

ISSN 0032-874X

4 ПРИРОДА

1980



ПРИРОДА

Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик
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

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора
В. М. ПОЛЫНИН

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

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы. Подробно о программе см.: «Природа», 1979, № 1, с. 28.

На первой странице обложки, Белая цапля в Астраханском заповеднике. См. в номере: «У истоков ленинских природоохранных декретов». Фото Б. К. Машкова.

На третьей странице обложки, Рисунок Н. А. Северцова. Вверху — леопард (кавказский подвид); внизу — дарьинский тигр. См. в номере: Семенов-Тянь-Шанский А. П. «Воспоминания о Н. А. Северцове».

На четвертой странице обложки. Поперечные «ЯМР-сечения» брюшной полости лабораторной мыши, которой имплантировали раковые клетки. В красный цвет окрашены ткани с развитым злокачественным процессом. Вверху — 1-й день после имплантации, в центре — 18-й день, внизу — 30-й день после введения в организм раковых клеток. См. в номере: Федин Э. И. «ЯМР-интроскопия — новый метод изучения структуры биологических объектов».

© Издательство «Наука»,
«Природа», 1980 г.

Апрель 1980 года

В НОМЕРЕ

В. И. ЛЕНИН И НАУКА

К 110-летию со дня рождения Владимира Ильича Ленина 2

Готт В. С. Ленинский этап в развитии представлений о материальном единстве мира 4

Ученые о В. И. Ленине 11

 У истоков ленинских природоохранных декретов 18

Франк И. М. Некоторые проблемы оптики 22

Татаринов Л. П. Как исчезли динозавры? 31

Питаевский Л. П. Макроскопические квантовые явления 40

Чугунов Ю. Д. Морская змея в заливе Петра Великого 49

Сарианиди В. И. Бактрийское золото 50

Семенов-Тянь-Шанский А. П. Воспоминание о Н. А. Северцове 58

Тимофеев-Ресовский Н. В. К публикации «Воспоминания о Н. А. Северцове» 68

Любимова Е. А. Тепловой поток из недр Земли и его происхождение 70

Федин Э. И. ЯМР-интроскопия — новый метод изучения структуры биологических объектов 77

Юсуфов А. Г. К вопросу о скачках в процессе эволюции живой природы 82

Квасов Д. Д. Изменения климата в Южном полушарии 90

Белоножко Ю. А. Страницы истории отечественной ботаники 94

Леонид Александрович Чубуков

 101

КРАСНАЯ КНИГА

 Нечаев В. А. Охотский улит 102

НОВОСТИ НАУКИ

81, 107

КНИГИ, ЖУРНАЛЫ

Ратнер В. А. Генетика нашего времени [123]. Цверева Г. К. Первая книга «Библиотеки всемирной истории естествознания» [124].

НОВЫЕ КНИГИ

126



ВЛАДИМИР ИЛЬИЧ ЛЕНИН

В. И. ЛЕНИН И НАУКА

К 110-летию со дня рождения Владимира Ильича Ленина

Жизнь и деятельность Владимира Ильича Ленина, его бессмертные произведения служат неиссякаемым источником научного творчества, воодушевляющим примером для ученых.

Ленин был не только великим ученым в революции, но и революционером в науке. «Обладая непревзойденным даром научного предвидения, глубочайшего проникновения в самую суть происходящих событий и явлений, творчески применяя диалектико-материалистический метод к анализу новых исторических условий, он обогатил принципиально важными положениями все составные части марксизма, открыл новый этап в его развитии»¹. Непреходящее значение имеет развитие Лениным материалистической диалектики, теории познания; он вскрыл и философски обобщил смысл фундаментальных открытий в естествознании конца XIX — начала XX в., дал блестящее истолкование новых научных данных периода крутой «ломки принципов». Последующее развитие науки подтвердило правильность ленинских обобщений.

С именем Ленина неразрывно связано становление и развитие советской науки. «В первые же месяцы после победы Октября Ленин ориентировал партию на привлечение интеллигенции на сторону Советской власти и превращение ее в активного участника социалистического переустройства общества. Одновременно он наметил генеральную линию руководства научными учреждениями со стороны органов государства»², — отмечает президент АН СССР А. П. Александров. Забота Ленина о развитии советской науки, руководство Ком-

мунистической партией научно-техническим прогрессом обусловили небывалый рост научных исследований в нашей стране, укрепление связи науки с практикой.

Ленин проявлял большую заботу о том, чтобы донести знания до широких народных масс, сделать науку плотью и кровью, составным элементом коммунистического строительства. Показателен такой факт: 17 сентября 1918 г. Ленин получает от заведующего НТО ВСНХ Н. П. Горбунова несколько номеров журнала «Природа», «который предполагалось использовать для публикации материалов на тему о сближении науки и промышленности»³.

Под непосредственным руководством и при участии Ленина в трудные годы гражданской войны осуществлялись первые мероприятия Советской власти по охране природы. Известно, что 16 января 1919 г. в беседе с делегатом Астраханского губисполкома Н. Н. Подъяпольским Ленин поддержал проект создания в дельте Волги заповедника, отметив, «что дело охраны природы имеет значение не только для Астраханского края, но и для всей республики, и что он придает ему срочное значение»⁴. В соответствии с указанием Ленина разработка проектов декретов по заповедникам была поручена Наркомату просвещения как органу, ведавшему научными учреждениями страны.

В публикуемых материалах раскрывается содержание ленинского этапа в развитии представлений о материальном единстве мира, забота Ленина о науке и ее деятелях, о формировании советской системы научных учреждений, неослабном внимании к вопросам охраны природы.

¹ Постановление ЦК КПСС «О 110-й годовщине со дня рождения Владимира Ильича Ленина». — «Правда», 16 декабря 1979 г.

² Александров А. П. Наука страны освобожденной: труды. — «Коммунист», 1977, № 16, с. 68.

³ Владимир Ильич Ленин. Биографическая хроника. Т. 6. М., 1975, с. 131.

⁴ Подъяпольский Н. Владимир Ильич и охрана природы. — «Охрана природы», 1929, № 2, с. 36.

Ленинский этап в развитии представлений о материальном единстве мира

В. С. Готт



Владимир Спиридонович Готт, доктор философских наук, кандидат физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой философии Московского государственного педагогического института им. В. И. Ленина, главный редактор журнала «Философские науки», заслуженный деятель науки РСФСР. Работает в области проблем диалектического материализма и философских вопросов естествознания. Монографии: В. И. Ленин и современная физика. Киев, 1960; Философские вопросы современной физики. М., 1967; Философские проблемы современного естествознания. М., 1974 (в соавторстве); Удивительный, неисчерпаемый, познаваемый мир. М., 1974; Диалектика прерывности и непрерывности в физической науке. М., 1975 (в соавторстве); Некоторые философские вопросы современной физики. Душанбе, 1976, и др.

Представление о единстве мира теоретически в глубине веков, оно встречается в древнейших дошедших до нас литературных источниках, в том числе и по истории философских учений.

Еще в далекой древности люди пытались отыскать то общее, присущее всему окружающему миру, что делает его единым. Отдельные мыслители того времени считали, что Вселенная вечна, что она не создана никем, что в ней нет ничего, кроме материи, и тем самым они выступали против различных религиозных мифов, против идеалистических представлений о вторичности материи и первичности духа, бога или другой нематериальной первоосновы.

Стремление к единству многообразного получило свое воплощение в атомистических догадках Древнего Востока, античной Греции и Рима.

Более двух тысяч лет продолжается борьба материализма и идеализма по вопросу о единстве мира. Сторонники представления о материальном единстве мира высказали ряд интересных идей об этом единстве, о материи и ее атрибутах.

В домарксистской материалистической философии, особенно в XVIII в., было многое сделано по формированию представления о материи и единстве мира. Можно для примера сослаться на работу

П. Гольбаха «Система природы», в которой он показывает Вселенную как движущуюся материю, понимания под последней «...все то, что воздействует каким-нибудь образом на наши чувства...»¹.

Однако только в трудах классиков марксизма был дано решение этой проблемы, определены основные понятия.

Ф. Энгельс в «Диалектике природы» определяет материю следующим образом: «...материя есть не что иное, как совокупность веществ, из которых абстрагировано это понятие... такие слова, как «материя» и «движение» суть не более как сокращения, в которых мы охватываем сообразно их общим свойствам, множество различных, чувственно воспринимаемых вещей»². Какими же общими свойствами, по Энгельсу, обладает множество чувственно воспринимаемых вещей? Помимо объективности здесь необходимо в первую очередь отметить такие их общие свойства, как 'разнокачественность, взаимосвязь и движение.

Обобщая достижения естествознания середины XIX в., Энгельс приходит к выводу, что материя расчленена на ряд боль-

¹ Гольбах П. А. Избр. произв. в 2-х т., т. I. М., 1963, с. 84.

² Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 550.

ших, хорошо отграниченных друг от друга групп с относительно различными размерами масс: звездная система, солнечная система, земные массы, молекулы, атомы. Неуклонное следование идее дискретности материи приводит его к заключению о структурности любого материального объекта, включая молекулу и атом. «Молекула,— пишет он в письме К. Марксу,— как мельчайшая часть материи, способная к самостоятельному существованию,— вполне рациональная категория. Говоря словами Гегеля, это — «узловая точка» в бесконечном ряду делений, узловая точка, которая не замыкает этого ряда, но устанавливает качественную разницу. Атом, который прежде изображался как предел делимости, теперь — только отношение...»³ Именно эти узловые точки различных ступеней строения материи, по Энгельсу, «обуславливают различные качественные формы существования всеобщей материи...»⁴.

Таким образом, по Энгельсу, материя дискретна на всех ее уровнях, ступенях, хотя эта дискретность в каждом конкретном случае относительна, так как в природе нет абсолютно разграничительных линий. Прерывность всеобща, следовательно, она неотъемлемое свойство материи. Иное ее понимание неизбежно приводит к отрицанию разнокачественности объектов, т. е. сведению природы к чистому количеству. Обладая свойством дискретности, материя в то же время и непрерывна. Ее непрерывность обуславливается универсальной всеобщей связью материальных объектов. «Вся доступная нам природа,— пишет Энгельс,— образует некую систему, некую совокупную связь тел...»⁵ В другом месте он отмечает: «Ясно, что мир представляет собой единую систему, т. е. связанное целое...»⁶ Всеобщность связей, превращающих отдельные материальные объекты в единое целое, означает, что эта связь (следовательно, и непрерывность) также является неотъемлемым всеобщим свойством материи.

В. И. Ленин, развивая дальше диалектический материализм, его представление о материальном единстве мира, дал определение материи как философской категории «...для обозначения объективной реальности, которая дана человеку

в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них»⁷.

Ленинское определение философской категории материи неразрывно связано с материалистическим решением основного вопроса философии, и в этом отношении оно наиболее полно и всеобщее.

Объективная реальность, материальный мир характеризуются многими свойствами, отношениями, атрибутами. Ленин неоднократно подчеркивал, что «...мир есть движущаяся материя...»⁸, «мир есть закономерное движение материи...»⁹. Он обращает внимание на то, что неотъемлемыми свойствами, атрибутами материи как объективной реальности являются движение, пространство, время.

Ленин специально обращает внимание на принцип неисчерпаемости движущейся материи, обогащает и конкретизирует его в условиях новой революции в естествознании. Возражая против абсолютизации существовавших в то время представлений о строении материи, атома — электрона — эфира, он пишет: «...диалектический материализм настаивает на временном, относительном, приблизительном характере всех этих вех познания природы прогрессирующей наукой человека. Электрон так же неисчерпаем, как и атом, природа бесконечна...»¹⁰ Неисчерпаемость материи, относительность разграничительных линий, граней в природе, превращение движущейся материи из одного состояния в другое, отставаемое Лениным, исключает абсолютизацию момента прерывности материи. В этой связи представляет значительный интерес его мысль о том, что знание относительности разграничительных линий (т. е. относительности момента дискретности) материи всегда было опорой диалектического материализма. «Разрушимость атома,— пишет он,— неисчерпаемость его, изменчивость всех форм материи и ее движения всегда были опорой диалектического материализма. Все грани в природе условны, относительны, подвижны, выражают приближение нашего ума к познанию материи...»¹¹ «Признание каких-либо неизменных элементов, «неизменной сущности вещей» и т. п. не есть

³ Там же, т. 31, с. 258.

⁴ Там же, т. 20, с. 609.

⁵ Там же, с. 392.

⁶ Там же, с. 630.

⁷ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 131.

⁸ Там же, с. 230 (см. также с. 286, 289, 365).

⁹ Там же, с. 174.

¹⁰ Там же, с. 277.

¹¹ Там же, с. 298.

материализм, а есть метафизический, т. е. антидиалектический материализм»¹².

Обосновывая относительность разграничительных линий в природе, Ленин, вслед за Марксом и Энгельсом, показывает, что природа, мир в целом представляют собою единство, где все находится во всесторонней, живой связи со всем, причем эта связь понимается как единство, взаимозависимость, цельность мирового процесса.

Применительно к явлениям также существует «теснейшая, неразрывная связь всех сторон каждого явления... связь, дающая единый, закономерный мировой процесс движения...»¹³.

Таким образом, по Ленину, взаимосвязь всех явлений в природе осуществляется как целостный мировой процесс.

Ленин неоднократно подчеркивал непреходящее значение высказанного Энгельсом положения, что «единство мира состоит не в его бытии, хотя его бытие есть предпосылка его единства, ибо сначала мир должен существовать, прежде чем он может быть единым... Действительное единство мира состоит в его материальности, а эта последняя доказывается не парой фокуснических фраз, а длинным и трудным развитием философии и естествознания»¹⁴.

Среди ряда важных задач, стоящих перед философией диалектического материализма, Ленин указал на необходимость «...всеобщий принцип развития... соединить, связать, совместить с всеобщим принципом единства мира, природы, движения материи...»¹⁵.

Марксистско-ленинское представление о материальном единстве мира является результатом теоретического обобщения научного познания и общественно-исторической практики человечества. Монизм самой марксистско-ленинской философии есть отражение объективного материального единства мира.



Современный этап развития научного познания материального мира свидетельствует об усиливающейся тенденции к единству научного знания, к укреплению союза всех наук с диалектико-ма-

териалистической философией. В диалектическом материализме, в его законах, принципах, категориях нашло свое высшее отображение единство научного знания.

Принципы развития и единства мира, сформулированные марксистско-ленинской философией, ориентируют научный поиск, направляют его на раскрытие сущности явлений и процессов материального мира. «Философия,— писал Т. Павлов,— является не только обобщением достижений частных наук и человеческой практики, она соединяет их в единое целое и является методологической основой или предпосылкой дальнейшего развития научных знаний»¹⁶.

Возрастание роли марксистско-ленинской философии как теоретической основы и методологии частных наук, ее роли в формировании единства научного знания, возрастание интегративной и синтезирующей функции философии — характерные черты современной науки.

XXV съезд КПСС поставил перед советскими учеными кардинальную задачу — «усилить взаимосвязь общественных, естественных и технических наук»¹⁷. Именно на стыке различных наук, как отмечал Л. И. Брежнев, открываются «новые возможности для плодотворных исследований как общетеоретического, фундаментального, так и прикладного характера... Их следует использовать в полной мере»¹⁸. Решение этой задачи связано прежде всего с проникновением в глубинные механизмы интеграции современной науки, и понятно, что здесь большая роль отводится философской науке. В ходе научно-технической революции рождаются новые формы взаимодействия теоретических и экспериментальных средств естественных, технических и общественных наук, и именно они, эти новые формы интеграции научного знания, и становятся объектами методологического анализа.

Марксистско-ленинская философия, осуществляя свою методологическую функцию, тем самым выступает как фактор, способствующий развитию объективной тенденции к единству научного знания. Наиболее ярко эта роль проявляется в сфере анализа понятийного аппарата науки.

Известно, что итоги познания выра-

¹² Там же, с. 275—276.

¹³ Там же, т. 26, с. 55.

¹⁴ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 43.

¹⁵ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 229.

¹⁶ Ленин и современное естествознание. М., 1969, с. 45.

¹⁷ Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976, с. 213.

¹⁸ Там же, с. 72.

жаются в системе понятий. В настоящее время, когда происходит бурное развитие науки, возникают новые теории с их новым понятийным аппаратом, необходимым для интерпретации теоретических построений, возрастает и роль философских категорий, всей философии в повышении эффективности мышления, в выдвижении новых идей и понятий в процессе познания действительности.

Категории научной философии отражают развитие и изменение действительности, и поэтому они сами развиваются, возникают новые категории, значит и их система претерпевает изменения. Ленин так ставил этот вопрос: «...если все развивается, то относится ли сие к самым общим понятиям и категориям мышления? Если нет, значит, мышление не связано с бытием. Если да, значит, есть диалектика понятий и диалектика познания, имеющая объективное значение»¹⁹.

Одним из активно развивающихся в последние годы направлений исследований в области методологической проблематики стало изучение общенаучных форм и средств познания — проблем, понятий, категорий, методов, подходов. Мы имеем в виду те новые методы, понятия в специальных науках, которые приобрели (или приобретают) статус общенаучности на основе взаимодействия с философскими средствами познания, имеющими всеобщее научное значение.

Возникновение общенаучного знания, общенаучных средств познания, самого свойства общенаучности не может быть понято сколько-нибудь адекватно в отрыве от интегративных тенденций в науке, которые характерны для нашего времени. Общеизвестно, что интеграция науки сегодня составляет не менее важную тенденцию развития научного знания, чем его дифференциация. Характерно, что развертывающаяся дифференциация научного знания оказывается в диалектическом смысле слова формой проявления интеграции, поскольку новые направления исследований «стирают» традиционно установившиеся границы между различными науками.

Современную науку в значительной мере характеризует деление не только на отдельные дисциплины, но и на проблемы, имеющие комплексный, междисциплинарный характер, исследование кото-

рых объединяет, а не разобщает различные дисциплины.

Анализ развития научного познания свидетельствует об усилении объективной тенденции взаимосвязи всех наук с материалистической философией, что проявляется в дальнейшем укреплении союза философов с естествоиспытателями и представителями других частных наук в разработке не только философско-методологических проблем той или иной специальной науки, но и в совместных исследованиях ряда фундаментальных проблем, предполагающих проведение комплексных исследований.

В условиях не только интеграции, но и дифференциации науки идет процесс углубляющейся дифференциации языка науки, приводящий к тому, что представители даже одной области знания (но разной специализации) подчас плохо понимают друг друга. Одна из трудностей в решении ряда комплексных проблем состоит в поиске единого языка для специалистов разного профиля. Именно формирование общенаучных понятий в значительной мере облегчает решение этой важной задачи. Эти понятия вместе с категориями философии являются важным средством универсализации понятийно-категориального аппарата научного познания.

Возрастание единства научного знания как более адекватное отражение материального единства мира ставит новые проблемы, требует дальнейшего изучения общенаучных форм и средств познания, их логико-методологической роли в науке.

В редакционной статье журнала «Коммунист» справедливо подчеркивается, что «комплексность — не только организационная, но и серьезная методологическая проблема. Взаимообогащение наук идеями, методами, понятиями, терминологией — и предпосылка, и следствие теоретического взаимодействия наук. Философия не может остаться в стороне от этого важного позитивного процесса»²⁰.

Развивающийся комплекс общественных, естественных и технических наук углубляет наши знания о конкретных формах связи и взаимозависимости между различными видами движущейся материи, показывает, что познаваемые объекты взаимодействуют, находятся в противоречивом единстве. Эти фундаментальные положения марксистско-ленинской фило-

¹⁹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 229.

²⁰ «Коммунист», 1979, № 15, с. 77—78.

софии, практически вне зависимости от субъективных воззрений исследователей, уже лежат в основе современной науки. М. Борн, например, который не раз без достаточного знания диалектического материализма выступал с его критикой, писал: «В мельчайших системах, как и в самых больших, в атомах, как и в звездах, мы встречаем явления, которые ничем не напоминают привычные явления и которые могут быть описаны только с помощью абстрактных концепций. Здесь никакими хитростями не удастся избежать вопроса о существовании объективного, не зависящего от наблюдателя мира...»²¹. Он почти дословно повторил известную ленинскую формулировку, к которой пришел в результате исследования материального мира с его объективной диалектикой. Можно привести подобные примеры из работ других ученых, живущих в капиталистическом обществе.

