детальному анализу подверглась существующая практика охраны животных. На конференции обсуждался, например, опыт комплексного анализа охотничьего браконьерства в Московской области и опыт выявления браконьеров, использующих авиацию; такие вопросы, как «оседание» у населения добытых шкур пушных зверей; особенности борьбы с браконьерством в заповедниках; достоинства и недостатки лицензионного промысла; роль зоопарков в

¹ Подробно см. статью В. Е. Соколова и А. В. Яблокова в этом номере журнала.



Эти животные — и зубр, и выхухоль, и белый медведь — в разное время в большей или меньшей степени страдали от браконьерства. Только экстренные меры и длительные усилия специалистов-зоологов позволили сохранить зубра. Выхухоль — ценный эндемик русской природы — и теперь коварно страдает при незаконном лове рыбы, запутываясь в браконьерских сетях и вершах. Белый медведь долгое время подвергался истреблению ради красивой шкуры под надуманным предлогом «защиты от нападения». Сейчас, в связи с широким хозяйственным освоением Арктики, особенно важно свести к минимуму еще встречающиеся, к сожалению, случаи браконьерства.

Фото Е. В. Арбузова



охране фауны; преувеличение ущерба, наносимого сельскому и лесному хозяйству дикими животными и т. д.; рассматривались и некоторые аспекты охраны диких животных за рубежом.

Многие доклады были связаны с выполнением программы «Выстрел», по которой с 1974 г. работают студенческие дружины, занимающиеся изучением браконьерства и борьбой с ним. За прошедшие несколько лет студентам удалось собрать материал, который дает представление о характере и особенностях браконьерства (рыбного, охотничьего) в Московской, Куйбышевской, Кировской и других областях. Оказалось, например, что в Московской области вскрывается только около 1% всех случаев нарушения правил охоты; в 2—4 млн руб.

исчисляется ущерб, ежегодно наносимый браконьерами в Приамурье.

На конференции было особо подчеркнуто, что именно браконьерство прямо угрожает численности, а подчас и самому существованию многих видов млекопитающих (тигру, барсу, леопарду), птиц (краснозобой казарке, стерху) и другим представителям фауны.

Ихтиологи МГУ обобщили итоги охраны в нашей стране осетровых и голецов (род *Salvelinus*, обитает в Арктическом районе). Было отмечено, что в «Книгу редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений СССР» не занесен пока ни один вид рыб, в то время как многие из них находятся под угрозой исчезновения (например, белорыбца, лопато-



нос) и требуют безотлагательных мер по изучению их экологии и регламентации вылова.

Большой интерес вызвали доклады прикладного значения: психолога Л. Б. Филонова — о контактном и конфликтном поведении нарушителей и инспекторов; юриста Е. И. Авдеева — о тактике задержания браконьеров; А. С. Мартынова — о возможностях картографического анализа браконьерства; Е. Я. Зуева — об оценке ущерба, наносимого браконьерством. Много внимания было уделено вопросам пропаганды: некоторым педагогическим аспектам охраны фауны, моральным аспектам охраны редких животных; анализу выпущенных плакатов по охране фауны, сделанному В. К. Зубаревым; с интересом ознакомились участники конференции с подготовленными студентами-биологами МГУ материалами — «Московский зоопарк в рисунках детей».

После конференции состоялась специальный семинар по практическим вопросам охраны фауны. Были проведены занятия с криминалистами, организованы инспекторские учения, максимально приближенные к реальной оперативной работе, продемонстрирована различная техника, применяемая в борьбе с браконьерами.

Конференция показала, что браконьерство — сильнейший фактор воздействия на фауну. Его масштабы (в стране в 1973 г. было отмечено 200 тыс. нарушений только правил рыболовства) требуют нового, комплексного подхода в борьбе с ним.

Д. Н. Кавтарадзе
Кандидат биологических наук
Москва

Охрана природы

Посыпка дорог солью вредит окружающей среде

Повышая безопасность движения, посыпка дорог солью приводит и к ряду нежелательных последствий. По-

мимо всем известной коррозии автомашин, она является причиной гибели примерно 90% из всех ежегодно погибающих придорожных деревьев.

В пробах почвы, воды и растений, взятых вблизи дорог, обнаружена (в зависимости от вида соли) необычайно высокая концентрация натрия, калия и серы. После применения, например, NaCl (наиболее широко используемой в разных странах для посыпки дорог) иглы некоторых хвойных деревьев содержали до 1% хлорида (у здоровых деревьев — 0,04—0,1%). Еще выше поднимается концентрация Cl⁻ у лиственных пород: в листьях пражской липы обнаружено более 3%, а в листьях вяза — даже 4,5% хлорида.

Соль попадает в растения различными путями: частично соляной раствор прямо разбрызгивается на растения автомашинами; другая часть проникает в растения через почву. В крупных населенных пунктах известную роль играют также аэрозоли.

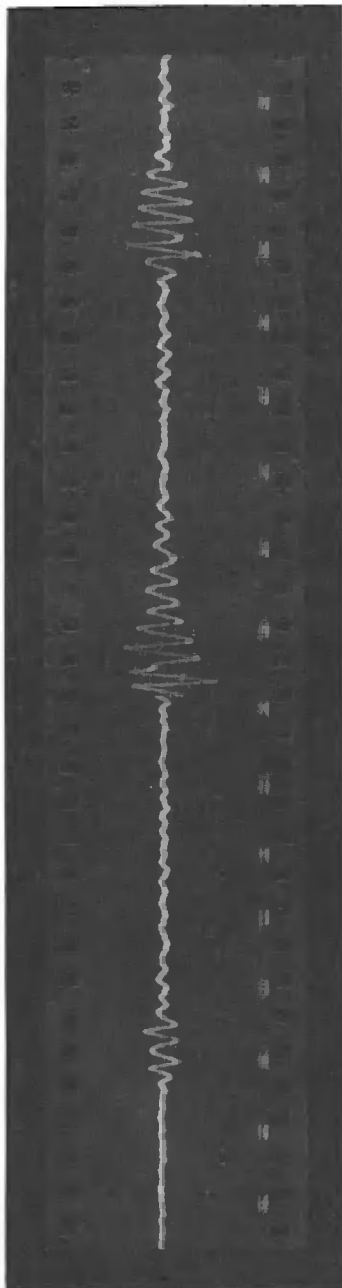
У поврежденных растений листья мельче и их меньше, цветы не распускаются, листья опадают преждевременно. Неблагоприятно влияют соли и на близлежащие сельскохозяйственные угодья, на поверхностные и подпочвенные воды.

«Vesmir», 1976, R. 55, S. 26 (Чехословакия).

Биоакустика

«Голоса» кефали

Сотрудники Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР и Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР на экспериментальной базе Азово-Черноморского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии провели исследование звуков, издаваемых половозрелыми самцами кефали



Типичная осциллограмма звуковых импульсов кефали. Расстояние между метками времени 20 мс.

(*Mugil auratus* R.). Это важно для обнаружения и распознавания промысловых рыб в море, когда их поиск с помощью традиционных методов затруднен.

Звуки, издаваемые кефалью, состоят из одиночных импульсов и серий, включающих от 2 до 25 импульсов, которые напоминают глухую барабанную дробь. Отдельные импульсы в сериях, отличающиеся по периоду следования, амплитуде, а иногда по форме и спектральному составу, представляют собой затухающие колебания (частота ~ 180 Гц). Звуки сопровождаются специфическим движением рыб: вибрацией тела в неподвижном состоянии и движением в такт отдельным звукам серии, проходом вблизи дна с резким движением тела в такт одиночным звукам.

Мы установили два типа серий с достаточно четким разделением периодов следования импульсов. В первом случае этот период плавно возрастает от начала серии к концу, а во втором случае в характере его изменения имеется максимум. Серии первого и второго типов встречаются одинаково часто.

Максимум спектральной плотности одиночных звуков и серий приходится на частоты 150—210 Гц. Наряду с «одногогорбыми» спектрами примерно в половине случаев наблюдаются и «двугорбые», но, как правило, с меньшей интенсивностью; частоты второго максимума «двугорбого» спектра располагаются в диапазоне 200—310 Гц и не являются гармониками основных частот.

Из сопоставления параметров звуков можно заключить, что как одиночные импульсы, так и отдельные импульсы низкочастотных серий создаются одним и тем же органом, которым, по нашему мнению, является плавательный пузырь кефали. Как известно¹, звуки издаваемые с

помощью плавательного пузыря, характеризуются сравнительно низкой частотой и формой, приближающейся к синусоидальной, высоким уровнем звукового давления, связанным с резонансными свойствами плавательного пузыря, и плавно затухающими амплитудами колебаний. Звуки, издаваемые самцами кефали, характеризуются именно такими свойствами.

**В. И. Горбенко
Л. Д. Королев
А. Б. Фленов**

Москва

Геология

Распространенность щелочных пород

В. Г. Лазаренков и Н. Б. Абакумова (Ленинградский горный институт) подсчитали, насколько распространены щелочные породы, обогащенные калием и натрием, по сравнению со всеми изверженными породами. Установлено, что щелочные породы очень редки: на их долю приходится лишь 0,1% общего количества глубинных и вулканических горных пород. Самым «щелочным» континентом является Европа (0,89%), значительно меньше щелочных пород в Африке (0,11%), в Северной и Южной Америке на долю этих пород приходится 0,06 и 0,01% соответственно, в Азии — 0,04%. В Австралии щелочные породы практически отсутствуют.

«Доклады АН СССР», 1977, т. 232, № 5, с. 1179—1180.

Геология

Магматический флюорит

Среди геологов широко распространено мнение о флюорите (CaF_2), как о типичном гидротермальном минерале, образующемся исключительно из водных растворов.