Совершенно обоснованно известный советский философ М. Э. Омельяновский пишет: «...идея диалектического материализма о том, что природа едина в своем многообразии и есть развивающаяся материя, стала общим воззрением современной физики и находит отражение не только в ее содержании, но и в ее методологии и логике»²².

В последние десятилетия получены важные результаты, свидетельствующие о взаимосвязи и единстве космологических объектов и элементарных частиц, о единстве бесконечно большого и бесконечно малого в структуре материального мира. Правда, еще далеко не решена сложнейшая задача теоретического объединения всех известных знаний о микро- и мега-объектах в единую научную картину развивающейся Вселенной. Я. Б. Зельдович пишет: «...приходится констатировать, что в настоящее время нет логически удовлетворительной и описывающей наблюдаемую Вселенную теории, основанной на ... сведениях об элементарных частицах. Приходится ограничиваться поиском полумпирических закономерностей, которые остаются ненадежными, пока они не получены из фундаментальной теории»²³.

Одним из следствий совершенного Коперником революционного переворота в науке является представление о физическом единстве мира, о познаваемости всех явлений во Вселенной на основе физических законов, открытых на Земле. Можно сказать и иначе: со времен Коперника в науку вошло представление об однородности Вселенной, т. е. эквивалентности любых точек и направлений во Вселенной, а затем и о субстанциональном ее единстве.

Исходя из принципа материального единства мира, мы с уверенностью можем утверждать, что стремление к созданию общей естественнонаучной теории развивающейся Вселенной, единой теории взаимодействий лежит в русле важнейших задач, решаемых не только физикой, но и целым комплексом наук.

Опираясь на данные современной физики и других наук, на общеполитические диалектико-материалистические представления, используя мощь математического аппарата, ученые создают различные модели Вселенной и ее эволюции.

Создание этих моделей прежде всего связано с общей теорией относительности и теорией элементарных частиц, в частности с представлением о кварках. Кварковая модель позволила объяснить большое количество экспериментальных данных, связанных с процессами распада и взаимодействия адронов при высоких и низких энергиях, но сами кварки, несмотря на интенсивные поиски, до сих пор не обнаружены. В настоящее время на основе ряда теоретических предположений, связанных с усложнением представлений о свойствах и систематике кварков, высказываются идеи о принципиальной ненаблюдаемости изолированного кварка.

В 1967 г. С. Вайнберг и А. Салам предложили единую теорию слабого и электромагнитного взаимодействия лептонов, в которой слабое взаимодействие частиц обуславливается обменом заряженными и нейтральными векторными мезонами. Важным подтверждением теории Вайнберга — Салама явилось экспериментальное открытие в 1973 г. в ЦЕРНе слабых нейтральных токов. Именно здесь была зарегистрирована реакция, в которой нейтрино не превращается в заряженный лептон, как это имеет место в схеме с заряженными токами, а присутствует в конечном состоянии, так что суммарный электрический заряд образующихся адронов совпадает с зарядом начального нуклона.

²¹ Борн М. Моя жизнь и взгляды. М., 1973, с. 125.

²² Омельяновский М. Э. Аксиоматика и поиск основополагающих принципов и понятий в физике. — В сб.: Синтез современного научного знания. М., 1973, с. 323.

²³ Зельдович Я. Б. Гипотеза, объясняющая энтропию и неоднородность Вселенной. М., 1972, с. 15—16.

Открытие нейтральных слабых токов имеет большое значение как для физики микромира (дает серьезные аргументы в пользу существования кварков), так и для космологии. Наличие нейтральных слабых токов важно для понимания процессов, происходящих в звездах и сопровождающихся передачей нейтрино или антинейтрино значительной энергии, уносимой затем в межзвездное пространство. Присутствие нейтральных токов должно сказаться на балансе энергии, а это очень важно для объяснения имеющих место расхождений между теорией, согласно которой должен существовать мощный поток солнечных антинейтрино, и экспериментом — такой поток антинейтрино от Солнца не зарегистрирован.

Создание новых физических и космологических теорий, построение научной картины мира связаны не только с данными опыта, но и с образованием ряда понятий.

Трудности, существующие в современной теоретической физике, многие выдающиеся ученые объясняют неразработанностью понятийного аппарата этой науки. Так, например, П. Дирак считает, что причина противоречий между теорией относительности и квантовой теорией скрывается в неадекватности физических понятий²⁴.

А. Траутман пишет, что развернувшиеся дискуссии, связанные с теорией относительности и теорией гравитации, в определенной степени обусловлены неразработанностью понятия принципа в теоретической физике²⁵. Хорошо известно, что А. Эйнштейн в своем научном творчестве большое внимание уделял принципам познания. Так, например, он подчеркивал, что «исследователь должен ... вывести у природы четко формируемые общие принципы, отражающие определенные общие черты огромного множества экспериментально установленных фактов... До тех пор, пока принципы, могущие служить основой для дедукции, не найдены, отдельные опытные факты теоретику бесполезны, ибо он не в состоянии ничего предпринять с отдельными эмпирически установленными общими закономерностями»²⁶.

Принципы познания, категории и понятия науки интересовали В. Гейзенберга, который не раз возвращался к анализу понятий «состояние», «элементарная частица», «единая теория поля», «часть» и «целое», «пространственное протяжение» и других²⁷.

Развитие физики элементарных частиц показывает, сколь важное значение для развития науки имеет философский анализ ее понятийного аппарата.

Рассмотрим, например, взаимодействие элементарных частиц высоких энергий, при котором происходит их множественное рождение.

Если в ходе первых экспериментов в области физики атомного ядра говорили о его расщеплении или делении, то при столкновении, скажем, протонов высокой энергии и возникновении при этом новых частиц понятие «деление» уже не работает, так как число и виды новых частиц зависят прежде всего от энергии сталкивающихся частиц. Новые частицы не входят в состав тех частиц, в результате столкновения которых они возникли. Протон, например, можно получить в результате столкновения нейтрона и π -мезона или Λ -гиперона и K -мезона, но это не означает, что в их структуру входит протон, что они «состоят из» протонов, т. е. понятия «деление», «состоят из» в мире элементарных частиц уже не работают, а вопрос, «из чего состоит» та или иная элементарная частица, лишен смысла. По этому поводу Гейзенберг говорил: «Мы не можем избежать употребления языка, тесно связанного с традиционной философией. Мы спрашиваем: «Из чего состоит протон? Делим или неделим электрон? Сложной или простой частицей является фотон?» Однако это неверно поставленные вопросы, ибо слова «делить» или «состоять» в этой связи в значительной мере утрачивают свой смысл.

Нашей задачей должно быть приспособление нашего мышления и нашего языка, т. е. нашей научной философии, к новой ситуации, созданной данными эксперимента... Неверно поставленные вопросы и неправильные наглядные представления автоматически просачиваются в физику частиц и уводят научные исследования в сторону от реальной природы»²⁸.

²⁴ The physicist's conception of nature. Dordrecht — Boston — Reidel, 1973.

²⁵ Ibid.

²⁶ Эйнштейн А. Собр. научных трудов, т. 4. М., 1967, с. 14—15.

²⁷ The physicist's conception of nature. Dordrecht — Boston — Reidel, 1973.

²⁸ Гейзенберг В. «УФН», 1977, т. 121, вып. 4, с. 665.

Сейчас известны космологические объекты (нейтронные звезды), плотность которых порядка плотности атомного ядра. Есть предположения, что плотность сколлапсировавшихся звезд еще более высокая, и в этом случае вопрос: из каких частиц состоит звезда? — в значительной степени также теряет смысл, так как частица уже не может сохранять свою нормальную массу покоя. В этих условиях, пишет Гейзенберг, речь может идти только о смеси различных — всевозможных — частиц; а в таком случае более разумно говорить о непрерывной материи²⁹.

По современным представлениям, все известные четыре типа взаимодействия осуществляются частицами — переносчиками взаимодействий. От массы покоя этих частиц зависят радиусы действий сил. Так, за сильное взаимодействие ответственны глюоны (радиус действия малый), слабое — векторные бозоны (радиус действия малый), электромагнитное — фотоны ($m=0$), гравитационное — гравитоны (гипотетические частицы с $m=0$). Последние два взаимодействия, переносимые безмассовыми частицами, имеют бесконечный радиус действия.

М. А. Марков писал: «...мы давно привыкли к мысли о единстве природы. Но мы не умеем описать единство четырех «стихий», когда различными путями стремимся к нему. Фарадею удалось установить глубокую связь магнитных и электрических явлений. Но Эйнштейну не удалось объединить в единой картине гравитационные и электромагнитные взаимодействия. Гейзенбергу не удалось на основе некоего фундаментального ψ -поля добиться успеха в понимании некоторых сторон этого единства. Но мы стремимся и будем стремиться к пониманию глубокого единства «стихий»³⁰.

Сейчас уже создана теория, которая включает в себя слабые и электромагнитные взаимодействия, есть надежда на включение в единую теорию и сильных взаимодействий. Ведутся работы по теории супергравитации, которую можно рассматривать как попытку создания единой теории поля.

В космологии для объяснения полученных ею результатов ныне широко используются представления, понятийный и математический аппарат физики элемен-

тарных частиц, квантовой теории и теории относительности.

Среди экзотических объектов Вселенной особое внимание привлекают так называемые черные дыры — сколлапсировавшиеся звезды. Сейчас уже стало историей первоначальное представление о черных дырах как о ненаблюдаемых объектах, теперь практически доказано, что они являются источниками сильного рентгеновского излучения (Лебедь X—1).

В настоящее время высказываются заслуживающие внимания соображения о возможности существования «мини-черных дыр», образовавшихся из неоднородностей вещества на раннем этапе развития Вселенной; эти черные дыры называются первичными, или реликтовыми. Малые реликтовые черные дыры (если они существуют) представляют собой исключительно интересное явление природы, в котором органически объединяются микро- и макромасштабы. Теоретические расчеты показывают, что, обладая макроскопической массой порядка 10^{13} г, они должны иметь микроскопический размер 10^{-13} см.

Некоторые факты из области физики и космологии, приведенные в данной статье, иллюстрируют, подтверждают истинность ленинского предвидения общей тенденции современных наук к единству, взаимосвязи и взаимодействию как выражению материального единства мира.



С конца XIX столетия — от выхода в свет первых философских работ Ленина — и до наших дней продолжается ленинский этап в развитии философии диалектического материализма, в развитии представлений о материальном единстве мира.

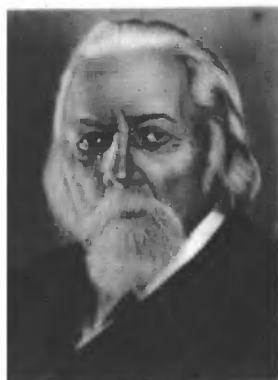
Материальное единство мира все более полно отображается развивающейся системой научного знания с помощью целой иерархии понятий и теорий все возрастающей общности. Под воздействием этих теорий с помощью общенаучных методов идет экспериментальный и наблюдательный поиск объектов и явлений на различных структурных уровнях материального мира, дающий новые свидетельства его единства.

Философский анализ данных процессов и явлений — одно из важных и перспективных направлений развития философской науки.

²⁹ Там же, с. 676.

³⁰ Марков М. А. О природе материи. М., 1976, с. 194.

Ученые о В. И. Ленине



Академик А. П. КАРПИНСКИЙ

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

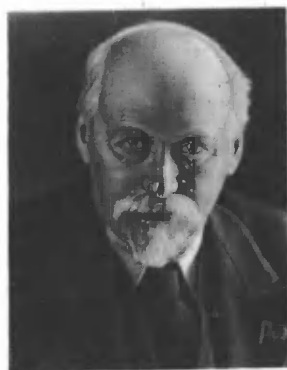
В связи с этим я вспоминаю, что, когда в 1918 г., т. е. в один из самых серьезных периодов гражданской войны, одна государственная организация пыталась занять тогда еще не законченное здание Библиотеки Академии, Ленин вмешался лично; несколько лет спустя все увеличивавшиеся ассигнования на нашу деятельность — еще одна иллюстрация ленинской заботы о науке и ученых — дали нам возможность закончить здание, которым Академия может гордиться.

Ленин всегда делал все возможное, чтобы оградить ученых от трудностей гражданской войны.

Комиссия по улучшению быта ученых, которая распределяла особые пайки и денежные пособия ведущим ученым и таким образом буквально спасла ряд из них от голодной смерти в 1918—1920 гг., была основана по его и Горького инициативе¹. Мы всегда будем вспоминать В. И. Ленина не только как вождя мирового пролетариата, но и как друга ученых².

¹ Речь идет о Петроградской и Центральной комиссиях по улучшению быта ученых, организованных в 1920 и 1921 гг.

² Карпинский А. П. Из беседы с сотрудником газеты «Moscow Daily News», 1934, 21 января.



Академик В. Л. КОМАРОВ

Уже в первый год существования Советского государства, когда наша молодая республика переживала в высшей степени опасное время, Владимир Ильич Ленин обратился к Академии наук с рядом важнейших поручений.

Составленный им на трех страничках «Набросок плана научно-технических работ», всем вам, конечно, хорошо известный, послужил в дальнейшем программой работ для Академии на многие годы¹.

Для многих из нас, избранных в Академию в первые годы революции², важна была не только глубокая практическая цен-

¹ «Набросок плана научно-технических работ» был написан В. И. Лениным в период между 18 и 25 апреля 1918 г. (Владимир Ильич Ленин. Биографическая хроника, т. 5. Октябрь 1917 — июль 1918. М., 1974, с. 389).

² В. Л. Комаров был избран академиком в 1920 г.

ность данных Владимиром Ильичем конкретных указаний. Мы поняли, что обращение В. И. Ленина обозначает прежде всего, что советская Академия наук — не место почетного успокоения, не экспертная комиссия, выдающая премии за абстрактные труды, а место напряженной работы, где должны выполняться задания Советского правительства и задания растущей его промышленности.

Одним словом, нам ясно стало, что Академия Страны Советов должна работать для народа, должна служить народу.

Ленин своими историческими указаниями определил характер и содержание работы Академии наук³.

³ Комаров В. Л. Из вступительной речи на юбилейной сессии АН СССР, посвященной 25-летию Великой Октябрьской социалистической революции. Ноябрь 1942 г.— Юбилейная сессия Академии наук СССР, посвященная 25-летию Великой Октябрьской социалистической революции. М.—Л., 1943, с. 2.



Академик Н. П. ГОРБУНОВ

Вопросам науки и техники Владимир Ильич придавал огромное значение. «Без новейшей техники, без новых научных открытий мы коммунизма не построим,— не раз говорил он.— Одна хорошо работающая лаборатория важнее десятка наших советских учреждений».

С громадным вниманием относился он к различным изобретениям, увлекался многими из них, особенно, когда применение их, казалось, могло принести непосредственную немедленную пользу, и огорчался, когда по детальному выяснению иногда очень увлекательное и заманчивое изобретение оказывалось построенным на неправильных расчетах.

Но зато какое огромное значение имела поддержка Владимира Ильича, когда дело шло о действительно серьезных изобретениях, которые удавалось благодаря этой поддержке протолкнуть в жизнь. Благодаря непосредственному участию и вмешательству Владимира Ильича и благодаря его постоянной помощи было положено основание и дан ход таким начинаниям, как, например, радиотелефонное строительство с грандиозной перспективой установления связи каждой деревни непосредственно с центром, использование горючих сланцев и сапропелей, механизация дровяных заготовок, изготовление в России химически чистых реактивов, исследование Курской магнитной аномалии, орошение Муганских голодных степей, тепловозы, Волховское строительство, электропахота, учреждение Государственного электротехнического исследовательского института, образование электротехнического факультета Московского высшего технического училища, сельскохозяйственная выставка. Нет почти ни одного начинания в Советской России в области научно-технических работ, которое не было бы связано с именем Владимира Ильича.

Совершенно на особом месте стоит грандиозный план электрификации России, к которому Владимир Ильич относился с совершенно исключительным и неослабным интересом¹.

¹ Горбунов Н. П. Ленин и научно-техническая работа.— «Хочу все знать», 1924, № 1, с. 8.



Академик С. И. ВАВИЛОВ

Ленин встретился с физикой не только на философском поприще. Создатель социалистического государства не мог пройти мимо физики как основы техники...

Техническая реконструкция всей страны, сверху донизу, была невозможна без хорошего физического фундамента, и совсем не случайно в самом начале революции, в разгар гражданской войны, в момент исключительно тяжелого состояния промышленности, раньше всех прочих Советской властью были учреждены большие физические научно-исследовательские институты в Москве и Ленинграде. Эти физические центры воспитали многие тысячи научных работников, образовавших через два десятилетия добротный, непрерывный физико-технический фронт нашей страны и Красной Армии на заводах, в высшей школе, в специальных институтах...

Дальновидное объединение теоретических высот с конкретными техническими задачами, неуклонно проводившееся в советских физических институтах, в полной мере оправдало себя в пережитые грозные годы. У Ленина, объединяющего в себе абстрактные высоты диалектической философии с каждодневной практикой революционной борьбы, советский ученый научился не отделять свои теоретические стремления от задач жизни Советского государства. Это был один из важных факторов, определивших нашу стойкость и наши победы.

¹ Вавилов С. И. Ленин и современная физика.— В кн.: Общее собрание Академии наук СССР. 14—17 февраля 1944 г. М.—Л., 1944, с. 55—56.



Академик И. М. ГУБКИН

Владимир Ильич, несмотря на то, что это было в годы, когда революция находилась в стадии наибольшей опасности, и что он был занят руководством всем революционным движением и государственным управлением, находил время уделять свое внимание и задачам чисто научного характера.

Вопрос о Курской аномалии, который интересовал нас сначала лишь теоретически и который только с этой точки зрения и ставился тогда, был поставлен Владимиром Ильичем на практическую почву. Владимир Ильич заинтересовался выяснением возможности эксплуатации залежей магнитного железняка теперь же.

В этом сразу сказалась вся сущность В. И. Ленина — сочетание теории с практикой, в этом проявилась вся сила и мощь его гениального ума...

Владимир Ильич толкнул нас на практику. Он указывал на необходимость проверки теоретических положений на практике. Он говорил, что в тех местах, где на основании научных изысканий можно предполагать наиболее богатый по содержанию слой руды, следует заложить буровые скважины.

Необходимо иметь в виду, что это было в 1920 г., когда условия транспорта были невероятно тяжелы. И вот при таких ужасных условиях транспорта требовалось перевести из Грозного в Курскую губернию буровые станки. Понятно, это была весьма трудно выполняемая задача. Но при поддержке Ильича

все оказалось возможным, и станки продвигались вперед быстро и беспрепятственно.

В настоящий момент, когда так тяжело и горестно чувствовать утрату этого дорогого нам всем человека, когда нет возможности собрать мысли, трудно дать объективную оценку роли Ильича как вдохновителя работ по Курской магнитной аномалии. Но необходимо указать, что если вопрос о Курской аномалии из теоретической проблемы превратился в вопрос чрезвычайного экономического значения для государства, то этим мы обязаны исключительно Ильичу¹.

¹ Губкин И. М. Ленин и Курская аномалия.— «Хочу все знать», 1924, № 1, с. 6—7; См. также: Воспоминания о Владимире Ильиче Ленине. Изд. 2-е, т. 3. М., 1979, с. 427—429.



Академик Г. М. КРЖИЖАНОВСКИЙ

В 1920 г. начала работать Государственная комиссия по электрификации. Владимир Ильич был знаком почти со всеми основными членами этой комиссии и непрерывно справлялся о ходе работ и очень боялся, чтобы мы не замкнулись в узком кругу...

Я помню, чрезвычайно волновался относительно главы об электрификации земледелия¹. Величайший знаток аграрного вопроса, Владимир Ильич долго ничего не говорил по поводу этой главы, а потом сказал: «Нет, знаете, нахожу, что все идет правильно». До сих пор, когда я вспоминаю его отношение к нашей работе, во мне просыпается живейшая радость².

¹ Речь идет о главе «Электрификация и сельское хозяйство», включенной в труд «План электрификации РСФСР. Доклад 8-му съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России». (М., 1920. Этот труд имеется в библиотеке В. И. Ленина в Кремле).

² Кржижановский Г. М. В. И. Ленин и техника. Речь на заседании Секции научных работников, посвященном памяти В. И. Ленина. Март 1924 г.— «Хочу все знать», 1924, № 4, с. 5.



Академик А. В. ЛУНАЧАРСКИЙ

Владимир Ильич на мой доклад об Академии наук ответил, что необходимо обеспечить ее средствами, необходимо побудить ее к шагам, которые практически связали бы ее работу с нашими задачами, необходимо найти там опору среди более прогрессивных ученых. «Вообще же,— говорил мне тогда Владимир Ильич,— не беритесь сейчас за какое-нибудь резкое реформирование этого учреждения, придет время подумать и об этом».¹

¹ Луначарский А. В. Академия наук в Москве.— «Экономическая жизнь», 1931, 21 июня.



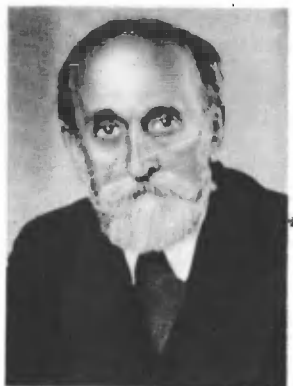
Академик Н. С. КУРНАКОВ

Я работал над проблемой Кара-Бугаза (залива в Каспийском море) с 90-х годов. Однако все наши усилия, направленные на то, чтобы обеспечить применение миллионов тонн глауберовой соли, залегающей на дне залива, при царской власти были бесплодны. С характерной для него проницательностью Ленин понял огромную важность этой проблемы для развития химической промышленности нашей страны, он коснулся ее в одной из своих работ,¹ и благодаря его личному вмешательству сразу же после окончания гражданской войны мы получили средства для продолжения исследований в этой области...

Успешное научное исследование, которое сделало возможным начать сооружение на берегах Кара-Бугаза огромного химического комбината, равного которому нет в мире, — вот то, что принес ленинский интерес к этой проблеме².

¹ Речь идет о труде В. И. Ленина «Очередные задачи Советской власти». См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 36, с. 188.

² Курнаков Н. С. Из беседы с сотрудником газеты «Moscow Daily News», 1934, 21 января.



Академик С. Ф. ОЛЬДЕНБУРГ

Русская наука понесла в лице В. И. Ленина огромную утрату. В. И. Ленин с неослабным вниманием среди громадных своих работ сознательно уделял время заботам о науке, твердо веря в ее огромное значение для жизни.

Когда в 1920 г.¹ группа ученых — академиков и профессоров — пришла к Владимиру Ильичу и рассказала ему о труднейшем положении науки, Владимир Ильич сказал, что он хорошо понимает, насколько государство обязано поддерживать науку, ибо наука важна особенно теперь, при построении новой жизни, в которую мы все верим. Как человек действия, он сейчас же принял необходимые меры для улучшения положения научных работников.

Владимир Ильич хорошо понимал значение науки. У него было изумительное чутье, которое позволяло ему зачастую угадывать то, что потом другим приходилось доказывать. Он обладал пониманием того, какими путями надо идти для достижения намеченной цели. Это свойственно только гениальным людям. Еще одним свойством обладал он — пониманием того, что не надо замалчивать своих ошибок. И тот, кто имеет мужество сознаться в своих ошибках, тот может действительно идти вперед.

Через всю нашу жизнь прошел великий человек. И поэтому в сознании каждого из нас жизнь представилась и богаче, и ярче, и сильнее, ибо та жизнь, которая создает таких великих людей, есть действительно сильная, могучая и прекрасная жизнь².

¹ Здесь допущена неточность. Встреча В. И. Ленина с М. Горьким и учеными Петрограда — вице-президентом Академии наук академиком В. А. Стекловым, ее постоянным секретарем академиком С. Ф. Ольденбургом и начальником Военно-медицинской академии В. Н. Тонковым, состоялась не в 1920 г., а 27 января 1921 г.

² Ольденбург С. Ф. В. И. Ленин и научные работники. — «Хочу все знать», 1924, № 2, с. 3.



Академик А. Е. ФЕРСМАН

В трудные переходные моменты, когда русские ученые не могли приспособиться к тяжелым материальным условиям, только благодаря энергичному вмешательству В. И. Ленина были приняты срочные меры к поддержке научной работы. В конце 1919 г. Владимир Ильич через Максима Горького провел создание комиссии по улучшению быта ученых; он постоянно интересовался ее деятельностью и неоднократно проводил нужные решения в Совнаркоме.

В разговорах с делегацией, в которой мне пришлось участвовать, Владимир Ильич призывал «зубами» отстаивать интересы научной работы и считал, что в этом направлении сами ученые должны проявить самостоятельность и инициативу.

Это отношение к науке необычайно красочно характеризует фигуру Ленина, считавшего, что хозяйственное строительство страны может быть успешно лишь на базе научного ее исследования.

С редкой интуицией схватывал Владимир Ильич исторические и социальные процессы: он поразительно улавливал черты будущего развития, и, когда еще в 1919 г. мне пришлось с ним беседовать по вопросам организации научных сил, он подчеркнул, что ждет от русской науки больших достижений, но при условии, если она не будет отставать от народного хозяйства¹.

— Впрочем, хозяйственное строительство на новых началах неизбежно вовлечет науку в сферу своих интересов, — прибавил он.

Эти слова оказались пророческими. И мы видим сейчас, как широко и глубоко начинается взаимное проникновение чисто научных проблем в вопросы народного хозяйства².

¹ В 1919 г. В. И. Ленин принял делегацию ученых во главе с академиком А. Е. Ферсманом. Во время беседы обсуждались проблемы, касающиеся организации научных сил и роли ученых в экономическом развитии страны (Владимир Ильич Ленин. Биографическая хроника, т. 8. Ноябрь 1919 — июнь 1920. М., 1977, с. 173).

² Ферсман А. Е. В. И. Ленин и наука. — «Петроградская правда», 1924, 27 января.



Академик А. Ф. ИОФФЕ

Хочется вспомнить указания, полученные мною в 1920 г. хотя и не непосредственно от Ленина, но переданные по его поручению. Я тогда был направлен за границу для восстановления научных связей с зарубежными учеными¹. Мне были переданы высказанные Лениным соображения о великой роли науки в построении социализма, о том, как важно слить нашу научную мысль с ростом мировой науки, внося в нее в то же

¹ В начале 1921 г. в зарубежные страны выехали А. Ф. Иоффе, П. Л. Капица, А. Н. Крылов и Д. С. Рождественский. Необходимые для командировки средства были выделены по прямому указанию В. И. Ленина. Посетив Германию и Англию, ученые установили контакты со многими зарубежными исследователями («Вестник АН СССР», 1967, № 10, с. 90—91).

время специфические черты, вытекающие из наших философских установок и из гораздо более близкой связи с практикой, и, наконец, о том, какое значение для науки имеют личные контакты ученых разных стран.

Спустя семь лет, уже после смерти Ленина, Советское правительство направило меня в командировку в США. Теперь речь шла уже об отдельных, частных заданиях, об изучении технических достижений США, об установлении личных контактов с американскими специалистами.

Мы живем в эпоху перехода к коммунизму, в период стремительного развития промышленности, сельского хозяйства, транспорта и связи. Наше время — время великих свершений. Школа и наука сближаются с практикой, с жизнью народа, как никогда раньше.

Казалось бы, как много изменилось со времени Ленина! Но ведь корни всего нового — в учении Ленина. Его эпоха и наша — это зарождение социализма и его расцвет. И этот расцвет — осуществление того, что заложил В. И. Ленин¹.

¹ Иоффе А. Ф. Время великих свершений. — «Ленинградская правда», 1960, 22 апреля.



Академик Н. И. ВАВИЛОВ

Во все поры нашей жизни проник Ленин, вся наша жизнь полна заветами и идеями Ленина. Мы видим огромные достижения в промышленности, в строительстве, в искусстве, в культуре. Но, что самое существенное во всем этом повседневном движении, — это то, что чем дальше мы продвигаемся вперед, тем шире и беспредельнее становится перспектива.

Особенность трудов Владимира Ильича заключается в том, что он совершенно исключительно соединял в себе умение организовать работу, был глубочайшим практиком и в то же самое время был величайшим теоретиком. До последних дней своей жизни Владимир Ильич, невзирая на огромные сверхчеловеческие труды, успевал кристаллизовать свой опыт и оставил нам колоссальное литературное наследство. Читая и перечитывая Ленина, каждый из нас имеет возможность общаться с учителем. В этом огромная сила Ленина; учение Ленина на века останется незыблемо.

Вторая особенность учения Ленина и его трудов заключается в том, что оно, это учение, открыло совершенно исключительные перспективы, в полном смысле, беспредельный простор для творчества и работы. И мы, научный коллектив, может быть, более, чем иные группы работников, чувствуем на себе это могущество учения Ленина; ибо здесь наука впервые получила отчетливую осмысленность и стала в полном смысле слова значимой в своем великом служении социализму¹.

¹ Вавилов Н. И. Из вступительного слова на вечере памяти В. И. Ленина, организованном Ленинградским домом ученых им. М. Горького в январе 1935 г. — Архив АН СССР, ф. 349, оп. 1 — 1933, ед. хр. 30, лл. 195—195 об.



У истоков ленинских природоохранных декретов

Известно, что при жизни В. И. Ленина Советским правительством было опубликовано 234 декрета и других распоряжений природоохранительного содержания, причем не менее 90 из них были подписаны лично Лениным¹.

В Центральном государственном архиве РСФСР [ЦГА РСФСР] хранится целый комплекс документов, относящихся к первому периоду деятельности Советского государства в области охраны природы. Среди них инициа-

тивные письма, телеграммы и докладные записки, выписки из протоколов заседаний, проекты декретов о заповедниках и т. д. Мы публикуем с некоторыми сокращениями часть этих документов, относящихся к периоду подготовки первых декретов о заповедниках и формирования Государственного комитета по охране памятников природы (1918—1920 гг.). Создание комитета, а также подписанный Лениным 16 сентября 1921 г. декрет «Об охране памятников природы, садов и парков» послужили основой для развертывания природоохранительной деятельности, создания сети государственных заповедников в стране.

Документы публикуются впервые.

¹ См.: Гладков Н. А. и др. Охрана природы: М., 1975, с. 29.

Письмо Н. М. Кулагина¹ в Наркомпрос.

26 декабря 1918 г.

В настоящее время Беловежская Пушча Гродненской губ. входит вновь в состав Российской Федеративной Советской Республики. Для охраны этого выдающегося памятника природы необходимо принять самые энергичные меры. Я, как один из бывших работников по изучению биологии зубров, населяющих Беловежскую Пушчу, беру на себя смелость просить Комиссариат народного просвещения, не найдет ли он возможным сделать распоряжение собрать данные о состоянии Пушчи после войны. Эти данные лучше всего могли бы быть получены командировкой в Пушчу особой комиссии Комиссариата народного просвещения. Затем может быть Комиссариат народного просвещения найдет возможным обсудить вопрос о сохранении Беловежской Пушчи на будущее времена².

Из протокола заседания лесоустроительной коллегии Наркомзема

14 января 1919 г.

Слушали: Отношение Народного комиссариата по просвещению, Отдела по делам музеев и охраны памятников искусства и старины от 4 января 1919 г. за № 142 в Народный комиссариат земледелия о содействии по охране Беловежской Пушчи и выяснении ее состояния в настоящее время... Соображения и заключения: Лесоустроительная коллегия по обсуждению затронутого вопроса постановила:

Довести до сведения Народного комиссариата по просвещению, что вопрос об охране и выяснении состояния Беловежской Пушчи был поднят Центральным лесным отделом [ЦЛО] немедленно вслед за очищением ее неприятелем... В самом ближайшем будущем будет образована особая комиссия из сведущих лиц для выяснения состояния насаждений, зверей и инвентаря Пушчи в настоящее время, чтобы весной к началу полевых работ иметь готовый материал для проектирования детальных лесоустроительных работ и прочих лесохозяйственных мероприятий в требуемых масштабах.

Вместе с тем в дальнейшем по детальному выяснению действительного состояния Пушчи на комиссию будут возложены обязанности по техническому обследованию насаждений лесного массива и условий лесного хозяйства на предмет выделения из общей площади урочища заказных участков.

В целях сохранения Пушчи в неприкосновенности в настоящее время ЦЛО поставил в известность Гродненский Исполнительный Комитет... о выдающемся значении этого памятника природы, предложив ему принять самые энергичные меры в этом направлении¹.

¹ ЦГА РСФСР, ф. 2309, оп. 2, д. 2, л. 42—42об.

Из протокола заседания Комиссии по устройству заповедников, созванной Научным отделом Наркомпроса.

25 января 1919 г.

Слушали: Проект Астраханского университета об учреждении заповедников при университете в пределах Астраханской губ.

¹ Кулагин Николай Михайлович (1860—1940) — советский зоолог и энтомолог, член-корреспондент АН СССР.

² ЦГА РСФСР, ф. 2307, оп. 2, д. 2, л. 39.

Постановили: Проект Астраханского университета признать заслуживающим поддержки и скорейшего осуществления, как со стороны самой идеи начинания, так и со стороны выбора места, которое признано вполне подходящим...

Поставить вопрос о заповедниках в общегосударственном масштабе, для чего в дальнейшем создать особый орган, которому поручить разработку положения о заповедниках, а также организацию, регулирование, инструктирование и заведывание всеми заповедниками в пределах Российской Республики. Создать для указанной цели специальное совещание из лиц компетентных в вопросах охраны природы, поручив Научному отделу подготовить соответствующие материалы. Дальнейшую работу по учреждению заповедника при Астраханском университете поручить в общем порядке указанному органу¹.

¹ ЦГА РСФСР, ф. 2309, оп. 19, д. 117, л. 14—14об.

Из протокола заседания коллегии Научной секции Наркомпроса.

Слушали: Ходатайство Астраханского университета об ассигновании средств на организацию заповедника в Астраханской губернии.

Постановили: Общее направляющее руководство организацией заповедника в Астраханской губернии поручить Научному отделу, открыв для этой цели кредиты по соответствующим параграфам. Присланную смету признать подлежащей принятию с теми замечаниями и изменениями, которые были сделаны специальной комиссией, рассматривавшей этот вопрос¹.

¹ ЦГА РСФСР, ф. 2306, оп. 19, д. 117, л. 19.

Письмо Совета ассоциаций Астраханского университета в Наркомпрос и копия докладной записки на имя Председателя Совнаркома В. И. Ленина от 8 февраля 1919 г.

В Народный комиссариат по просвещению
12 февраля 1919 г.

Препровождая копию нашего ходатайства на имя Председателя Совета Народных Комиссаров от 8 февраля 1919 г., согласно его указанию, прошу дать делу об издании декрета о заповедных участках, в проекте прилагаемого, надлежащий ход для скорейшего проведения в жизнь одобренного Научным отделом устройство заповедников в Астраханской губернии¹.

¹ ЦГА РСФСР, ф. 2306, оп. 18, д. 83, л. 58.

Председателю Совета Народных Комиссаров В. И. Ленину

По преемственности от Отдела народного образования при Астраханском губисполкоме Совет Астраханского университета ведет работу по выделению в Астраханском крае заповедников.

Согласно указанию наркомиссара по просвещению А. В. Луначарского, Советом было возбуждено ходатайство об отпуске кредита на устройство и охрану заповедников, и Научный отдел Комиссариата просвещения дал по этому ходатайству благоприятный отзыв. Из прилагаемой копии с выписки из протокола заседания Комиссии по устройству заповедников, созванной Научным отделом 25 января 1919 г., видно, что проект университета Научным отделом рассматривался и с общегосударственной точки зрения, причем для разработки вопроса о заповедниках в дальнейшем решено создать особый орган. Так как средства на Астраханские заповедники на днях будут от-

пущены, университету представляется возможным теперь же приступить к работам по их выделению в натуре и ведению научных наблюдений над дикой природой, что особенно важно в интересах охраны мест весенних станций перелетной птицы и гнездования птиц, выводящей в дельте Волги [птенцов], а также нерестилищ рыбы. Совет Астраханского университета в заседании своем 6 февраля с. г. постановил поручить нам возбудить перед Вами ходатайство о скорейшем декретировании порядка заповедания поверхности суши, вод и недр земли¹.

Уполномоченный соединенного
Совета ассоциаций
университета, декан
естественного факультета
А. Скринников.
Уполномоченный Совета
студенческих старост
студент-медик
Н. Подъяпольский.

¹ ЦГА РСФСР, ф. 2306, оп. 18, д. 83, л. 59.

Из протокола заседания коллегии Научной секции Наркомпроса.

15 апреля 1919 г.

Слушали: Об учреждении государственного заповедника при Астраханском университете.

Постановили: а) Поручить В. Т. Тер-Оганесову¹ создать при Научном отделе Наркомпроса особый орган для детальной разработки вопроса о заповедниках в общегосударственном масштабе, поручив этому органу выработать положение о заповедниках, а также организацию и заведывание всеми заповедниками в пределах Российской Республики...²

¹ Тер-Оганесов В. Т. в то время заведующий Научным отделом Наркомпроса РСФСР.

² ЦГА РСФСР, ф. 2306, оп. 19, д. 106, л. 57.

Из докладной записки
профессора
Н. М. Федоровского¹
в Научный отдел
Наркомпроса.

12 июля 1919 г.

...Идея национального парка заключается в охране обширных участков, сохранивших первобытный характер природы от губительного влияния человека и его культуры. Территория же Ильменских гор, благодаря полной доступности и мягкости рельефа, хорошему климату, близости плодородного района и золотых приисков, давно уже значительно населена, и девственный характер ее природы, благодаря вырубке лесов и, фактически, очень слабому контролю над охотничьим и рыболовным промыслом населения, утрачен. Первобытный характер растительного и животного мира может быть до некоторой степени восстановлен при отведении под заповедник значительного земельного участка, тем более что в некоторых местах этого района старый лес еще остался, а многочисленные и очень интересные во многих отношениях озера хорошо сохранили свою флору и фауну.

Но центр тяжести устройства Ильменского национального парка лежит, конечно, не в охране растительного и животного мира, а в стремлении сберечь совершенно исключительный по своему богатству и разнообразию природный минералогический музей, который представляют из себя Ильменские горы... Научное значение минеральных копий Ильменских гор чрезвычайно велико. Процессы минералообразования отличаются здесь большим разнообразием и интенсивностью. Некоторые копи очень богаты минералами, ассоциация которых дает наглядное представление о ходе химических реакций в при-

роде. Значение Ильменских гор для русской минералогической науки хорошо характеризуется богатством посвященной им специальной литературы... Расчистка копей, которая должна быть произведена в первую голову, укрепит за Ильменскими горами их репутацию минералогической Мекки...²

² ЦГА РСФСР, ф. 358, оп. 2, д. 5, пл. 113—116.

Телеграмма
уполномоченного
Реввоенсовета
и Усобнабарма
Кавказского фронта
Штейнгауза
Председателю Совнаркома
В. И. Ленину
и Наркому просвещения
А. В. Луначарскому.

5 апреля 1920 г.

Армавир.

В только что в освобожденной от белых Кубанской области, в пределах Майкопского и Лабинского отделов, в верховьях рек Белой и Малой Лабы имеются лесные дачи площадью равно триста двадцати тысячам дести. В означенных дачах водилось около пятисот зубров... Академия наук означенные лесные дачи хотела превратить в государственный заповедник, проект которого имеется и сейчас в Академии наук, но с началом гражданской войны вопрос заглох... Ни в одной части Кавказа нет такой растительности. Встречаются деревья тиса возрастом в тысячу пятьсот лет. Местность горная, непроходимая и абсолютно безлюдная, встречаются снежные вершины и попасные луга. Хвойный лес, частью лиственный, растительность альпийская или субальпийская. Ввиду высокой стоимости кожи зубра, последние истребляются населением, и зубров насчитывается сейчас около ста. В целях сохранения означенного леса и флоры, а также зубров, [которых] в Европе абсолютно не осталось

и на которых обращены сейчас все взоры естествоиспытателей Европы, [жду] Ваших срочных распоряжений об устройстве государственного заповедника в означенном районе...¹

¹ ЦГА РСФСР, ф. 2307, оп. 2, д. 1, л. 209.