Л. С. Пузанов (Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья, Москва) изучил флюориты из карбонатитовых (состоящих главным образом из карбонатов) массивов Восточных Саян. Установлено, что ранняя стадия кристаллизации флюорита происходила при температуре 680—720°, т. е. когда существовали магматические расплавы. Этот результат подтверждают полученные ранее тем же исследователем данные об образовании флюорита в карбонатитах при температуре более 720° и давлении 4—6 кбар, при которых происходит застывание карбонатитовой магмы.

«Доклады АН СССР», 1977, т. 233, № 3, с. 463—466.

Геология

Мантийная «струя»

Несколько лет назад было установлено, что необычно высокая интенсивность теплового потока, наблюдаемая в районе Йеллоустонского национального парка (штат Вайоминг, США), вызвана тем, что здесь из недр поднимается материал разогретой мантии Земли. Теперь составлены карты расположения и схема очертаний этой мантийной «струи». Разработали их сотрудники Калифорнийского технологического института Д. Хадли, Г. Стюарт и Дж. Эйбл на основании сейсмических материалов подземного ядерного взрыва, произведенного в штате Невада в октябре 1975 г.

17 сейсмических станций, расположенных веерообразно на поверхности земли (центр этой сети размещался в Реджайне, Канада), зафиксировали интенсивность вызванного взрывом подземного толчка (6,3 по шкале Рихтера) и характер распространения сейсмических волн. Часть волн сжатия прошла в горизонтальном направлении через йеллоустонскую мантийную «струю» на глубинах от 200 до

¹ Подробнее об этом см.: Протасов В. Р. Биоакустика рыб. М., 1965; Электрические и акустические поля рыб. М., 1973.

400 км. Сопоставление времени, потребовавшегося для прохождения волн через различные участки «струм», позволило установить, что она имеет вертикальные цилиндрические очертания, причем ядро цилиндра обладает свойствами, обеспечивающими быстрое прохождение волн, а его оболочка — медленное. Диаметр оболочки на глубине 200 км составляет 250 (± 30) км, а на глубине 400 км — по меньшей мере 300 км. Центр всей структуры смещен примерно на 40 км к северо-западу от центра Йеллоустонского кратера. Кроме того, сама структура несколько асимметрична: юго-восточная ее часть немного шире, чем северо-западная.

Модель химического состава Йеллоустонской мантийной «струи» разработал Д. Л. Андерсон (Калифорнийский технологический институт). Согласно этой модели, «струя» является проводящим каналом, который содержит остаточные породы дифференциации первичной материи Земли. Эти породы богаты окислами кальция, алюминия и титана, а также ураном и торием. Их сочетание обеспечивает более высокие скорости сейсмических волн, чем в обычной материи земной коры. Окружающие же «струю» области в результате нагрева, вызванного радиоактивным распадом урана и тория, отличаются замедленным прохождением сейсмических волн. Это вполне соответствует наблюдаемым свойствам оболочки мантийной «струи».

«Science», 1976, v. 193, № 4259, p. 1237—1239 (США).

Геология

Метеоритный кратер на берегу Карского моря

На побережье Карского моря, в предгорьях хребта Пай-Хой расположена так называемая Карская структу-

ра, имеющая форму огромного кратера. Присутствие здесь раздробленных и переплавленных пород свидетельствует о ее взрывном (ударном) происхождении. С. А. Вишневыский, М. А. Маслов, Н. А. Пальчик, Г. Я. Пономарев (Институт геологии и геофизики СО АН СССР, Новосибирск) обнаружили в породах Карской структуры минерал козсит — модификацию кремнезема, возникающую в условиях исключительно высоких давлений и температур, сопровождающих явления ударного характера. Козсит найден в кварцевых стеклах в виде почковидных агрегатов, сопутствующих трещинам в стекле; размеры таких агрегатов достигают 5 мм. Поскольку козсит встречается исключительно в метеоритных кратерах, а также в зонах подземных ядерных взрывов, находка этого минерала доказывает метеоритное происхождение Карской структуры.

«Доклады АН СССР», 1977, т. 232, № 2, с. 446—448.

Сейсмология

«Палеосейсмология» Восточной Азии

Х. Гупта и Дж. Комбс (Техасский университет, США) в поисках сейсмологических сведений просмотрели исторические архивы, относящиеся к Восточной Азии и охватывающие отрезок времени примерно в 3 тыс. лет. На годичной конференции Американского геофизического союза, состоявшейся в декабре 1976 г., они сообщили о результатах изучения сохранившихся свидетельств о землетрясениях, зарегистрированных в Китае с сентября 1303 по январь 1972 г. Сделанная ими работа позволяет провести достаточно точное сейсмораионирование этого региона, определить локальную интенсивность подземных толчков и построить более надежные карты изосейсм.

Установлено, что изосейсмы многих землетрясений группируются вблизи западно-китайской «миниплиты» земной коры. Граница этой плиты, как оказалось, проходит почти точно с севера на юг в районе между 102 и 105° в. д. и простирается примерно между 23 и 36° с. ш. Геометрия изосейсм, данные о процессах складчатости на западной стороне этой границы, смещения земной коры, измеренные китайскими специалистами во время Тяньшанского землетрясения 1954 г., — все это указывает на вращательное движение западнокитайской «миниплиты» в направлении по часовой стрелке.

«Science News», 1976, v. 110, № 25/26, p. 394 (США).

Вулканология

Извержение подводного вулкана

Самолет Японского управления безопасности мореходства, пролетавший 10 января 1977 г. над Тихим океаном, в районе о-вов Волкано, обнаружил, что в пункте с координатами 23,51° с. ш., 141,91° в. д. вода приобрела необычную окраску.

Одна зона занимала площадь 5,5Х1 км, в центре ее вода была серого и молочно-белого цветов. Предполагают, что каждый цвет — результат выброса вулканических продуктов из отдельной расщелины на дне моря. Другая зона длиной 6,5 км имела бледно-зеленый и желтовато-коричневый цвета. Над поверхностью океана не замечено никаких продуктов извержения. Глубина моря в районе извержения составляет 130 м; ближайшая суша — остров Хиеси-оки-но-ба, входящий в архипелаг Волкано.

В феврале 1977 г. вулканическая деятельность отмечалась также на дне Тихого океана, в 200 км к северо-востоку от вышеупомянутого района. Здесь, у берегов о-ва

Хюсюкин-оки-но-ба (21,95° с. ш., 143,27° в. д.) со дна океана поднимался столб желтовато-зеленой воды. Этот пункт известен тем, что в октябре 1973 г. здесь произошла большая серия вулканических взрывов и выбросов, содержащих крупные блоки расклеванной породы, которые взлетали на высоту до 80 м над ур. м. Научно-исследовательское судно «Сиоко» (Япония), посетившее этот пункт, обнаружило, что всего в 3 м под водой находится коническая вершина нового подводного вулкана, высота которого над ложем океана составляет около 3000 м.

«Smithsonian Institution Natural Science Event Bulletin», 1977, v. 2, № 2, p. 1, 3 (США).

Археология

Ритуально-охотничья стоянка палеоиндейцев

Во время ирригационных работ на ферме Р. Джонса, расположенной вблизи г. Рея на северо-востоке штата Колорадо (США), бульдозер случайно вскрыл скопление большого количества костей, костяных и каменных орудий, наконечников древнего оружия. Антрополог Дж. Миллер (Университет штата Колорадо) опознал среди остеологического материала кости вымершего большерогого бизона (*Bison antiquus*); он определил также, что найденные орудия принадлежали палеоиндейским племенам.

Три полевых сезона велась раскопки на стоянке Джонса-Миллера археологическая экспедиция под руководством Д. Стандфорда, организованная Музеем естественной истории при Смитсоновском институте и Национальным географическим обществом США. Анализ находок показал, что возраст стоянки около 10 тыс. лет. Примечательно, что на площади всего 20×30 м захоронены остатки не менее 300 особей боль-

шерогого бизона. Они были забиты в весьма короткое время группой палеоиндейцев, насчитывавшей не более 50 человек. Кости животных тщательно рассортированы и уложены в отдельные кучи. По всей видимости, соблюдалось строгое разделение труда: после «четвертования» туш каждая «специализированная» группа разделявала лишь выделенную ей часть.

Общее количество найденных на стоянке каменных и костяных рубящих и режущих орудий составляет несколько сотен. Камень для их изготовления доставлялся из отдаленных районов в штатах Вайоминг, Небраска, Канзас, Колорадо и с крайнего северо-запада Техаса. Свидетельствует ли это обстоятельство о далеких кочевках одной группы палеоиндейцев или указывает на объединение нескольких групп, пришедших из разных местностей,— неясно.

Согласно реконструкции, предложенной Стандфордом, палеоиндейцы использовали естественный провал местности (а возможно, углубленный искусственно) для загонной зимней охоты: животные, увязая в глубоком снегу, быстро теряли силы, а охотники, стоя на краю оврага, били их копьями и дротиками; часть туш оставляли в снегу, игравшем роль естественного холодильника.

Интересно, что первые белые пришельцы, познакомившиеся в XIX в. с индейцами прерий США, сообщали об аналогичных методах охоты, применявшихся зимой и у этих племен. Причем такая охота в значительной степени была ритуализирована: в центре загона всегда заранее вкапывался «шаманий столб», вокруг которого выкладывались жертвоприношения богам, покровительствующим охоте. В течение нескольких дней перед началом охоты ее руководитель (вождь) совершал религиозную церемонию, сопровождавшуюся сжиганием и окуриванием жертвоприношений.

На стоянке Джонса-Миллера обнаружены следы совершения подобных же ритуалов, происходивших 10 тыс. лет на-

зад: в центре загона сохранились следы неглубоко врытого столба; рядом найдены просверленная кость, напоминающая примитивную флейту, и миниатюрная, но очень точная модель наконечника метательного орудия, вероятно, служившие ритуальным целям; в костровой яме находились остатки красной и желтой охры, также обычно использовавшейся в подобных ритуалах.