Из протокола заседания
коллегии Наркомпроса
о проекте декрета
об Ильменском
государственном
заповеднике.

4 мая 1920 г.

Слушали... Проект декрета о Государственном минералогическом заповеднике.

Постановили: Данный проект декрета принять и внести на утверждение в Совет Народных Комиссаров¹.

¹ ЦГА РСФСР, ф. 2306, оп. 1, д. 318, л. 190 об. Декрет СНК РСФСР «Об объявлении отдельных участков Ильменских гор на Южном Урале государственным минералогическим заповедником» вступил в силу 14 мая 1920 г.

Из отчета
Государственного Комитета
по охране памятников
природы Наркомпроса
о деятельности за 1920 г.

Декабрь 1920 г.

Вопрос об учреждении центрального органа для охраны нетронутых участков природы в России поставлен был на очередь требованиями самой жизни. Первые заседания, посвященные этому вопросу, были созваны Научным отделом в январе 1919 г. по поводу ходатайства Астраханского университета об учреждении заповедника в дельте Волги... Тогда же была образована комиссия, которая под председательством В. Т. Тер-

¹ Федоровский Николай Михайлович (1886 — 1956) — советский минералог, член-корреспондент АН СССР.

Оганесова имела несколько заседаний. Но, ввиду общего политического и военного положения, учреждение центрального природоохранительного органа задержалось, и ощутительным результатом этого первого периода деятельности Комитета — явилось только создание Астраханского заповедника.

Деятельность комиссии возобновилась весной отчетного 1920 г. Было выработано Положение о Государственном Комитете по охране памятников природы и утверждено Научным сектором в июне месяце...

Работа Комитета развивалась главным образом в трех направлениях: работа организационная, работа по учреждению заповедников на местах и работа по пропаганде идей охраны природы. Приступлено к выработке плана учреждения отделов Комитета в провинции и их взаимоотношения с центром. Составлен план анкеты, по которой будут систематизированы сведения о существующих заповедниках. Комитет обратился к ряду учреждений и лиц с предложением доставить ему сведения о том, что было сделано ранее по вопросу об охране природы, и эти материалы начинают поступать в Комитет... Во время поездки профессора Талиева¹ в Петроград и Воронеж, им связаны отношения с Петроградской Природоохранительной комиссией и Русским географическим обществом и выяснено положение дела охраны природы как в Воронежской губ., так и Донской области. И тут и там намечены местные деятели, к которым Комитет обратился с предложением организовать местные силы для охраны природных научных ценностей.

Путешественнику П. К. Козлову², командирован-

ному в Сибирь Русским географическим обществом, Комитет дал поручение завязать сношения с научными центрами Сибири и осведомить их о задачах Комитета... Комитет собрал уже некоторый материал по положению дела охраны природы на местах и устанавливает связь между своей работой и работой местных сил. Учреждение заповедников началось с обсуждения Забайкальского заповедника, которому были посвящены несколько заседаний... Делом государственной важности признана защита единственного в России и всемирно известного зоопарка (заповедника) Аскания-Нова... Установлено, что учреждение заповедника на Кубани является весьма нужным... Решено учредить Лактинский заповедник под Петроградом и на днях ожидается поступление полных данных по этому вопросу от председателя Природоохранительной комиссии в Петрограде...

Охрана природы может быть осуществлена двояким образом: непосредственным запретом уничтожать те или иные ценности и воспитанием сознания всей важности этой охраны как для научных, так и для практических интересов страны. Второй путь не менее важен, чем первый, ибо никакие, самые строгие меры, не будут иметь успеха там, где население относится к ним враждебно. С целью организации пропаганды дела защиты природы Комитет предлагает учредить Музей охраны природы и поручил разработку проекта этого учреждения проф. В. И. Талиеву. Пропаганда идей охраны природы ведется и посредством слова...

Таким образом, Комитетом начаты следующие работы: организация природоохранительных органов в центре и на местах и сбор материалов по этому вопросу; организация на местах охраны природных ценностей в губерниях — Московской, Петроградской, Архангельской, Кубанской, в Мурманских лесах, в губерниях — Смоленской, Курской, Воронежской, Донской, Симбирской, Пензенской, Таврической и в Забайкалье; организация пропаганды идей охраны

природы, для чего приступлено к организации музея, к сбору фотографий, популярной литературы и к выработке систематического плана публичных заседаний и лекций, посвященных вопросам охраны природы. Деятельность Комитета растет параллельно распространению в стране сведений о существовании центрального органа, ведающего делом охраны природы. Потребность в таком органе живо чувствуется на местах. Но деятельность Комитета не могла до сих пор развиться настолько широко, насколько этого требует современное положение России, накануне предстоящих ей гигантских перемен в методах использования ее природных богатств. Препятствием к этому до сих пор было, во-первых, недостаточно выясненное правовое положение Комитета, во-вторых, отсутствие материальных средств. Устав Комитета утвержден Научным сектором, он должен быть только еще на днях рассмотрен коллегией Наркомпроса и затем будет представлен Совнаркому. Только после утверждения его Центральной властью и получения средств из сметы 1921 г., Государственный Комитет будет иметь возможность приняться за выполнение стоящих перед ним широких жизненных задач³.

³ ЦГА РСФСР, ф. 2307, оп. 3, д. 4, лл. 18—19 об.

Публикация В. М. Хрусталева.

¹ Талиев Валерий Иванович (1872—1932) — советский ботаник. С 1917 г. профессор Петровской сельскохозяйственной академии (ныне Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева).

² Козлов Петр Кузьмич (1863—1935) — выдающийся советский исследователь Центральной Азии.

Некоторые проблемы оптики

И. М. Франк



Илья Михайлович Франк, академик, директор Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна), заведующий Лабораторией атомного ядра Института ядерных исследований АН СССР. Основные научные работы посвящены физической оптике и ядерной физике. В «Природе» опубликовал статьи: Некоторые новые аспекты нейтронной оптики (1972, № 9); К шестидесятилетию открытия закона смещения (1973, № 10). Лауреат Государственных премий СССР (1946, 1954, 1971) и Нобелевской премии (1958).

Вряд ли есть необходимость говорить, что Эйнштейн оказал на физиков нашего поколения огромное влияние. Размышляя об этом, я обратился к четырехтомному собранию научных трудов Эйнштейна, изданных на русском языке в серии «Классики науки». Это чтение принесло мне чувство радости, восхищения и вместе с тем понимание того, что многие из близких мне результатов могут служить иллюстрацией к основополагающим работам Эйнштейна или же полезны для их обсуждения.

Статья озаглавлена «Некоторые проблемы оптики». В ней обсуждаются две проблемы — вопрос о скорости, превышающей скорость света, и эффект Доплера в преломляющей среде в его классической и квантовой интерпретациях. Обе проблемы органически связаны со знаменитыми работами Эйнштейна 1905 г. — работой, в которой была сформулирована

теория относительности¹, и работой, заложившей основы квантовой теории излучения². Вклад Эйнштейна в развитие проблем оптики, разумеется, значительно шире того, что содержится в статье.

ВЫВОДЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Два своих теперь широко известных постулата теории относительности Эйнштейн формулирует так: «...для всех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, справедливы те же самые электродинамические и оптические законы... Это предположение (содержание которого в дальнейшем будет называться «принципом относительности»), мы намерены превратить в предпосылку и сделать, кроме того, добавочное допущение, находящееся с первым лишь в кажущемся противоречии, а именно, что свет в пустоте распространяется с определенной скоростью c , не зависящей от состояния движения излучающего тела»³. Пожалуй, самое поразительное в этой работе то, как

В основу статьи положены доклады, прочитанные 2 марта 1979 г. в Берлине на сессии Академии наук ГДР и Физического общества ГДР и 28 марта 1979 г. на сессии отделений Общей физики и астрономии и Ядерной физики АН СССР.

¹ Т. I, с. 7 («К электродинамике движущихся тел»). Здесь и далее приводятся ссылки на издание: Эйнштейн А. «Собрание научных трудов», тт. I—IV. М., 1965—1967.

² Т. III, с. 3 («Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света»).

³ Т. I, с. 7.

устраняется Эйнштейном это кажущееся противоречие. Нужна была гениальность Эйнштейна, чтобы заметить, что, казалось бы, очевидное понятие одновременности на самом деле требует определения. Для синхронизации часов в точках А и В, неподвижных относительно друг друга, он предлагает использовать обмен между ними световыми сигналами. Необходимое для этого время прохождения светового сигнала тем больше, чем больше расстояние между точками А и В; время может служить мерой расстояния и наоборот.

Следует отметить, что Эйнштейн нигде в первой работе не утверждает, что скорость света в пустоте c есть предельная, превышение которой невозможно. Он обсуждает этот вопрос позже, в 1907 г., используя закон сложения скоростей. Если в какой-либо системе координат возможно получить сигнал, распространяющийся со скоростью V , превышающей скорость света c , то, наблюдая этот сигнал в системе координат, убегающей от него со скоростью U , меньшей c , можно, как следует из теоремы сложения скоростей, получить отрицательное время прохождения сигнала. «Этот результат,— пишет Эйнштейн,— показывает, что мы вынуждены считать возможным механизм передачи сигнала, при использовании которого достигаемое действие предшествует причине. Хотя этот результат с чисто логической точки зрения и не содержит, по-моему, в себе никаких противоречий, он все же настолько противоречит характеру всего нашего опыта, что невозможность $V > c$ представляется в достаточной степени доказанной»⁴.

Подчеркнем: в этом рассуждении очень существенно то, что V — именно скорость распространения сигнала.

Если теперь, через 70 лет после того, как это было сказано, задать вопрос: возможна ли скорость, превышающая скорость света,— то ответ обычно бывает таков: невозможна скорость, большая скорости света c в пустоте, но вполне возможна скорость, превышающая скорость света в преломляющей среде. Именно этот случай, как известно, осуществляется в эффекте Вавилова — Черенкова.

Такой ответ, по крайней мере, неполон. Стоит остановиться на этом вопросе подробнее.

ПРИМЕР СВЕРХСВЕТОВОЙ СКОРОСТИ

В действительности возможны скорости, превышающие скорость света c . Так, вместо частицы, движущейся, например, из точки А в точку В, можно рассматривать световой импульс, бегущий вдоль прямой АВ. Нетрудно убедиться, что при этом отпадают какие-либо ограничения в величине скорости. В самом деле, предположим, что в вакууме из некоторой точки С, удаленной от АВ, испускается короткий световой

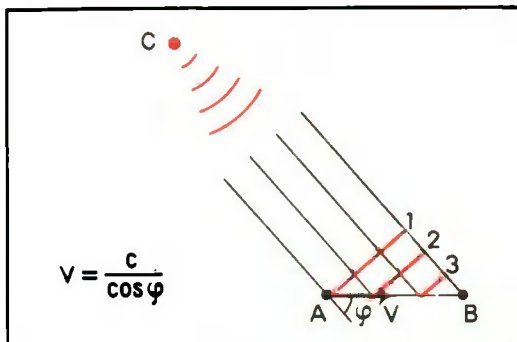


Рис. 1. Короткий световой импульс, испускаемый из удаленной точки С, достигнув точки А, бежит вдоль прямой АВ со скоростью $V > c$.

импульс. В случае, показанном на рис. 1, он достигает сначала точки А (положение импульса 1), а затем побежит от А к В со скоростью $V = c / \cos \varphi$ (положения 2 и 3). Таким образом, скорость его распространения больше c и тем больше, чем ближе φ к $\pi/2$.

При $\varphi = \pi/2$, т. е. при нормальном падении света, скорость V становится бесконечно большой — в А и В световой сигнал приходит одновременно. И можно с его помощью одновременно синхронизировать часы в обеих этих точках. При этом световой импульс, бегущий по плоскости от А к В, совершенно реален. В этом легко убедиться, поместив, например, на пути от А к В рассеиватели света. Попадание в них светового импульса будет сопровождаться излучением из этих точек световых вспышек. В этом случае нет, в сущности, различия с частицей, движущейся от А к В и излучающей свет.

⁴ Там же, с. 76.

Противоречит ли Эйнштейну то, что при этом скорость V больше скорости c ? Противоречит ли Эйнштейну то, что часы в A и B , независимо от расстояния между ними, можно синхронизировать сколь угодно быстро и даже мгновенно? Прежде всего, легко убедиться, что здесь нет противоречия с теорией относительности, так как ею запрещена не скорость, большая c , а только скорость распространения сигнала, превышающая скорость света в пустоте. В данном же случае импульс, приходящий в B , никакой инфор-

свой знак, так что световой импульс победит от B к A (рис. 2в). При этом легко убедиться, что трансформация V происходит в точном согласии с релятивистским законом сложения скоростей V и U , что, разумеется, не случайно. Мы получаем в соответствии со сказанным те же следствия, которые получил Эйнштейн для V , большего c . Если бы попадание импульсов в A и B можно было рассматривать как сигнал, выходящий из A (причина), а приходящий в B как следствие, то изменение знака V' означало бы, что следствие предшествует

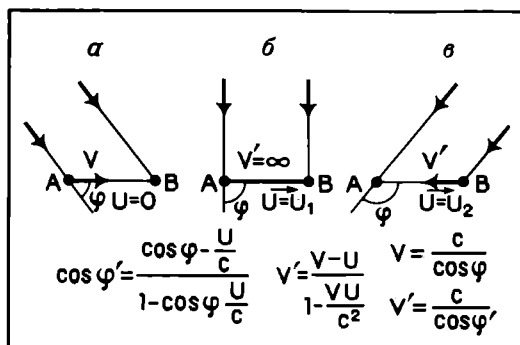


Рис. 2. В отличие от рис. 1, отрезок AB движется со скоростью U (рис. б и в). Тогда в результате абберации света угол φ превращается в φ' (см. на рисунке релятивистскую формулу, связывающую $\cos \varphi$ с $\cos \varphi'$). Углы φ' соответствует скорость распространения импульса вдоль прямой AB , равная V' . При $U=U_1$ величина $V'=\infty$ (угол $\varphi'=\pi/2$), а при $U=U_2$ величина V' отрицательна. Последовательность событий в этом случае меняется — импульс приходит в B раньше, чем в A . Легко убедиться, что V' связано с V и U релятивистской формулой сложения скоростей.

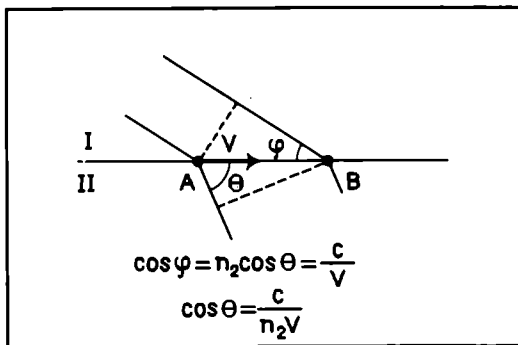


Рис. 3. Отрезок AB лежит на плоской границе раздела вакуума I и среды II с показателем преломления n_2 . Световой импульс, приходящий на границу раздела, создает преломленную волну под углом θ к поверхности. Нетрудно убедиться, что $\cos \theta$ связан со скоростью V тем же соотношением, что и характерный угол в излучении Вавилова — Черенкова.

мации о точке A не несет, и он не может рассматриваться как сигнал, идущий из A . Что касается возможности синхронизации часов, то она также не противоречит Эйнштейну.

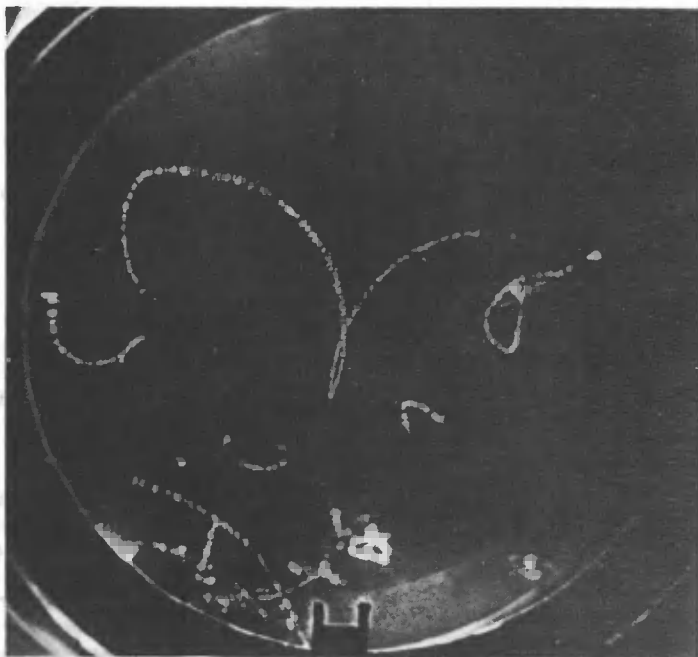
Вместе с тем V действительно имеет реальный смысл. Чтобы убедиться в этом, допустим, например, что отрезок AB движется со скоростью U вдоль своего направления, убегая от источника света (рис. 2а). Тогда, в силу абберации света, угол φ между направлением лучей и прямой AB изменится и превратится в φ' , а V в V' . Острый угол φ' может при $U=U_1$ стать прямым (рис. 2б), и тогда скорость V' делается бесконечной. При дальнейшем увеличении U до $U=U_2$ φ' превратится в тупой угол, и скорость V' изменит

причине — импульс в B возникает раньше импульса в A . Однако в данном случае скорость V , большая c , хотя и реальна, но не приводит к противоречию с законом причинности.

Рассмотрим другой пример, из которого также видно, что рассматриваемая скорость V имеет близкую аналогию со скоростью частицы⁵. Будем считать A границей раздела двух сред, плоскость которой перпендикулярна плоскости чертежа. Пусть преломляющая среда II с показателем преломления n_2 заполняет полупространство ниже границы AB , тогда свето-

⁵ Франк И. М. «Изв. АН СССР, сер. физ.», 1942, т. 6, с. 3.

Рис. 4. Фотография электрон-позитронной пары, возникшей под действием γ -лучей с энергией фотонов 1,6 МэВ (снимок в камере Вильсона, полученный Л. В. Грошевым и И. М. Франком).



вой импульс из С, бегущий вдоль границы раздела, приведет к появлению преломлений волны в среде II, идущей под углом θ к границе раздела (рис. 3). При этом $\cos \theta$ удовлетворяет такому же соотношению, как и характерный угол эффекта Вавилова — Черенкова для частицы со скоростью V (см. рис. 3). Однако, если в эффекте Вавилова — Черенкова скорость всегда меньше c , то здесь она может быть любой. Круг вопросов, связанных со сверхсветовыми скоростями, привлек внимание и был недавно детально обсужден⁶. Из сказанного видно, насколько существенно утверждение Эйнштейна о том, что ограничения накладываются только на скорость распространения сигнала, которая не может превышать c .

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ И КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

В 1905 г. Эйнштейном был получен и еще один важнейший результат, в сущности, завершивший создание специальной

теории относительности, а именно: установление закона пропорциональности величин энергии и массы,⁷ знаменитого соотношения $E=mc^2$. Эйнштейн рассматривает в связи с этим очень простой мысленный опыт, в котором впервые применяет к процессам излучения света законы сохранения энергии и импульса: покоящийся излучатель испускает в противоположные стороны две равные порции энергии. Очевидно, что свет уносит импульс, равный нулю, и излучатель остается покоящимся. В движущейся системе координат он будет иметь ту же скорость, какую имел бы излучатель, не испустивший света. При этом, однако, его кинетическая энергия должна быть иной, а это возможно, только если неодинаковы их массы. Из такого рассмотрения, использующего закон сохранения энергии, однозначно следовало, что энергия света E унесла с собой массу m такую, что $E=mc^2$.

Этому результату, полученному в 1905 г., Эйнштейн придает, несомненно, очень большое значение, и в 1906—1907 гг. он вновь посвящает ему статьи, чтобы обобщить предположение о том, что закон $E=mc^2$ является универсальным⁸.

⁶ Болотовский Б. М., Гинзбург В. Л. «УФН», 1972, т. 106, с. 577; Гинзбург В. Л. Теоретическая физика и астрофизика (дополнительные главы). М., 1975.

⁷ Т. I, с. 36.

⁸ Там же, с. 39 и 58.