Установление сходства многих ритуальных элементов у людей каменного века и уже исторического времени весьма важно для науки. По-видимому, это указывает на существовавшую в течение тысячелетий связь между сравнительно хорошо изученными индейцами прерий и их вероятными предками на северо-западе США. Значительно изменяются также представления о степени сложности общественного устройства у палеоиндейцев этой области.

«Smithsonian Institution Research Reports», 1977, № 16, p. 3 (США).

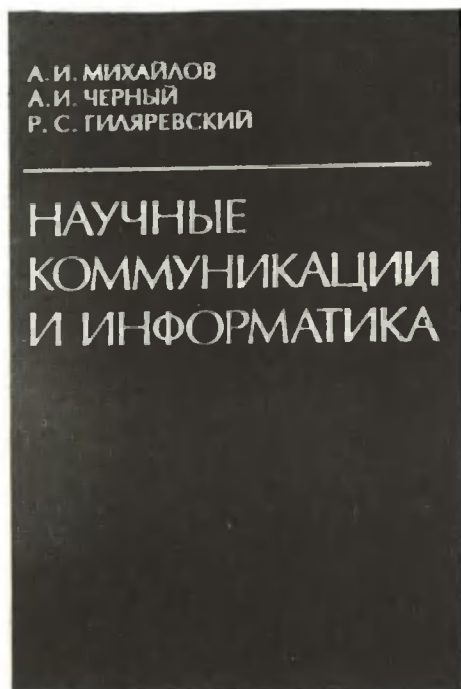
ИНФОРМАТИКА И ЕЕ РОЛЬ В РАЗВИТИИ НАУКИ

Информатика, возникшая как самостоятельная дисциплина около 30 лет назад, к настоящему времени накопила значительный багаж знаний о структуре и общих свойствах научной информации, о закономерностях ее создания, преобразования и использования. Особое внимание исследователи уделяют научным коммуникациям. Это объясняется прежде всего тем, что от эффективности научных коммуникаций во многом зависят судьбы науки и техники, а также тем, что налаживание научных коммуникаций требует за-

траты значительных материальных и интеллектуальных средств. Недавно в нашей стране вышли две монографии, посвященные проблеме научных коммуникаций, в ВИНТИ Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике и АН СССР начал издавать специализированный международный журнал. Публикуемая подборка рецензий на эти три издания призвана показать значение научных коммуникаций и сегодняшний уровень теоретического осмысления этой проблемы.

Коммуникации — нервная система науки

Профессор М. Г. Ярошевский
Москва



А. И. Михайлов, А. И. Черный, Р. С. Гиляревский. НАУЧНЫЕ КОММУНИКАЦИИ И ИНФОРМАЦИЯ. М., «Наука», 1976, 435 с.

Речь идет о самом древнем и самом современном занятии людей науки. Имя ему — коммуникация. Никогда ни одна истина не возникнет и не утвердится помимо общения с другим человеком или созданным им текстом. Это роднит читателей папирусов и собеседников Сократа с теми, кто устремляется на поиски «сигнал-информаций», препринтов и обзоров, кто использует с целью добывания и проверки идей реферативные журналы и международные конгрессы.

Организм науки до каждой его клетки пронизывает система коммуникаций. Рецензируемый труд посвящен законам ее работы. Авторы называют ее «кровеносной системой науки», по которой циркулируют в пространстве и во времени информационные потоки. Возможно, что правильнее было бы сравнить ее с нервной системой. Ведь именно нервные процессы служат главными передатчиками и накопителями информации в организме. Но не в метафорах дело. Важно другое — вычленив в сложнейшем устройстве современной науки одну из ее жизненно важных подсистем — а именно коммуникацию, объяснить ее механизм и принципы самоорганизации.

Эта задача, о теоретической важности которой для объяснения законов функционирования и развития науки го-

ворить не приходится, приобрела особо острую практическую значимость ныне, в ситуации, названной информационным кризисом. Его симптомы различны. Здесь и информационный потоп, своеобразно сочетающийся с информационным голодом: захлестываемые океаном информации ученые с трудом утоляют жажду именно в том горючем, без которого они застревают в исследовательском поиске; здесь и стремительно возрастающая вавилонская башня специально-научных языков; здесь и горы магнитных лент и микрофильмов, запечатлевших ценнейшие научные сведения, которые, возможно, никогда не будут обработаны и использованы. Такая ситуация, возникшая в силу взрывного развития исследований, на наших глазах превращается в источник самоторможения. Отсюда — пессимистические прогнозы о перспективах ускоренного развития науки и техники.

Но организм науки, находясь под диктатом общественных запросов, сам вырабатывает «антитела» — средства преодоления кризиса. Одним из них является выделение особого вида деятельности — научно-информационной. Появляются специалисты, изучающие не процессы природы, а процессы накопления и распределения информации об этих процессах. Создаются службы научной информации — своеобразные нервные «ганглии» в информационной структуре науки, в ее коммуникативных сетях. Организация этих служб, их совершенствование и управление ими, в свою очередь, потребовали научного обоснования, построения особой дисциплины, имеющей свой понятийный аппарат, свои эмпирические и количественные методы. Об этой науке — информатике — главным образом и рассказывает рецензируемая книга, притом рассказывает глубоко и интересно.

Ее авторы, известные своим капитальным трудом «Основы информатики» (2-е изд., 1968), перевели свой анализ — сравнительно с прежней книгой — на другой уровень. Они поставили перед собой задачу охватить основные закономерности строения и функционирования системы коммуникаций в современной науке. Перед читателем выступают сложность и многоплановость этой системы, свойства и характер взаимодействия ее различных компонентов, перспективы увеличения ее КПД, от чего непосредственно зависит успешность познания природы вещей и оперативность внедрения научных результатов в практику.

Используя материал различных дисциплин, авторы убедительно показывают, что при изучении коммуникаций в науке мы имеем дело действительно с системой, различные звенья и связи которой — формальные и неформальные, устные и письменные, первично-информационные (статья, книга, тезисы) и вторично-информационные (реферат, обзор) — составляют внутренне организованное целое. Отдельные компоненты этого целого, в частности неформальные «незримые колледжи», привлекли особое внимание именно в силу того, что они наглядно демонстрируют действие механизма естественной самоорганизации научного общения (в его единстве с научным познанием).

О незримых колледжах много писалось. В книге справедливо подчеркивается неоднородность этих, на первый взгляд, хаотично и случайно, в действительности же по велению логики науки возникающих неформальных объединений ученых. Эти группировки носят обычно неустойчивый характер. Их образуют ученые из различных центров, поддерживающие связь между собой путем обмена препринтами и личных контактов. Отмечается, что в условиях, когда в производство научных идей вовлечены миллионы людей, обособление отдельных групп в колледжи порождает тенденцию к выделению элиты. Авторы книги иногда называют эти «колледжи» «незримыми коллективами». Но термин «коллектив» целесообразно сохранить только для определенного типа объединений, а именно — групп ученых, которых внутренне связывает единая исследовательская программа. Исторический опыт сталкивает с феноменом взрывов творчества в глубинах небольших, но сплоченных неформальных объединений. Силой этих взрывов рождены новые направления и целые науки (квантовая механика, кибернетика, молекулярная биология). Имеются, однако, и другие типы колледжей. Их первоначальное ядро составляет продуктивный коллектив. Но затем вокруг этого ядра разрастается оболочка, образуемая исследователями, не являющимися соавторами и разработчиками программы и поэтому не вправе быть ответственными к членам данного коллектива.

В целом незримые колледжи представляют собой важную форму коммуникаций в науке. Она позволяет исследователям под давлением логики разработки своих проблем просачиваться сквозь организационные перегородки, само-

организовываться независимо от ограничений, предписываемых формальными (имеющими юридический статус) научными подразделениями.

Считая, что эту естественно сложившуюся форму коммуникаций нужно не только поддерживать, но и культивировать (путем издания предметно-тематических справочников с именами и адресами ученых, налаживания средств снабжения отисками статей и др.), авторы справедливо пишут: «... Было бы грубой ошибкой провозглашать «незримые коллективы» или любой другой способ научной коммуникации — как неформальный, так и формальный — самым главным ключом к преодолению информационного кризиса в современной науке» (с. 57). Такого ключа действительно не существует. Между тем, вопреки собственным возражениям против абсолютизации отдельных способов отлаживания механизма коммуникаций в науке, авторы, по нашему мнению, все-таки не избежали соблазна преувеличить один из них, а именно — создание интегральных информационных систем. Нет сомнений в большой перспективности этой программы, предполагающей использование преимуществ современных вычислительных машин в сочетании с быстродействующими системами передачи данных. «Информация может быть многократно использована для решения большого числа задач и при этом остаться неизрасходованной» (с. 357). При однократном описании, индексировании и реферировании научных документов (эти операции производят сами ученые) полученные данные переводятся в машиночитаемую форму, а затем многоаспектно обрабатываются и многократно используются. К сожалению, авторы не касаются слабых сторон этой схемы, и объясняется это тем, что единственной прогрессивной тенденцией в развитии научного познания они считают интеграцию. Дифференциация, по их мнению, лишь «своеобразный технологический прием». Между тем, если бы не происходило непрерывной дифференциации знаний, нечего было бы и интегрировать. Поэтому и машинные информационные системы, адекватные закономерностям движения научной информации, должны были бы быть интегрально-дифференциальными.