Следует отметить, что законы сохранения энергии и импульса Эйнштейн считал настолько фундаментальными, что вытекающее из них соотношение $E=mc^2$ для него было несомненным, хотя проверить его экспериментально в то время еще не представлялось возможным. Нельзя было ожидать, что менее чем через три десятилетия практическое применение этого закона станет необходимым для ядерной физики. Это выяснилось после того, как появилась возможность изучать процессы, происходящие с отдельными частицами веще-

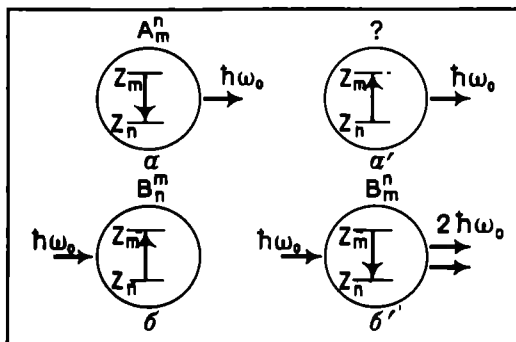


Рис. 5. Иллюстрация к эйнштейновским коэффициентам вероятностей переходов А и В. В кружках указаны соответствующие им квантовые переходы. Коэффициент A_n^m отсутствует (знак вопроса над кружком справа).

ства. В частности, были исследованы электромагнитные процессы, в которых вся масса частиц возникает за счет массы фотона. На рис. 4 показан случай рождения пары из электрона и позитрона, возникающих при исчезновении частицы света — фотона с энергией $E=2,6$ МэВ.

Для дальнейшего существенно, что законы сохранения энергии и импульса Эйнштейн применил в своей квантовой теории излучения. Он показал, что в отличие от случая, когда применимы классические представления, согласно которым излучаемая волна обычно распространяется во все стороны, вылет кванта света всегда направлен.

В замечательной работе 1916 г. «К квантовой теории излучения» курсивом выделена фраза: «Оказывается, что к непротиворечивой теории мы придем только в том случае, если все элементарные процессы будем считать полностью направленными»⁹. Отсюда следует, что: «В элемен-

тарном процессе спонтанного излучения молекула получает импульс отдачи, величина которого равна $h\nu/c$, а направление определяется, согласно современному состоянию теории, лишь «случайностью»¹⁰. Зная все это и пользуясь законами сохранения энергии и импульса, можно, в частности, из элементарного квантового рассмотрения получить и закон Доплера. Насколько я знаю, это было впервые сделано Э. Шредингером в 1922 г.¹¹

В работах Эйнштейна 1916 г. впервые были введены и использованы для вывода формулы Планка коэффициенты вероятностей перехода:

1) Спонтанного перехода A_m^n из состояния Z_m в энергетически более низкое Z_n , при котором излучается квант $h\nu$ (рис. 5а).

2) Индуцированного излучения, которое «...может вызывать с равным успехом как уменьшение энергии, так и приращение энергии»¹².

В первом случае испускается индуцированный фотон, и вероятность перехода пропорциональна B_m^n (падающий фотон рождает еще один фотон $h\nu$), т. е. вылетают два фотона (рис. 5б). Во втором случае фотон поглощается. Вероятность пропорциональна B_n^m (рис. 5б).

Существенно квантовыми Эйнштейн считает все три процесса уже потому, что переход происходит между двумя дискретными боровскими состояниями. Однако он не выделяет процесс индуцированного испускания фотона как чисто «квантовый», в отличие от того, как это обычно делается теперь. У него B_m^n и B_n^m равноправны. По этому поводу он пишет: «Если резонатор Планка находится в поле излучения, то энергия резонатора изменяется благодаря тому, что электромагнитное поле совершает над резонатором работу; эта работа может быть положительной или отрицательной, в зависимости от соотношения фаз резонатора и осциллирующего поля»¹³. К сожалению, об этой классической аналогии поглощения и индуцированного испускания теперь часто забывают¹⁴.

¹⁰ Там же, с. 406.

¹¹ Schrödinger E. «Phys. Zeitschr.», 1922, B. 23, S. 301.

¹² Т. III, с. 390.

¹³ Там же, с. 396.

¹⁴ Как отметил при обсуждении доклада Н. Г. Басов, это, вероятно, происходит потому, что в действительности аналогия не очень элементарна.

Обращает на себя внимание то, что для спонтанного процесса есть только коэффициент A_n^m , а коэффициента A_m^n нет (см. рис. 5а'). Различие с индуцированными процессами представляется очевидным — спонтанный процесс возможен только с выделением энергии, поскольку никакого внешнего воздействия, которое могло бы поставлять энергию, здесь нет. Однако это перестает быть очевидным, если представить себе, что источник излучения движется с очень большой скоростью в преломляющей среде и его кинетическая энергия много больше, чем энергия испускаемого кванта. Закон сохранения энергии в этом случае не будет нарушаться, так как кинетической энергии достаточно и для испускания фотона и для перехода $Z_n \rightarrow Z_m$. Почему же и всегда ли невозможно для спонтанного процесса наряду с коэффициентом A_n^m и коэффициентом A_m^n ? Ответ состоит в том, что кроме закона сохранения энергии должен быть удовлетворен и закон сохранения импульса. Не случайно Эйнштейн многократно и настойчиво подчеркивает важность для процессов излучения обоих этих законов.

Прежде всего, если применить совместно оба эти закона к движущейся частице, то легко убедиться, что при равномерном и прямолинейном движении заряда в вакууме со скоростью, меньшей скорости света, удовлетворить их одновременно нельзя. В соответствии с законами электродинамики при таком движении электрический заряд действительно не излучает света¹⁵. Иное положение имеет место для заряда, движущегося с достаточно большой скоростью в среде. Скорость излучателя здесь может быть больше и фазовой и групповой скорости света для какой-либо области частот. Процесс спонтанного излучения становится возможным¹⁶, и в самом деле появляется хорошо известное всем излучение Вавилова — Черенкова. Частица, излучая свет, теряет свою кинетическую энергию. Действительно, в этом случае из простых классических соображений следует, что электромагнитное поле волны, действующее на частицу, таково, что стремится ее затормозить. То же самое должно было бы быть и для частицы, дви-

жущейся в вакууме со скоростью, превышающей c , как впервые показал А. Зоммерфельд еще в 1904 г.¹⁷

Если же излучатель не имеет заряда, но обладает собственной частотой и движется в преломляющей среде, то при определенных условиях возникает так называемый аномальный эффект Доплера. В этом случае спонтанный переход с возбуждением, определяемый коэффициентом A_n^m , действительно становится возможным, и излучатель света также теряет кинетическую энергию.

ЭФФЕКТ ДОПЛера

К числу основных вопросов, рассмотренных в первой работе по теории относительности, относится и эффект Доплера. Эйнштейн считал эту проблему фундаментальной. Много позже, в 1916 г., в статье «К квантовой теории излучения» он пишет: «...какую бы форму ни принимала теория электромагнитных процессов, принцип Доплера и закон абберации во всяком случае сохраняются...»¹⁸

Если источник света движется в среде, заполненной веществом с показателем преломления $n(\omega)$, отличным от 1, то закон Доплера легко получить по аналогии со случаем вакуума из простых волновых соображений. Для релятивистской скорости закон Доплера имеет вид, представленный формулой на рис. 6а. Она соответствует случаю, когда движется источник света, имеющий собственную частоту ω_0 , а среда покоится. При этом θ — угол между лучом света и скоростью частицы, измеряемый в неподвижной системе координат, связанной со средой. Отличие этой формулы от случая вакуума лишь в том, что косинус в знаменателе дополнительно умножен на величину показателя преломления.

При этом в уравнение Доплера входит показатель преломления не для собственной частоты излучателя ω_0 , а для доплеровской ω' . Это обстоятельство в ряде случаев может приводить к существенным особенностям. Возможно, например, рас-

¹⁵ Чтобы убедиться в этом, достаточно перейти в систему координат, в которой частица покоится (такая система координат равноправна с исходной).

¹⁶ Гинзбург В. Л. «ЖЭТФ», 1940, т. 10, с. 584.

¹⁷ Sommerfeld A. «Götting. Nachricht.», 1904, B99, S. 368; Idem. 1905, B. 205; Тамм Иг. «Journ of Phys.», USSR, 1939, v. 1, p. 439.

¹⁸ Т. III, с. 402.

щепление доплеровской частоты на несколько компонент — так называемый сложный эффект Доплера¹⁹. Так как доплеровская частота ω' — величина существенно положительная, то необходимо выполнение неравенства рис. 6а. Спектр доплеровских частот, определяемый уравнением рис. 6а, называют нормальным. В нижней части рис. 6 а схематически показан механизм возникновения нормальных доплеровских частот. В излучателе, как и обычно, происходит спонтанный переход с уменьшением внутренней энер-

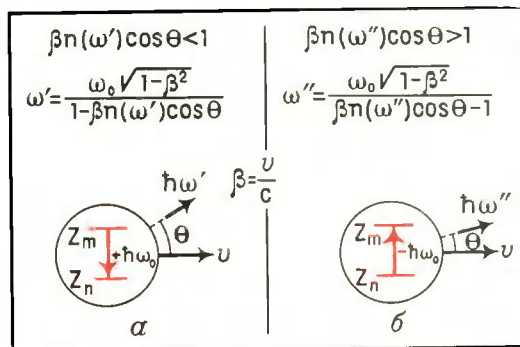


Рис. 6. Формулы Доплера для среды (источник света движется, а среда покоится). Нормальный эффект Доплера — слева, а аномальный — справа. Внизу показаны соответствующие возникновению нормальных и аномальных частот квантовые переходы.

гии на величину $\hbar \omega_0$, и при этом возникает фотон с энергией $\hbar \omega'$.

Для дальнейшего существенно, что уравнение рис. 6а не является единственным. В плотной среде с $n(\omega)$, большим единицы, и для релятивистской частицы возможен так называемый аномальный эффект Доплера, определяемый уравнением рис. 6б. Очевидно, чтобы в знаменателе уравнения рис. 6б стояла положительная величина, также необходимо выполнение неравенства, но уже обратного по сравнению с рис. 6а. Для появления аномального и сложного эффекта Доплера существенную роль играет не только фазовая, но и групповая скорость света. При этом излучатель не может полностью обгонять излучаемый им свет.

Нетрудно убедиться, что доплеровская частота при аномальном эффекте ве-

дет себя совсем необычным образом. В самом деле, мы привыкли, что движущийся источник света вперед излучает свет наиболее высоких частот (синее смещение в спектре), а назад — наиболее низких (красное смещение).

Для аномального эффекта Доплера эта зависимость иная. Так, в области спектра, в которой показатель преломления мало меняется, доплеровская частота с увеличением угла θ не уменьшается, а, наоборот, растет. Легко убедиться, что аномальный эффект Доплера, в отличие от нормального, возможен только для острых углов θ и что для каждой ω_0 , для которой он возможен, имеется пороговая скорость, необходимая для его возникновения. Забегая вперед, скажу, что при аномальном эффекте Доплера происходит спонтанное возбуждение излучателя на величину $\hbar \omega_0$ с испусканием фотона $\hbar \omega''$, как показано на рис. 6б.

Мы привыкли к тому, что если имеется осциллятор, излучающий свет, то создаваемое им электромагнитное поле должно действовать на него так, чтобы колебания затухали. Это естественно, так как излучение света уносит энергию, и, следовательно, по закону сохранения энергии должно происходить уменьшение энергии колебаний, т. е. их затухание. Однако заранее не очевидно, какова будет реакция поля на излучатель, если он движется быстрее, чем излучаемая им световая волна. Оказывается, это приведет к тому, что изменится и реакция поля на излучатель и возникнет сила, стремящаяся раскачивать его излучаемой им волной²⁰. Нетрудно убедиться в том, что здесь не возникает никаких противоречий с законом сохранения энергии. В самом деле, поле излучения при этом тормозит движущуюся частицу, и, следовательно, ее кинетическая энергия превращается как в энергию колебаний, так и в энергию излучения.

Природу эффекта Доплера легче всего выяснить, применив законы сохранения энергии и импульса к процессу испускания фотона движущимся в среде источником света. Такое рассмотрение, как уже отмечалось, — это элементарное следствие работ Эйнштейна. Если при квантовом рассмотрении допустить, что энергия излучаемого фотона мала по сравнению с кинетической энергией движения (что соответствует допущению, что движение происходит с постоянной скоростью), то, как

¹⁹ См. сноску 5.

²⁰ Гинзбург В. Л., Эйджман В. Я. «ЖЭТФ», 1959, т. 36, с. 1823.

и должно быть, получаются классические формулы Доплера. Для источника света, движущегося в преломляющей среде, не вполне элементарным является только вопрос о том, какой импульс следует приписать излучаемому им фотону. Оказалось, чтобы получить правильную величину импульса фотона в среде, следует величину импульса фотона в вакууме $\hbar\omega/c$ умножить на показатель преломления среды²¹.

Если излучатель света, испуская фотон, переходит из одного энергетического

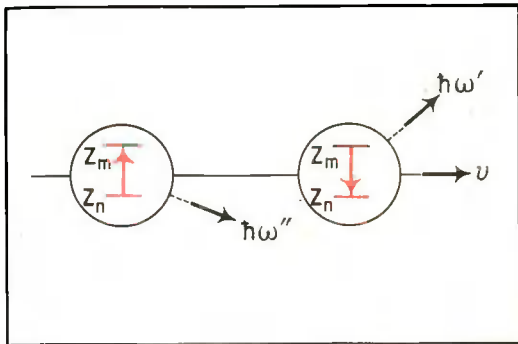


Рис. 7. Спонтанное излучение света в случае, когда возможен аномальный эффект Доплера. Испускание фотонов, соответствующих аномальному эффекту Доплера — $\hbar\omega''$ и нормальному — $\hbar\omega'$, следует друг за другом.

состояния в другое, то, в согласии с Эйнштейном, следует принимать во внимание, что происходит изменение массы покоя, меняющееся при заданной скорости и величину кинетической энергии. Из результатов рассмотрения однозначно получается, что нормальный эффект Доплера (формула рис. 6а) соответствует обычному для излучения процессу — спонтанному переходу из более высокого энергетического состояния в более низкое, отличающееся по энергии на величину $\hbar\omega_0$. Что касается аномального эффекта Доплера, то спонтанное излучение фотона $\hbar\omega''$ в самом деле сопровождается самовозбуждением, т. е. переходом в более высокое энергетическое состояние, отстоящее от исходного на величину $\hbar\omega_0$. Мы видим, таким образом, что в спонтанном излучении может быть существен не только эйнштейновский коэффициент A_m^n , но также и коэффициент A_n^m .

Однако это происходит лишь тогда, когда скорость излучателя превосходит фазовую скорость света для излучаемой частоты. Следует иметь в виду, что, хотя получаемые таким образом квантовые формулы для эффекта Доплера в среде не отличаются от классических (см. рис. 6), но их интерпретация при квантовом подходе иная. При классическом рассмотрении движущийся осциллятор излучает одновременно и нормальную и аномальную частоты (если они возможны). Реакция поля для нормальных частот стремится вызвать за-

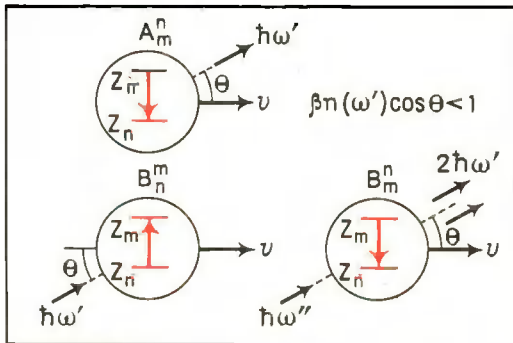


Рис. 8. Роль эйнштейновских коэффициентов А и В в случае нормального эффекта Доплера. Все происходит так, как указано Эйнштейном (рис. 5).

тухание колебаний осциллятора, а излучение аномальных частот — их раскачку. С квантовой точки зрения, эти процессы не одновременны, а происходят последовательно: например, происходит спонтанное возбуждение излучателя с излучением аномальной частоты, а затем спонтанный переход в нижнее состояние с излучением нормальной частоты (рис. 7) и т. д. Источником энергии является кинетическая энергия движения, которая должна при этом уменьшаться.

К сказанному следует добавить несколько слов об эйнштейновских коэффициентах B_m^n и B_n^m для вынужденных процессов. Процесс поглощения света при одинаковых ω и θ должен вызывать обратный по сравнению с испусканием света переход. Отсюда следует, что мы получим разные результаты в зависимости от того, воздействует ли на движущийся излучатель фотон $\hbar\omega'$, соответствующий нормальному процессу, или фотон $\hbar\omega''$, соответствующий аномальному процессу. В первом слу-

²¹ См. сноску 16.

чае (рис. 8) все происходит так, как это указано Эйнштейном. При поглощении фотона происходит возбуждение, а при индуцированном испускании фотона имеет место переход в нижнее состояние. В случае аномального процесса, как мы видели при спонтанном излучении, происходит возбуждение излучателя (рис. 9) и, следовательно, при поглощении фотона $\hbar\omega$ должен происходить переход из верхнего состояния в нижнее. Что касается индуцированного испускания фотона, то оно, наоборот, должно сопровождаться возбуж-

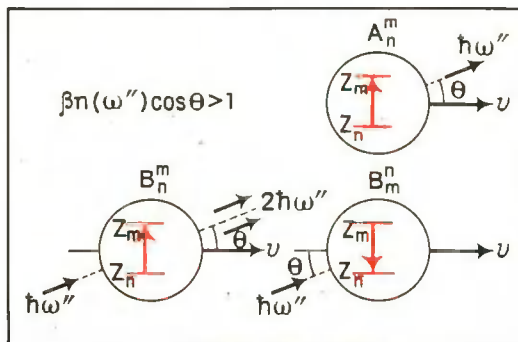


Рис. 9. Роль эйнштейновских коэффициентов A и B в случае аномального эффекта Доплера. В отличие от привычного, спонтанное излучение определяется коэффициентом A_n^m , что касается коэффициентов B , то их роли меняются местами. Коэффициенту B_n^m соответствует поглощение, а B_m^n — вынужденное испускание света [ср. с рис. 5].

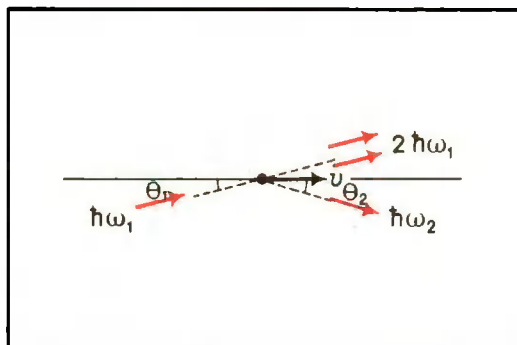


Рис. 10. Аномальное рассеяние света на частице, движущейся в преломляющей среде. Падающий фотон $\hbar\omega_1$ вызывает индуцированный фотон, и, кроме того, возникает рассеянный фотон $\hbar\omega_2$. Соответствующий этому спонтанный процесс — одновременное испускание фотонов $\hbar\omega_1$ и $\hbar\omega_2$ (двухфотонный эффект Вавилова — Черенкова). В обоих случаях необходимо, чтобы было $\beta n(\omega_1) \cos \theta_1 < 1$ и $\beta n(\omega_2) \cos \theta_2 > 1$ или наоборот.

дением. Таким образом, роль эйнштейновских коэффициентов B_n^m и B_m^n взаимно меняется местами, как это показано на рис. 9.

Можно ожидать и другие особенности в свойствах источников света, движущихся в среде. Так, при рассеянии света заряженной частицей, движущейся в среде, кроме рассеянного фотона $\hbar\omega_2$, возможно появление и индуцированного фотона. При этом падающий фотон $\hbar\omega_1$ превращается в два фотона (рис. 10). Этому индуцированному процессу соответствует спонтанный, при котором одновременно испускаются два фотона $\hbar\omega_1$ и $\hbar\omega_2$. Квантовое рассмотрение показывает, что такое излучение Вавилова — Черенкова с испусканием сразу двух фотонов возможно,²² хотя экспериментально пока не изучено.