В связи с этим хотелось бы обратить внимание на чрезмерно расширительное толкование авторами предмета информатики как науки. Они с первых же страниц оговариваются, что рассматривают науку

«только в информационном аспекте». Но этого «только» еще недостаточно, чтобы избежать естественных для молодой дисциплины экспансионистских тенденций. Производство научной информации и ее структурные характеристики могут рассматриваться под различными углами зрения, становясь, в зависимости от подхода, предметом логики, психологии, эстетики, кибернетики, методологии науки. «Экспансионизм» не на пользу информатике еще и потому, что, размывая ее границы, препятствует завоеванию ею собственного места под солнцем. По определению авторов, «информатика — это научная дисциплина, изучающая структуру и общие свойства научной информации, а также закономерности всех процессов научной коммуникации» (с. 395). Нам думается, что целесообразнее было бы определить ее как исследование научной информации, функционирующей в системе научных коммуникаций.

Эпиграфом к одной из глав авторы поставили известный афоризм Б. Шоу: «Если у вас есть яблоко и у меня есть яблоко и если мы обмениваемся этими яблоками, то у вас и у меня останется по одному яблоку. А если у вас есть идея и у меня есть идея и мы обмениваемся этими идеями, то у каждого из нас будет по две идеи».

Если бы преимущества научного общения исчерпывались накоплением идей, говорить о творческой сущности такого общения было бы бессмысленно. На деле же весь смысл состоит в том, что столкновение идей порождает новые идеи. Это феномен творческого синтеза, на который неспособно ни одно устройство в известной нам Вселенной, кроме человеческого мозга. Происходит же этот синтез только в тех системах коммуникаций, о которых интересно и содержательно, удачно соединив научность изложения с его доступностью для широкого круга производителей и потребителей информации, рассказали нам авторы книги.

Коммуникации — средство создания комфортной информационной среды

Ю. А. Шрейдер

Кандидат физико-математических наук



КОММУНИКАЦИЯ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ. Редакторы-составители Э. М. Мирский и В. Н. Садовский. Пер. с англ. М. К. Петрова и Б. Г. Юдина. М., «Прогресс», 1976, 438 с.

Сегодня рефлексия науки о самой себе стала неотъемлемой частью научного знания. Науковедение, изучающее феномен науки, имеет уже статус сложившейся научной области. Пожалуй, еще раньше приобрела гражданские права информатика, которая изучает и разрабатывает коммуникационные сети, используемые современной наукой и техникой. В результате стали проявляться важные закономерности устройства науки. В прошлое ушли

наивные представления, что структура науки определяется структурой изучаемой наукой действительности, а несоответствие организации науки организации изучаемого мира — это временное несовершенство. Сейчас понятно, что развитие и организация науки во многом определяются специфическими особенностями человеческой деятельности, в рамках которой создаются и переосмысливаются ценности, возникает определенная структура коммуникаций и т. п.

Когда-то могло казаться, что уровень развития науки целиком определяется ее методами установления истины: строгостью доказательств, мощностью экспериментальных средств. Сегодня стало понятным значение таких аспектов науки, как определение важности тех или иных направлений, выбор предмета исследования, возникновение общенаучных оценок перспективности и авторитетности результата.

Рецензируемая книга дает достаточно полное представление о содержательном характере этих феноменов, активно изучаемых науковедами и информатиками в самое последнее время.

Оказалось, что исследование научных коммуникаций есть мощный метод получить объективные данные о природе науки. Вступительная статья редакторов-составителей дает ясное представление об этой проблематике и открывающихся возможностях изучения феномена науки, а выбор статей, вошедших в книгу, показывает, какие результаты здесь уже достигнуты.

В науке сложилась целая сеть информационных изданий и автоматизированных информационных систем. Вместе с традиционными научными изданиями эта сеть образует то, что сегодня принято называть системой формальных каналов научной коммуникации. Но оказалось, что эта система отнюдь не исчерпывает и не может

исчерпать реально существующие в науке коммуникации, необходимые для успешного функционирования науки. Во-первых, научные коммуникации имеют не только познавательный, но и социальный аспект, без учета которого невозможно осмыслить подлинную роль этих коммуникаций. Во-вторых, наука как система обладает важными целостными свойствами (как это правильно подчеркивается во вступительной статье). Эти целостные свойства таковы, что никакое формальное упорядочение информационных каналов (создание хороших рубрикаций предметных областей, автоматизация процессов сбора и обработки научной информации, регламентация научных связей и т. п.) не решает целиком проблемы научных коммуникаций. Хотя, безусловно, создание и совершенствование формальных каналов коммуникации — одна из важнейших задач информатики, и сегодняшняя наука не могла бы без них обойтись.

Все дело в том, что структура формальных каналов в значительной степени привязана к структуре знания о мире, а в науке существует потребность обмениваться информацией в соответствии со складывающейся структурой научных коллективов. Как показывают исследования, само содержание формальных каналов во многом определяется оценками, вырабатываемыми в тех или иных достаточно авторитетных коллективах. Часто приходится слышать, что некоторая область науки — это по определению есть то, чем занимаются такие-то и такие-то ученые. И в этой шутке есть большая доля правды — в активно разрабатываемых областях науки формальное определение границ чаще всего невозможно: сама область складывается в процессе научных исследований, в процессе человеческой деятельности.

Общение ученых не укладывается в рамки, отведенные формальными каналами. Специфика научной деятельности толкает к тому, чтобы использовать все шире неформальные каналы, возникающие в силу необходимой социальной самоорганизации. Значительную часть рецензируемой книги составляет исследование природы неформальных коммуникаций. Здесь очень важно найти такие методики социального или социометрического анализа, которые позволяют получить надежные данные о природе возникающих феноменов. Изобилие конкретного материала не позволяет здесь заниматься специальным разбором этих методик. Используются как данные анкетного типа, так и

объективно-информационные показатели типа цитируемости, совместной цитируемости, соавторства и т. п. Эти данные позволяют получать представления о стратификации науки как коллектива, о динамике и структуре научных влияний и т. п. Важно отметить их многообразие, позволяющее получать весьма разнообразные сведения о типах самоорганизации исследовательских коллективов, о различной роли научных лидеров, о различных путях взаимного влияния научных направлений.

Укажем лишь в качестве примера на феномен, объективно вскрытый в одной из статей, составляющих данный сборник. Научная информация, полученная специалистом, получает статус научного знания лишь при том условии, если она воспринимается научным коллективом, психологически подготовленным для восприятия этой информации. Без этого условия ключевые научные результаты не оказывают должного влияния на развитие науки и теряются среди второстепенных результатов.

Надо подчеркнуть, что исследования, собранные в книге, проводились на материале весьма различных областей науки и техники: молекулярной генетики, психологии, биологии, социологии, технических дисциплин. Подобное разнообразие материала и методик позволяет с доверием отнестись к открывающейся картине научных коммуникаций и заставляет серьезно задуматься над вытекающими из нее выводами.

Бессмысленно было бы пытаться давать в рецензии анализ каждой из 13 помещенных в сборнике статей. Они весьма разнообразны и по подходам и по используемым методикам. Общим в них является отношение к системе научных коммуникаций как к объективно существующему феномену, в значительной мере определяющему лицо современной науки.

Один из важнейших выводов состоит в том, что любая перестройка формальных каналов приводит к новой адаптации системы неформальных каналов. Впрочем, не менее интересный факт состоит в том, что попытки ученых ограничиться неформальными каналами приводят к потере важной научной информации. Связь формальных и неформальных каналов можно обнаружить из простейших примеров. Существование научных журналов с высоким статусом всегда сочеталось с потребностью в рассылке автором своим коллегам оттисков или статей. Возникновение «Указателя научных ссылок» определенным образом

сказывается на регуляции состава «невидимых колледжей», обменивающихся информацией по неформальным каналам. Оказывается, даже само формирование журнальных портфелей определенно зависит от неформальных связей. Это было обнаружено путем анализа процесса рецензирования поступающих статей в журналах по специальным дисциплинам. Этот вывод противоречит привычным представлениям о том, что тематика научного журнала детерминирована предметной областью.

В силу сказанного становится очевидным, что разработка формальной системы информационных каналов должна вестись с серьезным учетом ее возможных влияний на систему научных коммуникаций в целом. Первоначальные разработки в этой области ориентировались на представление об информационных ресурсах, которыми должны быть обеспечены все потенциальные потребители.

Исследование природы научных коммуникаций показывает, что представление об информационных ресурсах не адекватно действительности. Объективные закономерности формирования научных коммуникаций плохо согласуются с гипотезой о том, что они служат для обеспечения информационными ресурсами. Это всего лишь одна из функций коммуникации. Основной смысл научных коммуникаций заключается в создании комфортной информационной среды, позволяющей не только черпать необходимые результаты и идеи, но, скажем, и контролировать статус собственных исследований. Последнее, в частности, объясняет несомненный интерес авторов к ссылкам на собственные работы. Такие ссылки есть подтверждение того, что опубликованная работа вписывается в информационную среду. Необходимый уровень цитируемости статьи воспринимается как лицензия на существование. Впрочем, функции информационной среды весьма многообразны. А само открытие феномена информационной среды есть один из важных результатов исследований в этой области.

Один из авторов сборника отмечает трудности адаптации ученых к быстро меняющимся информационным условиям: устойчивость информационной среды есть одно из требований к информационному комфорту. Вместо (всегда фиктивной) полноты снабжения ресурсами, информационная среда должна гарантировать удобство установления необходимых информационных связей и возможности обнаруже-

ния плодотворных идей в сравнительно далеких областях исследования. Впрочем, анализ условий комфортности информационной среды, и в частности установление отношения между психологическим комфортом и реальными возможностями открытого доступа к информационным каналам, далеко выходит за рамки настоящей рецензии.

Большой заслугой составителей является организация исследовательского материала, позволяющего получить интересные данные о природе и свойствах информационной среды и о взаимодействии ученых с этой средой.

Одно из важных свойств этой среды — ее весьма высокий уровень стратификации, отвечающий высокоразвитой стратификации самой науки. Однако истинный смысл этого и других свойств науки в целом может быть вскрыт только на пути системного исследования феномена науки. Это обстоятельство подчеркивается во вступительной статье составителей. Я думаю, что книга будет встречена с большим интересом среди специалистов по науковедению и информатике, а также всеми, кому интересны пути и способы развития того громадного социального организма, который мы сегодня называем наукой.

Коммуникации — для изучения научных коммуникаций

Б. А. Старостин

Кандидат биологических наук
Москва

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО ИНФОРМАЦИИ И ДОКУМЕНТАЦИИ

ТОМ 1
1
1975

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО ИНФОРМАЦИИ И ДОКУМЕНТАЦИИ. Т. 1, № 1—4. Т. 2, № 1. Международная федерация по документации. На русском языке издается Всесоюзным институтом научной и технической информации. М., 1975—1977.

Для нашего времени характерна острая потребность в налаженной на международном уровне системе научной информации и документации. Поэтому начало выпуска нового международного органа в этой области не нуждается в специальном оправдании. Создание «Международного форума по информации и документации» совпало с 80-летием организации, выпускающей это издание. Я имею

в виду одну из наиболее авторитетных международных организаций, связанных с документалистикой, — Международную федерацию по документации, основанную в 1895 г. П. Отле и А. Лафонтеном, бельгийскими библиографами.

Ряд материалов, помещенных в опубликованных выпусках, посвящен этим «отцам-основателям», деятельности которых современная документалистика обязана многими своими рабочими понятиями и приемами. Необходимо отметить прежде всего статью Ж. Э. Эмбле (Бельгия) «Поль Отле и Анри Лафонтен — создатели УДК и основатели Международного библиографического института» (в т. 1, № 2 «Международного форума»). Рассмотренный в статье период представляет собой переходный этап, когда из библиографии — этой древнейшей (более древней, чем книгопечатание!) формы документации — развилась научная документация в современном смысле. Между прочим сам термин «документация», который теперь иногда употребляется как синоним «информатики», был впервые применен в нашем понимании Отле в 1908 г. и введен им во всеобщее употребление в его «Трактате о документации» (1934). Автор показывает, что дело развития научной и общей документации с самого начала было теснейшим образом связано с ростом международного сотрудничества и взаимопонимания. Недаром деятельность Отле и Лафонтена протекала в контакте с Международным Красным Крестом. Лафонтен основал в 1889 г. Бельгийское общество арбитража и мира, а Отле издал работы, названия которых говорят сами за себя: «Документация и интернационализм» (1910), «Международная жизнь и усилия по ее совершенствованию» (1912, совместно с Лафонтеном), «Всемирный город» (1916) и многие другие. Если журнал и в дальнейшем будет возвращаться к истокам современной документации (а это, я полагаю, не-

обходимо), то полезно было бы провести параллель между деятельностью Отле и его русского коллеги и (в течение некоторого времени) сотрудника Н. А. Рубакина, создателя теории библиопсихологии. В трехтомном труде Рубакина «Среди книг» (2-е изд., 1911—1915) глобальные и общекультурные вопросы документации освещены в стиле, напоминающем работы Отле, с тем же колоссальным охватом и с таким же оттенком утопизма.

Более подробно об основании Международной федерации по документации и ее истории читатель узнает из помещенной в том же (втором) номере первого тома редакционной статьи «Международная федерация по документации: возникновение и развитие». В этой статье излагается программа деятельности Федерации, сформулированная в одном из ее недавних документов как содействие исследованиям и деятельности «в области научной информации и документации, включая организацию, хранение, поиск, распространение и оценку информации в любой форме записи в области естественных и общественных наук, техники и искусства».

Интересующимся биографией Отле можно рекомендовать также рецензию на книгу У. Б. Рейворда (США) «Универсум информации. Жизнь и деятельность Поля Отле» (М., 1976). Рецензия написана Р. С. Гиляревским и помещена в т. 1, № 3 «Форума». Вообще же раздел рецензий и персоналий в журнале еще сравнительно беден и нуждается в расширении.

Ведущей темой вышедших номеров, как указано в редакционной заметке № 1 (т. 1), служит научная коммуникация. Это показывает, что редакция оценила всю актуальность проблемы научной коммуникации для современной документалистики, информатики, науковедения и смежных дисциплин. Коммуникация получила на страницах «Форума» многостороннее освещение. Так, рассматривается экономическая сторона коммуникации (Э. Г. Азгалдов. Информация — стоящая вещь, т. 1, № 1), ее психологические аспекты (А. Брудный и Ю. Шрейдер. Коммуникация и интеллект, т. 1, № 2). Наукометрические проблемы исследования коммуникации подняты в статье А. Аврамеску (СРР) «Моделирование процессов передачи научной информации» (т. 1, № 1), в сильно математизированном очерке В. Загера и П. Локкемана (ФРГ) «Классификация алгоритмов ранжирования, используемых при информационном поиске» (т. 1, № 4)

и в ценных в теоретическом отношении «Исследованиях по наукометрии» Д. Прайса и С. Гюрсея (США), помещенных в № 2 и 3 (т. 1).

Новое издание, как и многие выходящие за последние годы труды по документации и смежным областям, в значительной мере ориентировано на методологию. В этом отношении можно отметить частое и сознательное использование авторами «Форума» категорий системного подхода. В статье Д. Фоскетта (Великобритания) «Теория и практика представления информации» (т. 1, № 1) системность представлена в плане психологических воззрений Л. С. Выготского, а также достаточно известных у нас концепций Л. Берталанфи. Системные аспекты научной коммуникации рассмотрены П. Атертоном (США) на материале коммуникации в области физических наук (т. 1, № 1) и Т. Эдвардсом (Великобритания) на материале создания комплекса «документации по документации», т. е. системы информации о событиях, связанных с развитием информационных служб (т. 1, № 2).

Технические аспекты научной коммуникации и документации также не обойдены молчанием. Возможностям усовершенствования способов общения человека с ЭВМ посвящена статья Б. Х. Вейла (США) в т. 1, № 3, и здесь же в статье Х. Бемфорда (США) указана тенденция к замене книги и вообще «коммуникации на бумажных носителях» электронной памятью и коммуникативной. По материалам «Форума» прослеживаются два основных направления в «электронных» аспектах коммуникации: ориентация на приспособление человека к машине (ЭВМ) и ориентация на приспособление машины к человеку. Несомненно, эти направления не ограничиваются сферой документации, но в ней они проявляются, пожалуй, наиболее объемно. Можно также с достаточной определенностью сказать, что перспективно именно второе направление, в котором и шло основное развитие электронной техники в XX в. Недаром известный журнал «Computers and automation» («Вычислительные машины и автоматика») в 1974 г. сменил свое заглавие на «Computers and people» («Вычислительные машины и люди»). В «Форуме» также явно преобладает тенденция к «гуманизации» ЭВМ; но, может быть, именно поэтому обращают на себя внимание предложения в противоположном направлении. Например, в статье П. Пиганьоля (Франция), опубликованной в т. 1, № 2, выдвинуто предложение, чтобы

авторы, пишущие на французском языке, заранее редактировали свой стиль, приспособляясь к возможностям «электронного переводчика», например, не употребляли бы синтаксических инверсий. Но если стилистическое выправление для нужд ЭВМ — вещь все же мыслимая, то в других случаях для приспособления к ЭВМ даются такие советы, воспользоваться которыми трудно. Например, Я. Дрог (Нидерланды) в статье «Обучение потребителя информации» (т. 1, № 4) предлагает модель школы, где «в распоряжении учеников находится обширный каталог», построенный по принципу ключевых слов. Скажем: «Ключевое слово. Картофель. Карточки: Р-7. Рисунки: Р 144, Р 23. Слайды: S11, № 6» и т. д. Далее эта схема детализируется. И рассчитана она на учеников в возрасте... от 4 до 12 лет.

Новые и во многом неожиданные грани проблемы коммуникации раскрыты в статье Х. Арнтца (Нидерланды) «Информационная деятельность как стратегия в столкновении с будущим» (т. 2, № 1). Автор воздаёт должное продуманной «информационной стратегии» СССР, благоприятствовавшей космическим исследованиям и другим крупнейшим научным достижениям. Арнтц также говорит о гуманизации применения ЭВМ, призывая «обрабатывать мировые знания с помощью ЭВМ таким образом, чтобы эти знания стали доступными для нас и могли быть нами использованы» (с. 8). Не пытаясь исчерпать здесь содержания статьи, которая открывает интересные методологические перспективы не только перед документацией, но и перед прогностикой, остановлюсь лишь на одном моменте. С XVIII в. («История упадка и разрушения Римской империи» Э. Гиббона) или еще раньше излюбленной темой историософских размышлений была гибель древнеримской цивилизации. Арнтц дает этому явлению любопытную интерпретацию: «С расширением и совершенствованием римской административной системы поток информации в этой обширной империи все больше нарастал. В какой-то момент избыток информации оказался таким значительным, что парализованная администрация оказалась не способна ее оценивать, а как только прекратилась оценка информации, исчезли соответствующие реакции, которые гарантировали бы дальнейшее существование империи» (с. 4—5). Подмеченная автором грань процесса существенна для истории науки: избранный Римом путь развития произво-

дительных сил, заключавшийся в невиданной (даже по масштабам древнего мира) гипертрофии рабовладения, стал препятствием к использованию социальной важной информации, и прежде всего информации, добываемой наукой. Эта недоступность (в сознании эпохи «ненужность») информации привела к гибели высокообразованной — вспомним Архимеда, Евклида, Теофраста, Аристарха Самосского — античную науку, а в конечном итоге и всю цивилизацию. Этим не исчерпывается проблема паузы в прогрессе науки в римскую и раннесредневековую эпоху, но автор на это и не претендует, говоря об информационной деструкции лишь как о «еще одном, ранее не осознававшемся» факторе упадка Рима, «помимо известных факторов» (с. 4).