Возвращаясь к проблеме возможной скорости движения, мы можем сказать следующее: невозможно, чтобы обычная частица обладала скоростью, большей скорости света в пустоте, однако в среде возможно движение со скоростью, большей фазовой скорости волн. Тем не менее природа не полностью снимает свой запрет. В самом деле, на примере эффекта Вавилова — Черенкова и аномального эффекта Доплера мы видим, что при этом всегда возникает спонтанное излучение. Поскольку на излучение затрачивается кинетическая энергия, то, следовательно, при сверхсветовой скорости движение перестает быть свободным, оно тормозится,

²² Франк И. М. «Ядерная физика», 1968, т. 7, с. 1100.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Эйнштейн А. СОБРАНИЕ НАУЧНЫХ ТРУДОВ, тт. I—IV. М., 1965—1967.

Гинзбург В. Л. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И АСТРОФИЗИКА (дополнительные главы). М., 1975.

Франк И. М. ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ, ДВИЖУЩИХСЯ В СРЕДЕ СО СВЕРХСВЕТОВОЙ СКОРОСТЬЮ. — «Успехи физических наук», 1946, т. 30, с. 149.

Черенков П. А., Тамм И. Е., Франк И. М. НОБЕЛЕВСКИЕ ЛЕКЦИИ. М., 1960.

Как исчезли динозавры?

Л. П. Татаринов



Леонид Петрович Татаринов, член-корреспондент АН СССР, директор Палеонтологического института АН СССР. Палеонтолог. Работает над общими проблемами эволюционной теории, в частности над проблемами морфо-физиологического прогресса, статуса переходных групп, монофилии и полифилии, различными аспектами соотношения систематики и эволюции.

Динозавры, несомненно, наиболее популярная группа ископаемых животных. Принято считать, что динозавры — это гигантские и в большинстве своем весьма кровожадные рептилии, обитавшие на Земле в мезозойскую эру, примерно 100 млн лет назад. В те далекие времена они безраздельно владели Землей от Арктических областей до Антарктических и не имели конкурентов из других групп животных. Исчезли динозавры в самом конце мелового периода, и тогда на Земле широко расселились млекопитающие и птицы. Древнейшие представители и тех и других были современниками динозавров, но, как часто полагают, только исчезновение динозавров, образно говоря, расчистило арену для этих классов современных позвоночных.

Все эти утверждения верны лишь отчасти. Палеонтологи и зоологи знают, что динозавры были весьма разнообразными животными и лишь одна большая группа их вела хищнический образ жизни. Интересно, что хищные динозавры передвигались на двух ногах. Двуногими были и многие растительноядные динозавры, в частности гадрозавры, или утконосые, с уплощенной передней частью челюстей, отдаленно напоминающей гигантский утиный клюв. Но в отличие от птиц, задняя часть челюстей у гадрозавров была покры-

та многочисленными (около тысячи) многорядными зубами, образующими единую «батарейку» с острым режущим краем. Остальные динозавры передвигались на четырех ногах, среди них — панцирные динозавры, или анкилозавры, покрытые панцирем из костных пластинок, рогатые динозавры, или цератопсы, и, наконец, завроподы, самые гигантские животные, когда-либо обитавшие на Земле, достигавшие в длину 30—35 м и веса до 50 т. Среди завропод встречались и более крупные экземпляры: так, из нижнего мела Австралии известны позвонки завропода длиной 1 м, описанного под названием «австрозавр». Однако далеко не все динозавры были гигантами. Так, длина верхнеюрских компсогнатов и микроренаторов была не более 60 см, а череп — не длиннее 8—9 см; в Монголии найдены молодые особи протоператопсов и гадрозавров с черепом длиной всего 5—6 см.

Хотя многообразие динозавров отмечается постоянно, время от времени появляются гипотезы, придающие всем динозаврам значительную физиологическую общность и привязывающие все их группы к жизни в сходных или почти одинаковых физико-географических условиях.

Мы остановимся здесь на взглядах И. Вильфарта (1947) и получившей широкое



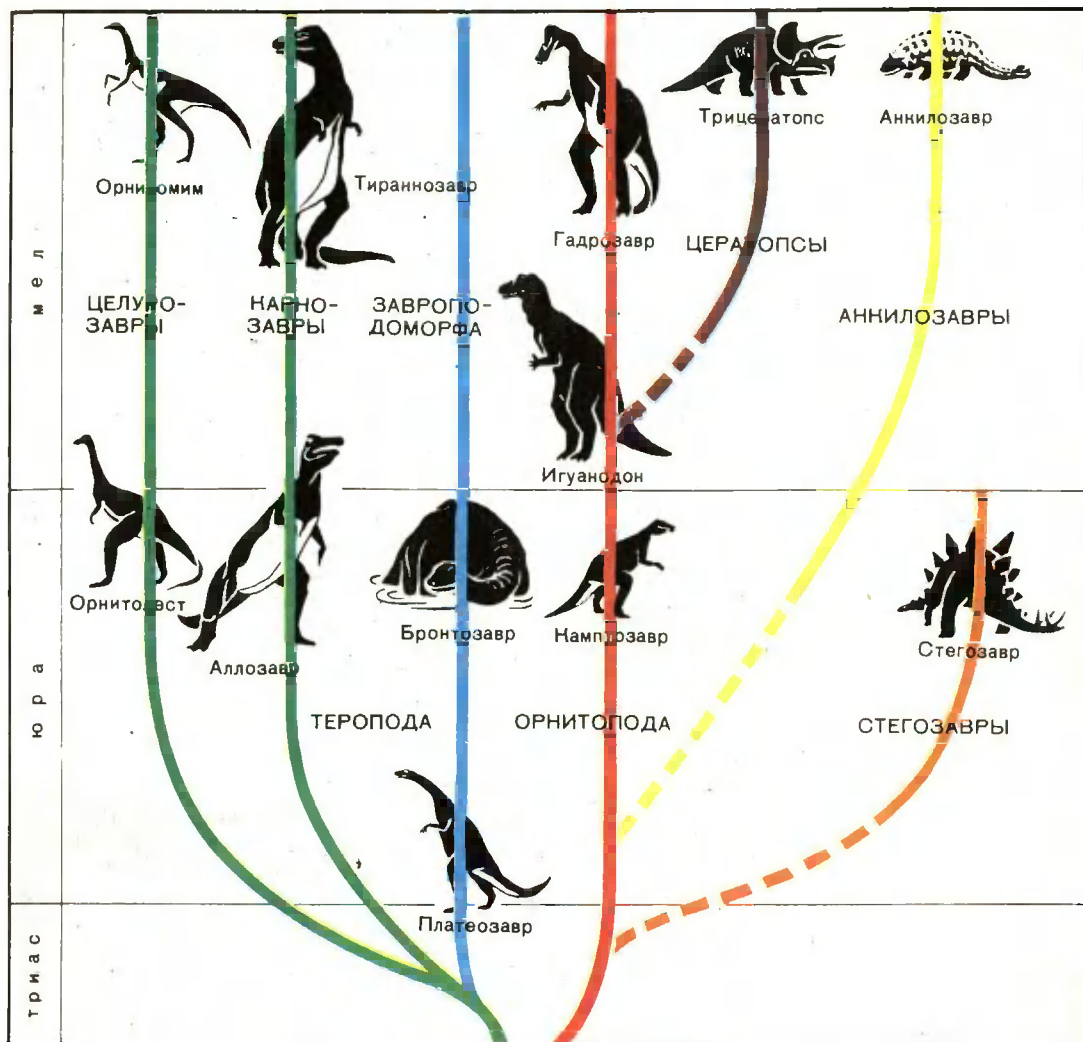
Игуанодон на фоне характерного нижнемелового ландшафта.

распространение в последние годы гипотезе Р. Бэккера (1970—1976).

Вильфарт дал одновременно и остроумную гипотезу об образе жизни динозавров, и о причинах их вымирания¹. Он предположил, что все динозавры обитали на литорали (в приливно-отливной зоне)

древних морей мезозойской эры. Для мезозоя в общем было характерно относительно низкое расположение материков и слабые горообразовательные процессы, прибрежная зона большинства морей была равниной, лишенной гор. Если и сейчас в некоторых равнинных областях тропического пояса, например в Индонезии, внутренние моря как бы постепенно переходят в сушу, а приливно-отливная зона распространяется в глубину, то в мезозое такие переходные между сушей и морем ландшафты занимали значительную поверхность. В те годы, когда Вильфарт создавал свою гипотезу, было распространено убеждение, что Луна сравнитель-

¹ Wilfarth M. Die Lebensweise der Dinosaurier. Stuttgart, 1949.

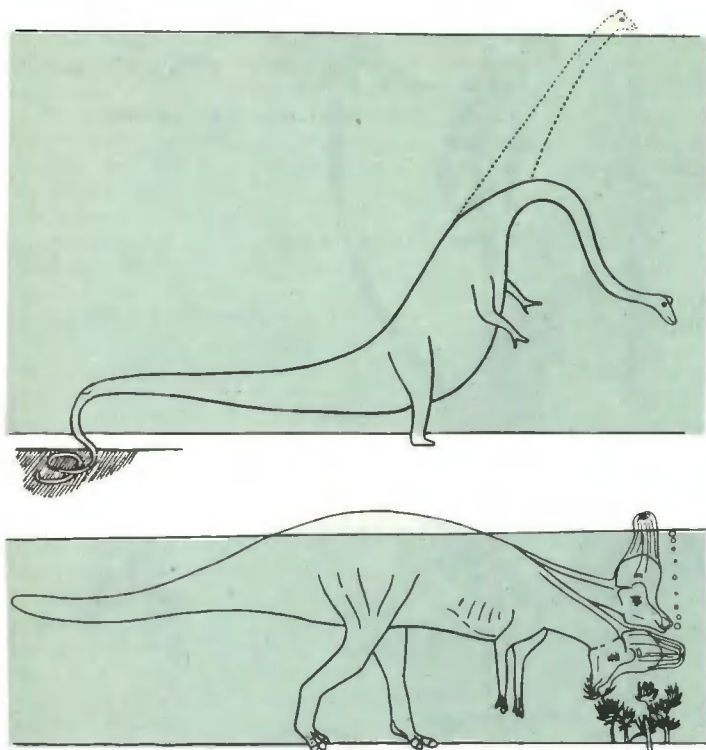


Филогенетическое дерево динозавров.

но недавно отделилась от Земли, оторвавшись от той ее области, где теперь расположен Тихий океан (сейчас доказано, что возраст Луны почти такой же, как возраст Земли). По расчетам, сделанным сторонниками этой гипотезы, в мезозое Луна обращалась по орбите, значительно более приближенной к Земле, чем сейчас. Это должно было сказаться на увеличении силы и высоты приливных волн. При таких условиях приливные волны затапливали,

возможно, многие сотни тысяч квадратных километров суши. Вот к жизни в этой необычной зоне и приспособились, по Вильфарту, динозавры. С удалением Луны от Земли и началом альпийского горообразования зона жизни динозавров резко сократилась, что и послужило причиной их вымирания.

При всей фантастичности построений Вильфарта, нельзя не отметить, что он с необычайным искусством выделил в строении самых различных динозавров особенности, указывающие на их возможную приспособленность к жизни в воде или, во всяком случае, к плаванию. Предположения об амфибиотическом образе жизни гигантских динозавров — завропод



Реконструкции И. Вильфарт. Вверху — завропод с «заякоренным» хвостом; внизу — питающийся гадрозавр.

высказывались и раньше. Многие авторы полагают даже, что столь тяжеловесные существа не могли свободно передвигаться по суше. Действительно, слабое окостенение суставных поверхностей костей конечностей этих динозавров трудно совместить с их огромным весом. Из особенностей, непосредственно указывающих на приспособление к жизни в воде, можно отметить положение ноздрей, сдвинутых с конца морды далеко назад и вверх в межглазничную область, и очень длинный и высокий, сжатый с боков хвост, который мог служить органом плавания. В отличие от своих предшественников Вильфарт, однако, населяет завроподами значительно более глубокую зону морей. На его реконструкциях завроподы были полностью покрыты водой, и, чтобы подышать, им приходилось вытягиваться на задних конечностях или даже опираться на кончик хвоста, которым, по мнению Вильфarta, завроподы «заякоривались» в илистом дне. Сила течения помогала динозаврам приподниматься; при необходимости же подъемный эффект течения преодолевался действием тазовых мышц, опускающих тело. Вильфарт также обратил внимание, что слабые и немногочисленные зубы гигант-

ских завропод были плохо приспособлены для обгладывания ветвей и листьев деревьев — типу питания, который им обычно приписывали. Завроподы могли питаться лишь относительно мягкой пищей, к тому же, крайне обильной — иначе при маленьких размерах головы им было бы трудно прокормиться. Вильфарт полагал, что завроподы питались массовыми скоплениями морских донных животных (черви, мелкие моллюски, морские лилии). Сходный скепсис к идее о растительности завропод высказывал и И. А. Ефремов, предположивший, что основную пищу завропод составляли массовые скопления планктона, возможно, планктонная икра и какие-то студенистые водоросли.

Другим динозаврам Вильфарт приписывал жизнь в затопляемой зоне берегов или даже в прибрежной зоне морей. На первом месте здесь следует упомянуть гадрозавров, в строении которых действительно имеются приспособительные признаки к амфибиотической жизни (плавательная перепонка на кисти, уплощенный и сжатый с боков хвост). Но и гадрозавров Вильфарт поселял на значительно большей глубине, чем это делают другие исследователи. По его мнению, ноздри у

гадрозавров открывались на вершине гребня или рога, венчающего голову. Это давало им возможность уходить на глубину пяти—шести метров, не опасаясь за дыхание, и питаться под водой. Это предположение ошибочно, но не беспочвенно — оно основано на том, что у гадрозавров гребень обычно связан желобками с ноздрями, а у так называемых шлемоголовых гадрозавров в этом гребне заключена полость, сообщаемая с носовой. Значение всех этих устройств понять нелегко. Полагают, что пустоты в гребне могли быть дополнительными отделами носовой полости или что заключенный в них воздух при погружении образовывал воздушную пробку, затрудняющую проникновение воды в обонятельный тракт, но в любом случае ноздри должны были открываться у гадрозавров на конце морды, а не на гребне. Вильфарт считал, что такие сухопутные динозавры, как игуаподонты, анкилозавры и цератопсы, обитали подобно современным бегемотам на неглубоких местах. Хищных динозавров, мелкие представители которых производят впечатление исключительно подвижных животных, Вильфарт поселял на литорали: при отливе они подбегали оставшихся на мели морских животных, а в прилив спасались от волны бегством. Крупные хищные динозавры при случае нападали на вышедших на берег цератопсов и анкилозавров и т. д.

Работы Вильфарта были довольно прохладно встречены специалистами, но тем не менее они оказали значительное влияние на взгляды последующих исследователей. Его схему распределения динозавров по жизненным зонам использовал в 1954 г. И. А. Ефремов, который, правда, сместил места их обитания с глубин на сушу, что сделало построения Вильфарта значительно более убедительными. К гипотезе об амфибиотическом образе жизни тех или иных динозавров вновь и вновь возвращаются различные палеонтологи, в отношении же завропод и гадрозавров такие взгляды почти общеприняты. Теперь все же полагают, что завроподы и гадрозавры были в значительно меньшей степени связаны с водой, чем это думал Вильфарт.



В основе гипотезы Бэккера о теплокровности динозавров лежит убеждение, что динозавры физиологически настолько резко отличались от типичных рептилий, что все представления, основанные на сравнении с современными пресмыкающимися,

ошибочны. По мнению Бэккера, динозавров правильнее сравнивать с млекопитающими и крупными нелетающими птицами типа страусов². Он полагает, что динозавры были подвижными теплокровными животными с очень высоким уровнем обмена веществ. Свою мысль Бэккер иллюстрирует оригинальными и очень экспрессивно выполненными реконструкциями, на которых динозавры изображены безудержно активными и, как правило, крайне агрессивными животными, передвигающимися, как и крупные бегающие млекопитающие, на вертикально ориентированных конечностях. По мнению Бэккера, даже гигантские и тяжеловесные завроподы отличались весьма быстрым бегом.

Бэккер обосновывал свои взгляды не только реконструкциями. Большое значение он придавал резкому преобладанию численности растительноядных динозавров над хищными в большинстве крупных местонахождений меловых динозавров Северной Америки. Подобные соотношения характерны для современных биоценозов, включающих крупных хищных (лев, тигр) и растительноядных (копытные) млекопитающих. Бэккер указывает, что такие соотношения свидетельствуют в пользу теплокровности динозавров, поскольку теплокровному активному хищнику нужно значительно больше мяса, чем холоднокровному хищнику. Идею теплокровности динозавров поддержал также А. Де-Рикле (1970—1977), который обнаружил значительное сходство микроскопического строения костей динозавров и теплокровных позвоночных — птиц и млекопитающих, свидетельствующее, в частности, о большой скорости роста всех этих форм и об отсутствии у них сезонной цикличности роста, свойственной холоднокровным животным. Наконец, Дж. Фарлоу, К. Томпсон и Д. Рознер в 1976 г. предположили, что костные выросты на теле некоторых динозавров (стегозавра, в частности) могли быть эффективными органами теплоотдачи, поскольку они значительно увеличивали поверхность животного.

Нетрудно видеть, что большинство аргументов Бэккера и его сторонников носят характер косвенных доказательств и легко уязвимы для критики. Отметим

² Bakker R. T. Dinosaur physiology and origin of mammals.— «Evolution», 1971, v. 25, p. 636.

прежде всего, что вполне прямоходящими были, по-видимому, только двуногие динозавры; попытки поставить конечности завропод и цератопсов в вертикальное положение приводят к их выходу из суставов. Соотношения численности ископаемых позвоночных во многом зависят от условий формирования местонахождений и могут резко отличаться от действительных. Так, на территории Монголии в местонахождениях верхнего мела (например, в Бугэн-Цаве) чаще преобладают хищные формы над растительноядными. Сами биоценозы динозавров — не замкнутые системы, поскольку молодое динозавров служила пищей для самых различных форм. В современных биоценозах среди холоднокровных позвоночных численность хищника (например, ужа) может, как и у теплокровных, значительно уступать численности жертвы (например, лягушек). Терморегулирующая функция костных выростов довольно сомнительна, поскольку из всех видов живых тканей кость обладает чуть ли не худшей теплопроводностью, уступая в этом отношении лишь жировой ткани, шерсти и оперению.

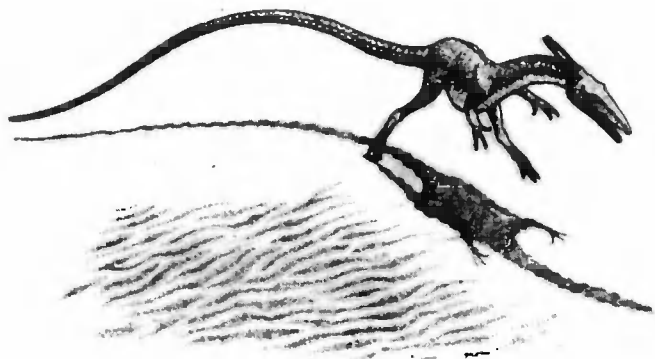
Тем не менее косвенный характер всех аргументов «за» и «против» теплокровности динозавров придал дискуссии нескончаемый характер, и до сих пор в нее вовлекаются все новые авторы и все новые выводы. Так, М. И. Будыко в 1978 г. подсчитал, в частности, что если бы гигантские завроподы действительно были бы теплокровными и питались бы, как и жирафы, листьями и ветвями деревьев, то они должны были бы потреблять пищи в 30 раз больше этих млекопитающих. Обращая внимание на то, что жирафы большую часть суток проводят за едой, Будыко справедливо заключает, что такой образ жизни для завропод в случае их теплокровности был бы невозможным.