В ряде случаев авторам следовало бы, возможно, быть точнее в своих формулировках. Например, что имеет в виду (в цитированной выше статье) Д. Фоскетт, когда пишет: «Для того чтобы труд приобрел действительную ценность, он должен быть по достоинству оценен читателями; совершенно не достаточно (как это видно на примере оригинального труда Менделя по генетике) только того, чтобы работа была опубликована, распространена и включена в указатели» (т. 1, № 1, с. 6). Имеется ли в виду, что труд Менделя не имел «действительной ценности» до 1900 г.? или что только де Фризе, Корренс и Чермак в 1900 г. впервые придали ему ценность? или что история генетики началась бы на 35 лет раньше, если бы Мендель «представил свои идеи таким образом, чтобы они соответствовали образу мыслей его читателей» (там же)?

Но если под последней фразой подразумевается, что Мендель пользовался каким-то непонятным языком или манерой изложения, то всякий может убедиться при чтении первоисточников, что это не так. Если же предполагается, что Мендель не должен был выходить за пределы «образа мыслей читателей», то это как раз такой принцип, следование которому исключает всякую науку.

Сделанные замечания несколько не умаляют первостепенного научного и педагогического значения «Международного форума по информации и документации». На страницах «Форума» нашел отражение опыт документационной работы, проводимой специалистами многих стран. Новый журнал стал ценным пополнением коммуникаций, так необходимых для изучения самих коммуникаций.

Астрофизика

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ГАЛАКТИК И ЗВЕЗД. Под ред. С. Б. Пикельнера. М., «Наука», 1976, 408 с., ц. 1 р. 60 к.

Подавляющая доля наблюдаемого во Вселенной вещества сосредоточена в звездах, которые образуют гигантские системы — галактики. Вот почему проблема возникновения и эволюции звезд и галактик является ключевой в современной астрономии. Данная книга представляет собой систематическое изложение современных представлений об образовании и эволюции звездных систем и отдельных звезд, начиная от сверхплотного состояния горячей Вселенной и кончая последними стадиями эволюции звезд — белыми карликами, нейтронными звездами и черными дырами. Все технические расчеты сведены до минимума, что позволяет книге, сохраняя высокий научный уровень, в значительной степени быть доступной и для читателей, не имеющих специальной подготовки.

Физика

И. И. Карпов, Ю. И. Лисневский. КВАРКИ. М., «Наука», сер. «Современные тенденции развития науки», 1976, 112 с., ц. 42 к.

Американский физик-теоретик М. Гелл-Манн высказал предположение, что элементарные частицы группы дробонов состоят из комбинаций более простых первичных тел — кварков и антикварков. Слово «кварки» было заимствовано из романа Джеймса Джойса «Поминки по Финнегану» (1939). Гипотеза кварков быстро стала одним из принципиальных направлений в раз-

витии теории физики частиц высоких энергий и интерпретации экспериментальных результатов в этой области. В книге в популярной форме изложены основные положения гипотезы кварков и те физические понятия и идеи, без которых нельзя понять ее суть. Подробно описаны важнейшие физические установки и проведенные на них эксперименты по выявлению структуры элементарных частиц.

Физика

К. Шварц, Т. Гольдфарб. ПОИСК ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В ФИЗИЧЕСКОМ МИРЕ. Пер. с англ. А. А. Вашмана и И. С. Пронина. Под ред. Л. Л. Декабруна. М., «Мир», 1977, 356 с., ц. 1 р. 45 к.

В настоящее время непрерывно расширяется круг читателей, которым по роду деятельности стало необходимо освежить свое знание физики, ее основных законов и открытий, поэтому растет необходимость в научно-популярной физической литературе. Данная книга представляет собой мастерски написанную популярную книгу по общей физике: ее основу составляет курс лекций, прочитанный авторами студентам гуманитарных факультетов, будущим преподавателям средней школы. Особенность книги заключается в стремлении авторов описать все огромное разнообразие физических явлений посредством тех немногих фундаментальных законов (прежде всего, законов сохранения массы, энергии, заряда), которым эти явления подчиняются. Изложение иллюстрируется большим числом задач и легко выполнимых практических работ.

Физика

В. Паули. ТРУДЫ ПО КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ. Статьи 1928—1958 гг. Пер. Ю. А. Данилова и А. А. Садыкина. Под ред. Я. А. Смородинского. М., «Наука», сер. «Классики науки», 1977, 696 с., ц. 4 р. 95 к.

Два года тому назад в серии «Классики науки» был издан первый том трудов выдающегося физика-теоретика Вольфганга Эрнста Фридриха Паули, в который вошли его ранние статьи по квантовой теории. В настоящем, втором томе помещены основные статьи В. Паули по проблемам релятивистской квантовой механики, квантовой электродинамики, мезонной теории, теории симметрии элементарных частиц. Развитие в них идеи оказали сильное влияние на формирование современных представлений о физических полях.

Большинство статей печатается на русском языке впервые. В конце книги опубликован краткий биографический очерк Я. А. Смородинского «Паули и квантовая теория», приведены основные даты его жизни и деятельности, библиография трудов В. Паули и о нем, именного указатель.

Физика

И. И. Гласс. УДАРНЫЕ ВОЛНЫ И ЧЕЛОВЕК. Пер. с англ. Н. И. Шаховой. Под ред. А. П. Шатилова. М., «Мир», 1977, 192 с., ц. 1 р. 28 к.

Книга посвящена одному из сложнейших в научном отношении разделов газодинамики — физике ударных волн, или, как ее чаще называют, физике взрыва. Прослежены

различные типы и источники ударных волн, роль ударных волн в науке, технике и природе. Рассмотрены грандиозные перспективы использования ядерных взрывов на благо человечества. Показано, что применение их, возможно, откроет новые энергетические ресурсы, столь необходимые человечеству для восполнения запасов истощающегося природного сырья и создания новых высокоэкономичных технологических процессов. Не лишено оснований предположение, что разгадка механизма космических взрывов и ударных волн даст ключ к пониманию возникновения Вселенной, нашей Солнечной системы, Земли, а, возможно, и самой жизни.

Физика

С. А. Каплан. ФИЗИКА ЗВЕЗД. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Наука», 1977, 208 с., ц. 35 к.

Почему вещество в недрах звезд нагрето до высокой температуры? Как теоретически подсчитать температуру в центре Солнца? В каких ядерных процессах освобождается звездная энергия? Как определить химический состав звездного вещества? Как физика объясняет существование сверхплотных звезд, у которых один кубический сантиметр вещества имеет массу в несколько тонн? Книга С. А. Каплана дает ответ на эти и многие другие вопросы.

В третьем издании книга подверглась существенной переработке. Введена новая глава о нейтронных звездах и «черных дырах». Дополнена глава о теории происхождения и эволюции звезд. Материал излагается простым математическим языком. Для чтения книги не требуются никаких предварительных сведений из физики, астрономии и математики, выходящих за пределы программы средней школы.

Биология

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОЛОГИИ. Отв. ред. Д. К. Беляев. М., «Наука», 1977, 330 с., ц. 2 р. 94 к.

Этот сборник издан в память выдающегося советского биолога профессора Бориса Львовича Астаурова (1904—1974). Значительное место в тематике сборника занимают вопросы, близкие к научным проблемам, разработанным Б. Л. Астауровым. Это вопросы полиплоидии, гиногенеза, партеногенеза, плодовитости полиплоидных животных, температурные закономерности развития и их значение в эволюции и селекции животных. Сборник включает как оригинальные исследования, так и статьи обзорного характера, специально подготовленные коллегами и учениками Астаурова для данного издания.

Биология

Л. Певзнер. ОСНОВЫ БИОЭНЕРГЕТИКИ. Пер. с англ. А. Г. Башкирова и Ю. Г. Рудого. Под ред. и предисл. С. Э. Шноля. М., «Мир», 1977, 310 с., ц. 1 р. 23 к.

В основу данной книги положен курс лекций, ежегодно читаемый автором студентам Гарвардского университета. Последовательно излагаются основы классической термодинамики, термодинамики необратимых процессов, кинетики и теории информации в приложении к некоторым вопросам молекулярной биологии, клеточной физиологии, молекулярной генетики, биохимии и биофизической экологии. Достоинством книги является строгость и ясность изложения; для понимания материала не требуется знания высшей математики (для интересующихся в приложении даются выводы основных термодинамических уравнений). Каждая глава содержит интересно сформулированные задачи, в конце книги приведены их решения.

Издание рассчитано на студентов и преподавателей биологических специальностей, медиков, биофизиков и биохимиков.

Биология

Е. М. Егорова. ДИКОРАСТУЩИЕ ДЕКОРАТИВНЫЕ РАСТЕНИЯ САХАЛИНА И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ. М., «Наука», 1977, 254 с., ц. 1 р. 76 к.

Книга представляет собой итог многолетнего исследования богатой и своеобразной флоры Сахалина и Курильских островов с целью выявления видового разнообразия декоративных растений (преимущественно травянистых). Дан перечень 250 видов, в основном восточно-азиатского и северотихоокеанского типа ареала. Подробно анализируются 175 наиболее оригинальных и редких видов.

В книге содержится краткий очерк климата, флоры и растительности Сахалина и Курильских островов, показано распределение декоративных растений по основным типам местообитаний, дается их ботанико-географическая характеристика, оцениваются возможности их интродукции в различных климатических условиях.

Книга рассчитана на ботаников, специалистов зеленого строительства и всех любителей растений.

Геология

А. Г. Жабия. ЖИЗНЬ МИНЕРАЛОВ. М., «Советская Россия», 1976, 220 с., ц. 57 к.