А. Рассели отметил, что у мелких хищных динозавров — целурозавров — головной мозг по относительным размерам приближался к птичьему и что по крайней мере хищные динозавры и в этом отношении резко выделяются над обычными рептилиями, что позволяет говорить об их физиологическом сходстве с птицами. Однако специальный анализ всех имеющихся данных о размерах головного мозга у динозавров показал, что у завропод, анкилозавров и стегозавров его относительная величина (с учетом закономерностей аллометрического роста) значительно ниже, чем у современных рептилий, у цератопсов и орнитопод — пример-

но такая же и только у хищных динозавров — значительно выше обычной для рептилий. У некоторых целурозавров коэффициент энцефализации (отношение наблюдаемого размера мозга к ожидаемому для рептилий соответствующей величины) достигает 5,80, и они по этому признаку не уступают археоптериксу. Следует отметить только, что объем черепной полости, по которому рассчитывают размеры мозга динозавров, у рептилий может значительно превосходить объем головного мозга. Подводить итоги продолжающейся еще дискуссии рано. По нашему мнению, подавляющее большинство динозавров были холоднокровными животными, а завроподы и анкилозавры, к тому же, и мало активными. Однако в эволюции других групп динозавров происходило определенное увеличение активности, а наиболее активные хищные динозавры по тепловому режиму могли быть промежуточными между настоящими теплокровными и холоднокровными животными.

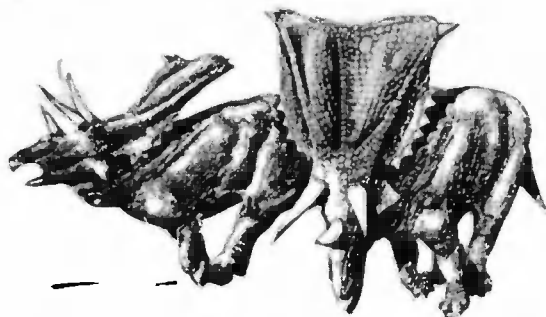
Обычно полагают, что динозавры вымерли, не оставив потомства, и что из всех современных животных к ним наиболее близки крокодилы, которые произошли, как и динозавры, от одной из групп триасовых рептилий — псевдозухий. Однако в последние годы все чаще говорят, что птицы — потомки каких-то мелких хищных динозавров с длинными передними конечностями. Эта точка зрения особенно энергично отстаивается Дж. Остромом³. Он обратил внимание на детальное сходство в строении скелета передних конечностей «длинноруких» хищных динозавров типа *Compsognathus* и *Deinonychus* и крыла древнейшей птицы археоптерикса из верхней юры Западной Германии. Замечательно, что морфология крыла, наиболее специфического признака строения птиц, связанного с приспособлением к полету, сложилась у нелетающих форм. По мнению Острома, предки птиц были бегающими животными, которые перешли к прыжкам, а затем и к полету с бега. Покрытые перьями передние конечности таких «проптиц» служили как бы ловчей сетью для взлетающих насекомых — пищи проптиц. По сравнению с традиционными взглядами, по которым предки птиц вели

³ Ostrom J. H. Archaeopteryx and origin of birds. — «Biol. J. Linnean Soc.», 1976, v. 8, p. 91.

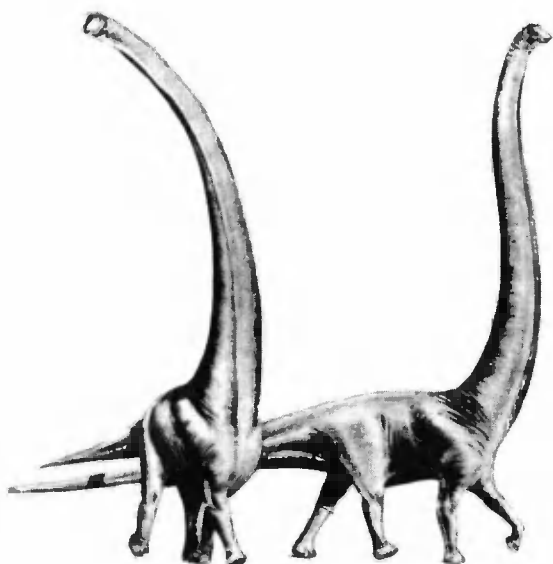


Реконструкции Р. Бэкера

Мелкий хищный динозавр — микровенатор.



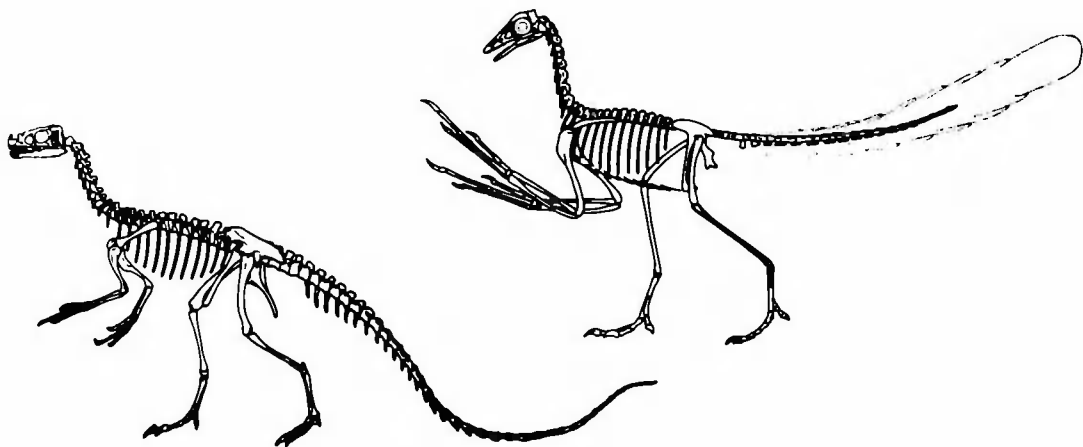
Рогатые растительноядные цератопсы.



Крупные растительноядные завроподы.



Хищный динозавр — дейноних.



Древнейшая птица археоптерикс [справа] и мелкий хищный динозавр [реконструкция Дж. Острома].

древесный образ жизни, мне эта идея кажется сомнительной. Наибольшее морфологическое сходство с птицами наблюдается у поздних целурозавров, современников верхнеюрских и меловых птиц. Поэтому мы должны заключить, что такое сходство «длинноруких» хищных динозавров и птиц отчасти основано на параллельной эволюции. Подлинные предки птиц скорее ответвились от наиболее примитивных хищных динозавров конца триаса — начала юры или даже от общих предков хищных динозавров с крокодилами. В пользу последней точки зрения свидетельствует поразительное сходство отдельных деталей строения черепа древнейших верхнетриасовых крокодилов и птиц, отмеченное А. Уолкером.

И в заключение о вымирании динозавров. Распространенное мнение о полной внезапности вымирания динозавров в самом конце мелового периода несколько неточно. На протяжении всех 150 млн лет существования динозавров одни их группы сменяли другие, и наибольшего многообразия динозавры достигли к середине мела, примерно за 50 млн лет до своего окончательного исчезновения. К концу мелового периода (маастрихту) было всего сорок родов динозавров, а в самых поздних по времени местонахождениях динозавров в свите Ланс Северной Америки насчитывается всего десять родов этих животных. Вероятно, что в раз-

ных регионах Земли динозавры вымирали неодновременно. Наиболее поздние их остатки найдены в свите Ланс и ряде местонахождений Прованса на юге Франции. По радиометрическим данным, возраст верхов свиты Ланс определяется в 62,0—63,6 млн лет, что соответствует самому началу палеогена. В общем мы можем утверждать, что хотя вымирание динозавров в конце мела шло ускоренно, процесс этот растянулся на несколько миллионов лет и завершался в разных регионах Земли в разное время. Не исключено, что последние динозавры исчезли уже в начале палеоцена.

Из этого можно сделать вывод, что вымирание динозавров нельзя объяснить действием какой-то одноразовой глобальной катастрофы, возможно даже космического происхождения (вспышка сверхновой звезды и т. д.), как это часто делается в популярной литературе. Такого рода гипотезы оставляют без объяснения не только медленный темп вымирания динозавров, но и избирательный его характер (глобальная катастрофа должна была затронуть все группы животных и растений, тогда как в действительности многие группы, например черепахи, пересекли рубеж мела и палеогена безо всяких потрясений, некоторые же испытывали в это время даже расцвет (хампсозавры). Кроме того, и сроки вымирания были для разных групп животных и растений весьма различными. Более правильно сопоставлять вымирание динозавров с постепенным изменением среды как физико-географической, так и биотической, особенно, с появлением новых групп животных и растений и исчезновением ряда ранее существ-

вовавших. Изменению биотической обстановки мы придаем особое значение потому, что физико-географические изменения, такие как аридизация климата, горообразование, вулканизм, похолодание, не могли охватить одновременно всю Землю и могли привести лишь к ограничению численности широко распространенных групп животных и растений, но не к их повсеместному истреблению.

Из изменений в биотической обстановке особенно большую роль могло сыграть постепенное увеличение численности млекопитающих, многообразие которых возрастало на протяжении всего мелового периода. По пути эволюционного прогресса млекопитающие шли несравненно быстрее динозавров, они постепенно повышали свою активность, становились теплокровными, совершенствовали свою локомоцию и аппарат питания, постепенно переходили к живорождению. Но особенно большое значение имело, по-видимому, совершенствование головного мозга, и особенно его больших полушарий, ставших у млекопитающих ассоциативными центрами и центрами примитивной рассудочной деятельности. Все это позволяло млекопитающим успешно конкурировать если не со взрослыми динозаврами, то с их молодью. Избирательное истребление молодью сыграло, вероятно, большую роль в вымирании динозавров. Известное значение могло иметь и широкое распространение покрытосеменных растений, ткани которых по сравнению с голосеменными более богаты алкалоидами и другими токсичными для позвоночных веществами. Наиболее важную роль, вероятно, играло то, что постепенно вся биота становилась принципиально иной. Процесс смены мезозойской биоты на кайнозойскую растянулся на десятки миллионов лет и в полной мере завершился лишь в палеоцене или даже эоцене (мы не считаем достаточно обоснованными высказывания, по которым эта смена в наиболее существенных чертах совершилась скачком где-то в середине мела). Постепенно выявлялось и относительное несовершенство динозавров в изменившихся условиях. Отметим, в частности, что гигантские размеры некоторых динозавров могли затруднять скорость поведенческих реакций, поскольку координация ощущений, приходящих из различных частей тела, требует определенного времени.

Огромное значение для изучения динозавров имеют палеонтологические исследования в Монголии, проводимые

Совместной советско-монгольской палеонтологической экспедицией. Раскопки в Монголии дали представителей меловых групп динозавров, среди которых особенно интересны материалы по хищным динозаврам, изучаемым монгольскими исследователями Р. Барсболдом и А. Перле. Вся эволюция хищных динозавров в свете материалов из Монголии обрисовывается по-новому. Если раньше мы подразделяли хищных динозавров всего на две группы — сравнительно легко устроенных целурозавров и гигантских карнозавров с крохотными передними конечностями и огромной головой, то теперь установлено, что в действительности имелось до восьми хорошо очерченных их ветвей. Среди монгольских хищных динозавров известны и гигантские формы с огромными передними конечностями — теризинозавры, и совершенно беззубые формы с роговым клювом, ажурным черепом, иногда высоким гребнем на голове — овираторы, и многие другие аберрантные формы. Некоторые формы утратили хищнический образ жизни и включаются в число хищных динозавров лишь на основании своего происхождения. Исследование всех этих форм представляет значительный интерес для выявления законов эволюции специализированных групп животных.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Ефремов И. А. НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ВОПРОСАМ ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДИНОЗАВРОВ. — «Труды Палеонтологического института АН СССР», 1954, т. 48, с. 125—141.

Рождественский А. К. НАДОТРЯД DINOSAURIA. — В кн.: Развитие и смена органического мира на рубеже мезозоя и кайнозоя. Позвоночные. М., 1978.

Макроскопические квантовые явления

Л. П. Питаевский



Лев Петрович Питаевский, член-корреспондент АН СССР, старший научный сотрудник Института физических проблем АН СССР. Основные работы в области теории сверхтекучести, физики плазмы и электродинамики. Автор монографий: Релятивистская квантовая теория (в соавторстве с В. Б. Берестецким и Е. М. Лифшицем). М., 1968; Статистическая физика, ч. 2 (в соавторстве с Е. М. Лифшицем). М., 1978; Физическая кинетика (совместно с Е. М. Лифшицем). М., 1979.

С момента создания квантовой механики студентов — а теперь и школьников — учат, что существуют две механики. Одна — классическая, применимая для описания движения макроскопических тел, состоящих из огромного числа атомов и молекул, другая — квантовая, которую необходимо применять тогда, когда речь идет о движении объектов атомного масштаба — молекул, атомов и тем более электронов и других элементарных частиц. Как и все школьные истины, это утверждение справедливо в подавляющем большинстве случаев. Действительно, нет нужды применять квантовую механику для расчета траектории пули или движения маятника часов. Можно быть уверенным, что в этих случаях квантовые эффекты не скажутся. С другой стороны, применение классической механики к электронам в атоме даст результаты, не имеющие ничего общего с действительностью. Тем более это относится к таким явлениям, как дифракция электронов. В классической механике она вообще отсутствует.

В последние двадцать лет, однако, были предсказаны теоретически и найдены экспериментально явления, в которых квантовые эффекты проявляются именно в поведении макроскопических объектов. Эти явления происходят при низких температурах в сверхтекучем жидком гелии и

сверхпроводящих металлах. Известно, что сами по себе эти явления — сверхтекучесть жидкого гелия и сверхпроводимость металла — объясняются квантовыми эффектами. Сверхтекучесть, открытая в 1937 г. П. Л. Капицей, означает полное исчезновение у жидкого гелия при температуре ниже 2,19 К такого свойства, как вязкость, или, несколько более точно, явление в нем «сверхтекучей части», лишенной вязкости. Сверхпроводимость проявляется в исчезновении — также ниже некоторой «критической температуры» — сопротивления электрическому току у ряда металлов. Это явление было обнаружено Г. Каммерлинг-Оннесом в 1911 г. Для дальнейшего изложения существенно также упомянуть и о другом поразительном свойстве сверхпроводника — вытеснении из него магнитного поля. Даже если сверхпроводник находится во внешнем магнитном поле, на достаточной глубине внутри сверхпроводника магнитное поле отсутствует.

Мы уже говорили, что оба эти явления имеют квантовую природу. Это, однако, обычно проявляется скорее в объяснении явления, чем в наблюдаемых эффектах. Например, уравнения движения сверхтекучего гелия, полученные Л. Д. Ландау, не содержат в себе в явном виде постоянной Планка $\hbar$, наличие которой должно

отличать квантовые уравнения от классических. Квантовая природа явления проявляется здесь скорее качественно, чем количественно.

Существуют, однако, — в той же сверхтекучей жидкости или сверхпроводниках — явления и другого рода, где в результате вполне макроскопических опытов постоянная Планка входит уже в явном виде и может быть из них непосредственно определена. Мы остановимся здесь на трех из не слишком многочисленных явлений этого круга — на квантованных вихревых нитях в сверхтекучем гелии, квантовании магнитного потока и на так называемом эффекте Джозефсона в сверхпроводниках.

Прежде чем переходить к описанию этих явлений, позволим себе небольшое отступление. В конце прошлого века принято было говорить, что хороший экспериментатор должен уметь измерить любую физическую величину с помощью «палки и веревки», т. е. принципиально простым способом. По мере дальнейшего развития физики, особенно физики атомных явлений, это требование поневоле было оставлено. Исследования в этих новых областях требовали постановки принципиально немеханических экспериментов, требующих нередко сложной, громоздкой и дорогостоящей аппаратуры. Кажется очевидным, что именно в таких сложных экспериментах только и можно определить постоянную Планка, «отграничивающую» квантовые явления от классических. Между тем в макроскопических квантовых явлениях, о которых будет идти речь, эту постоянную можно, во всяком случае в принципе, определить в очень простых экспериментах, чуть ли не с помощью этих самых «палки и веревки». Добавим, что теория этих явлений, как мы увидим, по существу, тоже очень проста, если только пользоваться соответствующими сути дела понятиями. Мне кажется, все это дает основания сказать, что физика переживает в этих явлениях своеобразную «вторую молодость»¹.

ВИХРЕВЫЕ НИТИ В СВЕРХТЕКУЧЕМ ГЕЛИИ

Легко понять из самых общих соображений, каковы должны быть явления, в которых их квантовая природа проявляется макроскопически. Характерной особенностью, которая отличает квантовую механику от классической, является описание состояния и движения системы с помощью волновой функции, не имеющей классического аналога. Неудивительно поэтому, что макроскопические квантовые явления, которые нас интересуют, — это те, в которых сама волновая функция проявляется как наблюдаемая макроскопическая величина.

Возможно ли это и в каких условиях? Один такой случай известен всем. Рассмотрим электромагнитное поле. В классической электродинамике оно описывается электрическим полем E и магнитной индукцией B , которые являются функциями координат и времени². В квантовой же теории это поле рассматривается как совокупность квантов поля — фотонов, которые описываются волновой функцией. Как происходит переход от одной картины к другой? Известно, что поле можно рассматривать как классическое, если энергия его много больше, чем энергия одного кванта $\hbar\omega$, где ω — частота поля. Число квантов в этом случае велико, и квантовая природа поля не проявляется, а волновая функция квантов есть просто классические поля E и B . Таким образом, для электромагнитного поля переход к описанию с помощью фотонов не приводит к специфическим макроскопическим квантовым явлениям. Это связано с тем, что фотоны — это все же не вполне частицы, в частности их число не сохраняется, они могут поглощаться и испускаться. Мы не будем на этом останавливаться. Этот пример нужен был нам только для того, чтобы сформулировать следующее важное положение квантовой теории. Если много частиц находятся в одном и том же квантовом состоянии, волновая функция этого состояния является непосредственно наблюдаемой макроскопической величиной. (Подобно тому, как является непосредственно наблюдаемой величиной электромагнитное поле в классической теории.)

Существует ли ситуация, когда в одном и том же квантовом состоянии на-

¹ Первоначально М. Планк определил постоянную $\hbar$, используя данные по спектру излучения абсолютно черного тела. Получение этих данных требовало опытов, если и не очень сложных по сути, то во всяком случае совершенно немеханического характера. Принципиальная разница с опытами, о которых будет идти речь далее, совершенно очевидна, хотя ее и не так легко сформулировать в нескольких словах.

² В статье используется система единиц СГСЕ.

ходится много обычных частиц, например атомов? Теоретически такая ситуация была известна уже с 1924 г., когда А. Эйнштейн создал теорию «бозе-эйнштейновской конденсации». Эта теория относится к газу невзаимодействующих частиц, обладающих целым спином, т. е. подчиняющихся статистике Бозе — Эйнштейна. Согласно Эйнштейну, в такой системе существует некоторая «критическая температура» T_k , так что свойства системы при температурах выше и ниже T_k существенно различны. При $T > T_k$ распределение частиц по импульсам дается известной формулой Бозе — Эйнштейна, согласно которой в одной ячейке фазового пространства, т. е. в одном квантовомеханическом состоянии с импульсом $\vec{p}$, находится n_p частиц, где

$$n_p = \left[\exp \left(\frac{p^2 - 2M\mu}{2MkT} \right) - 1 \right]^{-1}. \quad (1)$$

Здесь T — температура, M — масса частицы, μ — постоянная (так называемый «химический потенциал»), зависящая от температуры и плотности газа, k — постоянная Больцмана. Для нас важно лишь то, что даваемое формулой (1) число частиц в одном состоянии, вообще говоря, порядка единицы и не зависит (при данной плотности) от полного числа частиц в газе. Иное положение при $T < T_k$. В этом случае можно показать, что в самом нижнем состоянии с импульсом $p=0$ находится N_0 частиц:

$$N_0 = N[1 - (T/T_k)^{3/2}]. \quad (2)$$

Здесь N — полное число частиц в газе. Таким образом, при $T < T_k$ в одном состоянии находится число частиц, пропорциональное очень большому полному числу частиц в газе. Поэтому для любого макроскопического количества газа число частиц в «конденсате» N_0 тоже очень велико.