На интересных примерах автор убедительно доказывает, что мир мертвой природы «живет»: минералы рождаются, проходят сложный жизненный путь и умирают. Вряд ли мы задумываемся об этом, когда идем по брусчатке. Но в изломе любого булыжника внимательному наблюдателю открывается сложная биография

камня, насчитывающая нередко миллиарды лет. Круг вопросов, рассматриваемых в книге, очень широк, он охватывает историю открытия минералов, минералогические музеи, различные способы минералообразования, рост кристаллов, полезные ископаемые, советы начинающему минералогу-любителю. Систематичность изложения позволяет назвать эту книгу популярным учебником минералогии, рассчитанным на самый широкий круг читателей. Облегчают восприятие хорошо подобранные литературные аналогии и выдержки из поэтических произведений. В то же время материал книги настолько обширен, нов и разнообразен, что ее с большим интересом прочтут и специалисты.

Геология

И. Г. Киссин. ВОДА ПОД ЗЕМЛЕЙ. М., «Наука», сер. «Проблемы науки и технического прогресса», 1976, 222 с.

Запасы пресных вод, столь необходимые для жизнедеятельности современного общества, сравнительно невелики и распространены на земном шаре очень неравномерно. Подсчитано, что почти 85% пресных вод заключено в ледниках, 14% — под землей и менее 1% содержат озера и реки. Отсюда становится понятным интерес ученых и практических работников к подземным водам. В книге в популярной форме рассказывается о происхождении подземных вод, условиях их распространения в земной коре, об участии подземных вод в различных геологических процессах, связанных с образованием пещер, деятельностью вулканов, формированием рудных месторождений. Особое внимание уделяется рассмотрению подземных вод как важного элемента окружающей среды, защите их от истощения и загрязнения, предотвращению вредных последствий, связанных с нарушением естественного режима подземных вод.

Геология

АТЛАС МИНЕРАЛОВ И РУД РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ. Под ред. А. И. Гинзбурга. М., «Недра», 1977, 192 с., ц. 4 р. 49 к.

Новый атлас предназначен для того, чтобы облегчить визуальное определение минералов и руд важнейших редких металлов — лития, цезия, бериллия, тантала, ниобия. Приведена краткая характеристика всех известных типов редкометалльных руд и минералов редких элементов. Атлас содержит 263 цветные фотографии кристаллов и минеральных агрегатов, передающие характерный облик минералов в естественных природных условиях и ассоциациях. При составлении атласа была учтена распространенность минералов, а также такие факторы, как наличие или отсутствие разновидности, степень проявления типоморфизма, характер вторичных изменений и др. Книга будет полезна геологам-поисковикам, минерологам и геохимикам, а также всем любителям камня.

География

И. Ф. Крузенштерн. ПУТЕШЕСТВИЕ ВОКРУГ СВЕТА В 1803, 1804, 1805 и 1806 ГОДАХ НА КОРАБЛЯХ «НАДЕЖДЕ» и «НЕВЕ». Владивосток, Дальневосточное книжное издательство, 1976, 392 с., ц. 1 р. 27 к.

Прошло около трех столетий после окончания первого кругосветного плавания Магеллана, прежде чем состоялось первое русское кругосветное плавание. Плавание было осуществлено на двух кораблях, закупленных в Англии и названных «Надеждой» (водоизмещением в 450 т) и «Невой» (350 т). Первым кораблем командовал капитан-лейтенант И. Ф. Крузенштерн, вторым — капитан-лейтенант Ю. Ф. Лисянский. Насыщенное приключениями и драматическими моментами первое кругосветное плавание русских внесло заметный вклад в мировую географическую науку,

подняло престиж российского мореплавания во всем мире, дало толчок к организации русских кругосветных плаваний, к новым русским открытиям, к изучению Мирового океана, значительно расширило границы русской торговли.

Настоящее, третье издание книги И. Ф. Крузенштерна о первом русском кругосветном плавании печатается, в основном, по второму изданию 1950 г., но в ряде мест текст книги сверен с первым изданием 1809—1810 гг.

География

Я. Вольневич. У АБОРИГЕНОВ ОКЕАНИИ (по Папуа Новой Гвинеи). М., «Наука», Гл. ред. восточн. лит.-ры, сер. «Путешествия по странам Востока», 1976, 216 с., ц. 68 к.

Польский журналист Я. Вольневич знакомит читателей с жизнью одной из малоизвестных стран Океании — Папуа Новой Гвинеи. Несмотря на почти 150-летнюю колонизаторскую опеку Голландией, Великобританией, Германией и Австралией, население этой страны лишь в последние десятилетия начинает выходить из близких к доисторическим условий существования. В 1970-х годах, благодаря усилиям ООН и ЮНЕСКО, в этой стране заметно ускорился процесс просвещения, повлекший за собой рост образованной прослойки среди коренного населения. Возникла местная художественная литература. В экономической жизни страны все более важную роль начинает играть разработка залежей медной руды и месторождений газа, производство лесоматериалов и их экспорт. В 1973 г. страна получила самоуправления, а меньше чем через два года — независимость. Автор книги в живой и увлекательной манере повествует о путешествии по Папуа Новой Гвинеи, рассказывает о ее населении, описывает его быт и нравы. В книге много лирических зарисовок экзотической природы этой далекой страны — тропических

джунглей, горных водопадов, пальмовых рощ, плантаций кофе и морских побережий.

География

Г. Васильев. БЕЛАЯ ЦАПЛЯ. Отв. ред. В. Д. Тихомиров. М., «Наука», сер. «Путешествия по странам Востока», 1976, 84 с., ц. 22 к.

«Страна белых цапель», «страна белых журавлей» — так писали поэты Кореи, обращаясь к своей родине. Белая цапля и белый журавль как символы страны запечатлены на многих картинах, аппликациях, вышивках корейских мастеров разных эпох. Книга, написанная советским специалистом, который в течение нескольких лет работал в Корейской Народно-Демократической Республике, знакомит не только с главнейшими событиями внешнеполитической и внутренней жизни Северной Кореи, но и в живой и занимательной форме рассказывает о характере трудолюбивого корейского народа, особенностях его быта, традициях, унаследованных и вновь приобретенных, о прекрасной природе этой страны.

История науки

Г. П. Матвиевская. РЕНЕ ДЕКАРТ. Отв. ред. А. П. Юшкевич. М., «Наука», 1976, 271 с., ц. 89 к.

Творческое наследие Декарта изучают философы и историки науки, биологи и психологи, математики и физики. Это продиктовано великим вкладом Декарта практически во все области знания. Многогранность Декарта определяет трудности, с которыми сталкиваются исследователи его творческой деятельности. Как правило, они раскрывают какую-либо одну сторону его наследия. Так, в предлагаемой книге, дается очерк жизни и научной деятельности Декарта-математика. Показано

также значение его работ в области физики и биологии. В основу очерка положен анализ трудов и переписки Декарта, а также русской и иностранной литературы о нем.

История науки

Б. А. Розенфельд. ИСТОРИЯ НЕЕВКЛИДОВОЙ ГЕОМЕТРИИ. Развитие понятия о геометрическом пространстве. М., «Наука», 1976, 416 с., ц. 2 р.

23 февраля 1976 г. исполнилось 150 лет со дня исторического доклада Н. И. Лобачевского об открытии им неевклидовой геометрии. Этой памятной дате, считающейся днем рождения неевклидовой геометрии, посвящена данная книга. В ней последовательно прослеживаются как математические, так и философские аспекты подготовки открытия неевклидовой геометрии и основные этапы ее развития (от возникновения до настоящего времени), а также история тесно связанного с этим открытием развития понятия о геометрическом пространстве. Книга состоит из 11 глав. В первых пяти рассматривается подготовка открытия неевклидовой геометрии; в шестой главе — открытие Лобачевского, развитие геометрии Лобачевского и ее интерпретация; в последних пяти главах — дальнейшее развитие неевклидовой геометрии и расширение понятия о пространстве.

История науки

В. М. Богуславский. ЛАМЕТРИ. М., «Мысль», сер. «Мыслители прошлого», 1977, 160 с., ц. 19 к.

Трудно назвать философа, в адрес которого современниками и последующими историками было бы брошено больше желчных и несправедливых слов, чем в адрес выдающегося французского мыслителя и просветителя, воинствующего материалиста и атеиста, предшественника энциклопедистов Ламетри (1709—1751). До начала XX в. единственным источником сведений о первых трех четвертях жизни Ламетри было не лишнее фактическое ошибочное «Похвальное слово» Фридриха II. Лишь в XX в. ряду исследователей удалось исправить неточности в жизнеописании Ламетри, но и сейчас многое в его биографии остается неизвестным. Книга содержит краткий биографический очерк и анализ учения Ламетри. Рассматриваются материалистические взгляды философа, анализируется его этика, гносеология, естественнонаучные высказывания, атеистические взгляды.

История науки

П. И. Старосельский, Е. П. Никулина. ЕГОР ЕГОРОВИЧ ВАГНЕР. 1849—1903. М., «Наука», Науч.-биограф. сер., 1977, 232 с., ц. 78 к.

Е. Е. Вагнер принадлежит к плеяде наиболее выдающихся русских химиков XIX в. Он был представителем знаменитой казанской школы химиков-органиков. До сих пор в учебниках по органической химии излагаются разработанный им способ синтеза вторичных спиртов, метод окисления непредельных органических соединений (метод «окисления по Вагнеру»), исследования по расшифровке строения представителей класса терпенов.

В книге подробно анализируется научная деятельность ученого в этих областях химии, дается оценка работ Вагнера его современниками. Всю свою жизнь Вагнер сочетал научную работу с педагогической. Будучи профессором Варшавского университета, он принял горячее участие в организации Варшавского политехнического института и создал там лабораторию органической химии. Небогатая внешними событиями, жизнь Вагнера служит образцом преданности науке. Авторам книги удалось показать это.

Загадочные выстрелы

Из неопубликованных рассказов о Шерлоке Холмсе

Г. Е. Горелик
Москва

— Нет, Уотсон, ничего особенно интересного я не смогу вам рассказать на этот раз,— ответил Шерлок Холмс, отложив в сторону толстый номер «Physical Review».

Уотсон прочитал на-

звание журнала и изумленно воскликнул:

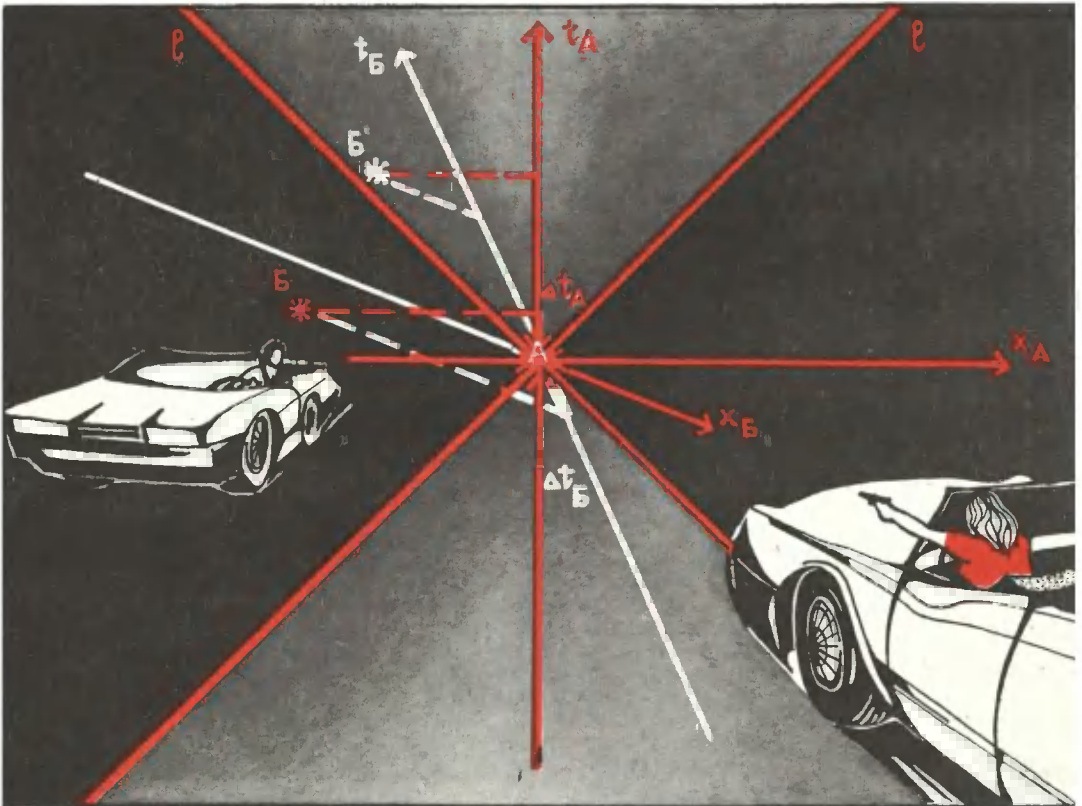
— Холмс! Что это вы читаете?

— Тут есть неплохой обзор по калибровочным теориям.

— Но, Холмс, с каких это пор вы стали интересоваться такими вещами? Когда мы только что поселились на Бэйкер-стрит, я с удивлением обнаружил, что вы понятия не имеете о вращении Зем-

ли вокруг Солнца. А вы мне сказали, что всегда стараетесь поскорее забыть ненужные сведения. И при этом еще сравнили человеческий мозг с маленьким чердаком. Кстати сказать, весьма точное сравнение, Холмс.

— Дорогой Уотсон, заметьте, я тогда говорил о ненужных сведениях. Чтобы вы поняли меня, я, пожалуй, расскажу вам о случае, по поводу которого мне пришлось не-



Рисунок, с помощью которого Холмс объяснил доктору Уотсону, что специальная теория относительности имеет отношение к криминалистике. Точками А и Б изображены выстрелы двух Роз, в алом и белом; x_A , t_A и x_B , t_B —

пространство и время для А и Б. Начала систем отсчета совмещены с выстрелом А. Для свидетеля, который ехал рядом с А (Б) выстрел Б (А) произошел через время Δt_A (Δt_B) после выстрела А (Б). Прямые

образуют световой конус. Если бы выстрел Б соответствовал событию Б', то преступницей можно было бы с полным правом считать Роз в алом.

давно побывать в Соединенных Штатах.

Случай, на первый взгляд, довольно заурядный. В потоках машин по шоссе мчались навстречу друг другу два бьюика. Они сблизились, раздался выстрел, визг тормозов. Выскочившие из других машин водители с проклятиями подбежали к виновникам, а точнее сказать, к виновникам происшествия. Да, да, Уотсон, из автомобилей были извлечены два прелестных создания: на одной джинсы и алая блузка, на другой — джинсы и белая блузка. В дальнейшем этих юных леди я буду именовать буквами А и Б по цвету их блузок, потому что их имена — Роз Мэдлав и Роз Крзифил — слишком длинны.

Дело казалось предельно простым. Свидетелей перестрелки было вполне достаточно. Оставалось только выяснить, какая из леди выстрелила первой. Однако при опросе свидетелей обнаружилось, что часть их уверена в том, что первой стреляла мисс А. Остальные утверждали, что первой стреляла мисс Б, а мисс А выстрелила только в ответ. При этом все свидетели уверяли, что между выстрелами прошло не меньше нескольких секунд. Свидетелей виновности мисс А было больше, и это дало следователю повод предположить, что эти свидетели были в сговоре с Б. Следователь развернул кипучую

деятельность, углубляясь в биографии свидетелей. Следствие запутывалось.

Примерно в это время я и получил телеграмму с просьбой помочь разобраться в этом деле. Внимательно ознакомившись с ним, я понял, что не хватает очень важных сведений. Я опросил свидетелей еще раз и выяснил, что все свидетели, считавшие виновной А, ехали с ней в одном направлении, а все остальные — в противоположном. Вот и все.

— Что все? — удивленно спросил Уотсон.

— Да, вот, прочитайте, — и Холмс протянул Уотсону свежую газету. На первой полосе крупными буквами было напечатано: «Р. Мэдлав и Р. Крзифил обвинены в покушении на убийство друг друга».

— Простите, Холмс, но я решительно ничего не понимаю!

— Ну, что ж, могу объяснить, хотя, по-моему, и так все ясно.

Чтобы обойтись без формул, взгляните на этот рисунок, который я, кстати, использовал, делая доклад «Специальная теория относительности в криминалистике и теории права» для ассоциации американских юристов. На рисунке точками А и Б изображены интересующие нас события — выстрелы А и Б. Начало системы отсчета совмещено с выстрелом А. Для свидетеля, который сидел бы в ма-

шине А или ехал бы рядом с ней, выстрел Б произошел через время Δt_D после выстрела А (точка Б проецируется на ось параллельно оси x_D). Для свидетеля, который ехал рядом с Б, как следует из специальной теории относительности, выстрел А произошел через время Δt_B после выстрела Б (точка Б проецируется на ось x_B параллельно x_B). Таким образом, оба выстрела были первыми в юридическом смысле.

— Но как же так, Холмс? А если бы мисс А действительно выстрелила после того, как услышала выстрел, то и тогда можно было бы найти свидетеля, для которого А выстрелила раньше Б?

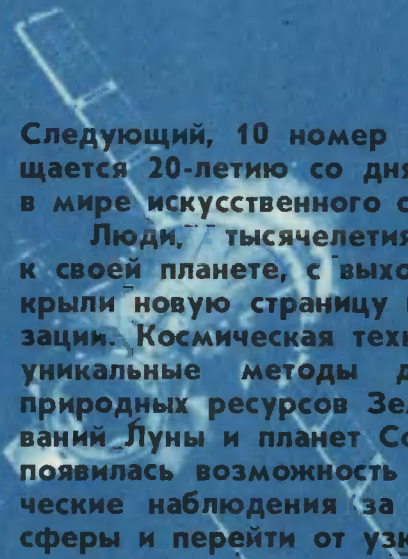
— Нет, Уотсон, в этом случае выстрел Б изобразился бы точкой Б внутри светового конуса, и, как легко видеть, для любого свидетеля (для любого угла осей Б с прямой x_B) выстрел А происходит после выстрела Б; может меняться только промежуток времени между выстрелами.

— Да, Холмс, вы убедили меня, что знания — сила.

— К сожалению, в обвинении отсутствует очень важный пункт.

— ???

— Отсутствует обвинение в превышении скорости. Ведь она отличалась от скорости света всего на какую-то стомиллионную долю.

A satellite is shown in orbit against a clear blue sky. The satellite has a rectangular body with several solar panels extending from it. The background is a uniform light blue color.

Следующий, 10 номер «Природы» посвящается 20-летию со дня запуска первого в мире искусственного спутника Земли.

Люди, тысячелетиями прикованные к своей планете, с выходом в космос открыли новую страницу в истории цивилизации. Космическая техника предоставила уникальные методы для исследования природных ресурсов Земли, для исследований Луны и планет Солнечной системы, появилась возможность вести астрофизические наблюдения за пределами атмосферы и перейти от узкого участка видимого спектра к приему широкого спектра излучения — от γ -лучей до длинных радиоволн.

С освоением космоса связаны новая технология производства чистых веществ, космическая медицина, космическая связь и другие направления исследований.

С некоторыми из них мы и хотим познакомить наших читателей.

Цена 50 коп.
Индекс 70707