Теория Эйнштейна относится к идеальному газу, в котором нет взаимодействия между атомами. Однако в 1947 г. Н. Н. Боголюбов показал, что такая же ситуация остается и в газе со слабым взаимодействием. В настоящее время большинство специалистов (и автор статьи в том числе) уверено в том, что и в реальном жидком гелии при температуре ниже T_k имеется макроскопически большое число атомов в одном состоянии. Это очень важно. Согласно сказанному ранее, волновая функция этого состояния должна быть классической, непосредственно наблюдаемой величиной. Если гелий находится в покое, то эта «волновая функция конденсата» сводится к постоянной. Но если

жидкость движется, то эта функция зависит от координат и времени. Мы будем обозначать ее $\Psi_0(\vec{r}, t)$. Эту волновую функцию, как любую комплексную величину, можно представить в виде:

$$\Psi_0(\vec{r}, t) = |\Psi_0| e^{i\alpha}. \quad (3)$$

(Комплексная волновая функция конденсата была введена в 1950 г. В. Л. Гинзбургом и Л. Д. Ландау в связи с проблемой сверхпроводимости.) Каков физический смысл модуля $|\Psi_0|$ и фазы α ? Из общих принципов квантовой механики следует, что квадрат модуля $|\Psi_0|^2 = N_0/V = n_0$ (V — объем системы) есть не что иное, как плотность числа частиц, находящихся в конденсате. А фаза α определяет скорость движения этих частиц согласно формуле

$$\vec{v}_s = \frac{\hbar}{M} \text{grad } \alpha. \quad (4)$$

(grad α — вектор, проекции которого на оси x, y, z равны соответственно $\frac{\partial \alpha}{\partial x}, \frac{\partial \alpha}{\partial y}$ и $\frac{\partial \alpha}{\partial z}$). Наличие этой скорости не связано с какой-либо диссипацией энергии, так что это и есть скорость сверхтекучего движения³.

Если скорость жидкости можно представить как градиент некоторой функции координат, говорят, что это движение потенциально. Утверждение, что сверхтекучее движение потенциально, является важным пунктом теории сверхтекучести Ландау. Однако смысл формулы (3) гораздо богаче: она позволяет высунуть характер вращения сверхтекучей жидкости, существенно отличающегося от вращения обычной жидкости.

Если обычную, несверхтекучую, жидкость поместить во вращающийся с угловой скоростью Ω цилиндрический сосуд, то эта жидкость с течением времени придет «как целое» во вращение с той же угловой скоростью. При этом скорость жидкости в точке, находящейся на расстоянии r от оси цилиндра, равна

$$v = \Omega r. \quad (5)$$

Легко видеть, однако, что такое движе-

³ Во избежание недоразумений оговоримся, что хотя $\vec{v}_s$ и есть скорость сверхтекучей части, плотность частиц конденсата n_0 отнюдь не равна плотности сверхтекучей части жидкости, входящей в теорию Ландау. Для нас эта тонкость, однако, не будет иметь значения, поскольку все интересующие нас эффекты связаны именно с фазой α .

ние не является потенциальным. Сверхтекучая жидкость так двигаться не может.

Значит ли это, что если мы приведем во вращение сосуд со сверхтекучей жидкостью, она останется неподвижной? Оказывается, это будет действительно так, но только при достаточно малой скорости вращения. При некоторой угловой скорости Ω_c жидкость начнет вращаться, но это вращение будет осовым.

Предположим, что такое вращение происходит вокруг оси цилиндра так, что линии тока, к которым касательна скорость, представляют собой концентрические окружности. Для того чтобы определить зависимость скорости от расстояния до оси, проинтегрируем равенство (4) по такой окружности, т. е. вычислим $\oint \mathbf{v}_s \cdot d\mathbf{l}$ от левой и правой частей равенства. (Элемент интегрирования $d\mathbf{l}$ есть вектор с компонентами dx, dy, dz , касательный к линии, по которой происходит интегрирование.) Слева в результате интегрирования получится просто произведение скорости на данной линии тока на ее длину, т. е. $2\pi r v_s$. При вычислении же интеграла от правой части следует учесть, что такой интеграл от градиента функции равен разности значений этой функции на концах линии⁴. Поэтому в результате интегрирования формулы (4) мы получаем равенство:

$$2\pi r v_s = \frac{\hbar}{M} \Delta \alpha.$$

Здесь $\Delta \alpha$ есть изменение фазы α при обходе по нашей окружности. Но при таком обходе волновая функция Ψ_0 не может измениться, так как она должна быть однозначной функцией координат. Это значит, что изменение фазы должно удовлетворять условию $\Delta \alpha = 2\pi m$, где m — целое число. (Действительно, в этом случае волновая функция получит при обходе множитель $e^{i\Delta \alpha} = e^{2\pi i m} = 1$.) Все это значит, что скорость вращения жидкости в сосуде меняется в зависимости от расстояния до оси вращения по закону

$$v_s = \frac{1}{2\pi r} \frac{\hbar}{M} \Delta \alpha = \frac{\hbar}{M} \frac{1}{r} m, \quad (6)$$

где $m = 0 \pm 1, \pm 2, \dots$

4 Действительно:

$$\begin{aligned} \int_1^2 \text{grad } \alpha \cdot d\mathbf{l} &= \int_1^2 \left(\frac{\partial \alpha}{\partial x} dx + \frac{\partial \alpha}{\partial y} dy + \frac{\partial \alpha}{\partial z} dz \right) = \\ &= \int_{\alpha(r_1)}^{\alpha(r_2)} d\alpha = \alpha(\mathbf{r}_2) - \alpha(\mathbf{r}_1). \end{aligned}$$

Иными словами, вращение сверхтекучей жидкости происходит вокруг некоторых «вихревых нитей», аналогичных известным смерчам в атмосфере. По мере увеличения угловой скорости вначале образуется одна нить с $m=1$, потом их число увеличивается. Такие нити были предсказаны теоретически Л. Онсагером и Р. Фейнманом и впоследствии обнаружены экспериментально.

Таким образом, формула (6) описывает движение макроскопического тела, в данном случае жидкого гелия, но в нее входит зависимость от постоянной Планка $\hbar$. Может быть, скорость, даваемая формулой (6), очень мала и ее невозможно измерить экспериментально? Это не так. Был поставлен опыт по прямой проверке формулы (6). Внутри тонкого цилиндра (это была трубочка толщиной 4 мм), заполненного гелием, помещалась струна. Трубочка приводилась во вращение, и, начиная с некоторой угловой скорости, вокруг струны образовывалась вихревая нить. Опыт состоял в измерении частот колебаний струны, которую для этого помещали между полюсами постоянного магнита, в результате чего на концах струны возникало переменное напряжение. Его форму можно было наблюдать на экране осциллографа. Струна могла колебаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях, причем в отсутствие вихревой нити частоты этих двух колебаний совпадали. При появлении нити происходило расщепление частот, которое наблюдалось экспериментально. С другой стороны, простая теория связывает это расщепление с законом вращения (6), что позволило проверить эту формулу.

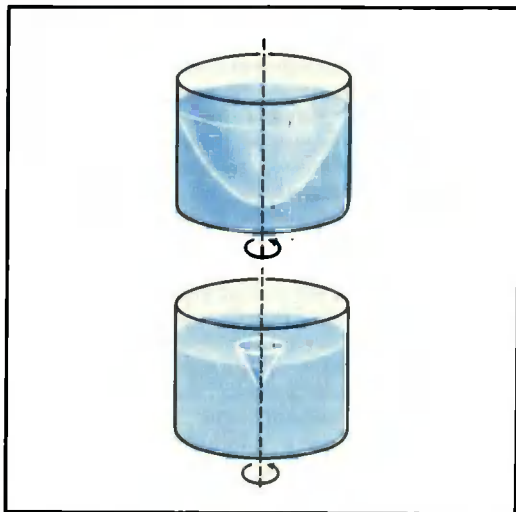
В эксперименте, поставленном В. Вайненом в 1960 г., частота колебаний струны составляла 500 с^{-1} , а расщепление частот $\Delta \omega$ было $\sim 0,45 \text{ с}^{-1}$.

Заметим, что при желании этот эксперимент можно трактовать как измерение постоянной Планка, если не с помощью «палки и веревки», то с помощью струны и трубочки.

Другой способ количественной проверки изложенного явления состоит в наблюдении того значения угловой скорости Ω , при котором впервые возникает вихревая нить. Можно показать, что эта скорость должна быть обратно пропорциональна квадрату диаметра трубочки и в описанном опыте составляла $0,05 \text{ рад/с}$ — совершенно «нормальная» скорость вращения.

В заключение этого раздела сделаем

два замечания. Прежде всего, заметим, что мы вывели формулу (6), но, посушеству, не дали ей никакого наглядного истолкования. Это, как нам кажется, не просто дефект изложения. Дело в том, что формулы типа (6) непосредственно выражают самые фундаментальные законы природы, и потому свести их к чему-то более простому уже невозможно. Сверхтекучая жидкость просто не может вращаться иначе. Это такой же закон природы, как, скажем, второй закон Ньютона. Едва



Форма свободной поверхности при вращении обычной жидкости [вверху] и сверхтекучего гелия при наличии в нем одной вихревой нити [внизу]. В первом случае поверхность имеет параболическую форму, во втором — образуется маленькая воронка вблизи оси вихревой нити.

ли второй закон Ньютона можно истолковать наглядно.

Далее следует обратить внимание на то, что, несмотря на сложность явления, вывод формулы (6) потребовал лишь очень простых вычислений. Можно сказать, что понятие волновой функции конденсата составляет основу языка, на котором рассматриваемые макроскопические квантовые явления описываются весьма естественным образом.

До сих пор речь шла о явлениях, происходящих в жидком гелии, который состоит из электрически нейтральных атомов. Гораздо более разнообразные явле-

ния имеют место в сверхпроводящих металлах, где эти явления связаны с наличием в металлах свободных заряженных частиц — электронов.

КВАНТОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОТОКА В СВЕРХПРОВОДНИКЕ

Для понимания дальнейшего нам необходимы некоторые общие представления современной теории сверхпроводимости. Согласно этим представлениям, сверх-

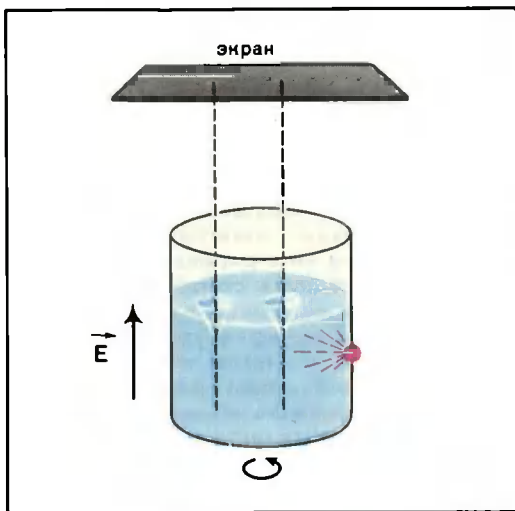


Схема опыта по наблюдению вихревых нитей на поверхности жидкого гелия. На стенке вращающегося цилиндра с гелием помещается радиоактивный источник, создающий поток электронов [обозначен цветом]. Электроны притягиваются к вихревым нитям и захватываются ими. Если вдоль оси вращения наложить электрическое поле E , то электроны будут ускоряться и вылетать из гелия, бомбардируя помещенный над поверхностью жидкости люминесцентный экран. Поэтому места выхода нитей на поверхность можно наблюдать на экране в виде светящихся пятнышек.

проводимость объясняется так называемым эффектом Купера — образованием при достаточно низких температурах связанных состояний двух электронов проводимости, так называемых куперовских пар. Имея спин, равный нулю, такие пары являются бозонами и могут накапливаться в макроскопическом числе в конденсате. Ясно поэтому, что сверхпроводник должен характеризоваться некоторой волновой функцией сверхпроводящих пар, которую мы по-

прежнему обозначим $\Psi_0 = |\Psi_0| e^{i\alpha}$. Аналогом соотношения (4) для сверхпроводника будет формула, связывающая текущий в сверхпроводнике бездиссипативный «сверхпроводящий» ток с градиентом фазы α . Эту формулу можно записать как

$$\vec{j}_s = Q \text{grad } \alpha, \quad (7)$$

где Q — некоторый коэффициент. Наиболее интересные явления в сверхпроводниках связаны с тем, что электроны обладают зарядом и на них действуют электрическое и магнитное поля. При наличии магнитного поля формула (7) изменится и характер этого изменения для достаточно слабого поля можно выяснить в общем виде, исходя из соображений так называемой калибровочной инвариантности.

И в классической, и особенно в квантовой теории магнитное поле удобно описывать не вектором индукции $\vec{B}$, а векторным потенциалом $\vec{A}$, который определяется так, что интеграл от этого вектора по любому замкнутому контуру равен потоку индукции Φ через этот контур:

$$\oint \vec{A} d\vec{l} = \int \vec{B} \vec{n} dS = \Phi. \quad (8)$$

(Интеграл справа берется по любой поверхности, «натянутой» на контур, по которому берется интеграл слева, $\vec{n}$ — единичный вектор, нормальный к этой поверхности.) Потенциал A сам по себе не имеет прямого физического смысла и определен неоднозначно. Действительно, равенство (8) не изменится, если прибавить к A градиент любой однозначной функции координат f , т. е. произвести преобразование:

$$\vec{A} \rightarrow \vec{A} + \text{grad } f. \quad (9)$$

Согласно сказанному при выводе формулы (6), при такой замене к левой части (3) добавилось бы изменение функции f при обходе вокруг контура. Но такое изменение для однозначной функции равно нулю.

Утверждение о калибровочной инвариантности состоит в том, что никакие непосредственно измеряемые физические величины не могут измениться, если одновременно с преобразованием (9) произвести и замену фазы волновой функции согласно формуле

$$\alpha \rightarrow \alpha + qf/\hbar c, \quad (10)$$

где q — заряд частицы, описываемой волновой функцией, c — скорость света. (Преобразования (9)—(10) называются калибровочными.)

Требование калибровочной инвариантности приводит к тому, что формула (7)

не может быть верна в общем случае — при наличии полей. Дело в том, что левая часть (7) — сверхпроводящий ток — имеет прямой физический смысл и не должна меняться при преобразованиях (9)—(10). Правая же часть при преобразовании (10) меняется. Таким образом, в правую часть равенства (7) нужно добавить член с вектор-потенциалом, подобрав его таким образом, чтобы полученная комбинация при преобразованиях (9)—(10) не менялась. Нужно, однако, учесть, что Ψ_0 — это волновая функция сверхпроводящей пары, состоящей из двух электронов, так что в формуле (10) нужно считать, что $q = 2e$, где e — заряд электрона.

С учетом этого обстоятельства ясно, что искомое обобщение формулы (7) имеет вид:

$$\vec{j}_s = Q \left(\text{grad } \alpha - \frac{2e}{\hbar c} \vec{A} \right). \quad (11)$$

Теперь уже при калибровочных преобразованиях (9)—(10) ток не меняется. Уравнение (11) составляет основу всей электродинамики сверхпроводников.

С его помощью, в частности, легко объяснить уже отмеченный выше факт вытеснения магнитного поля из толщи сверхпроводника (эффект Майснера)⁵. Мы применим (11) для описания еще одного макроскопического квантового явления — квантования магнитного потока в сверхпроводнике.

Рассмотрим сверхпроводящее кольцо, т. е. сверхпроводник, в котором имеется сквозной канал, пронизываемый магнитным потоком. Отметим прежде всего, что поток индукции в канале должен оставаться постоянным, как бы ни менялось внешнее магнитное поле. Действительно, если бы поток изменялся, в сверхпроводящем кольце возникла бы, по закону электромагнитной индукции, некоторая электродвижущая сила, что, в свою очередь, ввиду отсутствия у сверхпроводника сопротивления, привело бы к возбуждению бесконечно большого тока, что, естественно, невозможно. Постоянство потока, таким образом, просто отражает факт отсутствия сопротивления

⁵ Речь идет о так называемых сверхпроводниках первого рода. Существуют также сверхпроводники второго рода, в которых магнитное поле, в некотором интервале его значений, проникает в виде вихревых нитей, аналогичных вихревым нитям в сверхтекучем гелии. (Вихревые нити в сверхпроводниках были предсказаны А. А. Абрикосовым в 1957 г.)

у рассматриваемого кольца. Мы можем перемещать сверхпроводящее кольцо, деформировать его — магнитный поток останется неизменным. Он как бы «заморожен» в кольцо. Из уравнения (11), однако, следует гораздо большее. Оказывается, магнитный поток может принимать не любые, а только определенные значения, кратные некоторому универсальному «кванту потока». Для доказательства проведем в сверхпроводнике замкнутый контур, охватывающий канал. Внутри сверхпроводника магнитного поля нет, а следовательно нет и тока. (Если бы был ток, он создавал бы магнитное поле.) Проинтегрируем теперь обе части равенства (11) по этому контуру. При $j=0$ имеем:

$$\frac{2e}{\hbar c} \oint \vec{A} d\vec{l} = \int \text{grad } \alpha d\vec{l}. \quad (13)$$

Как и при выводе (6), имеем $\oint \text{grad } \alpha d\vec{l} = 2\pi m$ ($m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$). С другой стороны, интеграл от вектор-потенциала по рассматриваемому контуру равен потоку индукции через канал Φ . В результате получаем, что

$$\Phi = \frac{\pi \hbar c}{e} m = \Phi_0 m, \quad (14)$$

т. е. полный поток Φ действительно кратен величине $\Phi_0 = \frac{\pi \hbar c}{e}$, т. е. квантуется.

Заметим, что численное значение «кванта потока» Φ_0 есть $2,06 \cdot 10^{-7}$ Гс $\cdot$ см². Это величина довольно малая, но вполне макроскопическая. Для канала с диаметром 0,01 мм соответствующее магнитное поле равно 0,25 Гс. Магнитный момент, которым обладает сверхпроводник с «замороженным» в него квантом потока, можно измерить непосредственно — например на крутильных весах — и определить таким образом постоянную Планка, точнее комбинацию $\frac{\hbar c}{e}$.

Квантование магнитного потока в сверхпроводнике было предсказано Ф. Лондоном в 1950 г. и обнаружено на опыте Б. Дивером и В. Фейрбанком в 1961 г.

Заметим, что при выводе формулы (14) были существенно использованы представления микроскопической теории сверхпроводимости о «спаривании» электронов: двойной заряд куперовской пары отражается на виде формулы (11) и величине кванта потока Φ_0 .

ЭФФЕКТ ДЖОЗЕФСОНА

Мы переходим к обсуждению, пожалуй, самого эффектного из макроскопических квантовых явлений, предсказанного Б. Джоозефсоном в 1962 г. Это явление наблюдается в цепи, состоящей из сверхпроводников, разделенных тонким слоем диэлектрика (джозефсоновский контакт). Если этот слой достаточно тонок, электроны могут переходить из одного сверхпроводника в другой благодаря специфическому квантовому механизму — туннелированию через потенциальный барьер. В результате в такой цепи может течь сверхпроводящий ток. Уравнение (7) для этого тока не имеет смысла применять внутри слоя, где все величины, в том числе и фаза волновой функции куперовской пары α , быстро меняются по толщине слоя. Можно лишь утверждать, что ток через контакт должен определяться разностью фаз $\alpha_1 - \alpha_2$ по обе стороны контакта:

$$J = J(\alpha_1 - \alpha_2). \quad (15)$$

Из общих соображений нельзя установить конкретный вид функции $J(\alpha_1 - \alpha_2)$, но можно выяснить многие ее важные свойства. Прежде всего, ясно, что она является периодической функцией с периодом 2π , поскольку изменение фазы на 2π вообще не меняет волновой функции, а значит и состояния тела. Далее, существует квантовомеханический закон, согласно которому изменение знака фазы волновой функции меняет знак тока в системе. Это означает, что функция J — нечетная. Поскольку она, естественно, должна быть конечной при всех значениях разности фаз, ток в цепи может меняться между некоторым максимальным значением J_k и значением $-J_k$. Детальная теория показывает, что функция J для достаточно тонкого барьера изменяется по синусоидальному закону:

$$J = J_k \sin \delta\alpha, \text{ где } \delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_2, \quad (16)$$

причем «критическое» значение тока J_k тем меньше, чем меньше проникаемость барьера. Для нас, однако, конкретный вид функции J будет не очень существен.

С джозефсоновскими контактами связан целый ряд очень интересных макроскопических квантовых явлений. Рассмотрим, прежде всего, электрическую цепь, в которую включено разрезанное пополам сверхпроводящее кольцо, причем в разрез вставлены джозефсоновские контакты. (Внутри кольца некоторым внешним источником может создаваться магнитное

поле.) Оказывается, что ток в такой цепи будет очень своеобразным образом зависеть от пронизывающего кольцо потока магнитной индукции. Чтобы убедиться в этом, выразим этот ток через скачки фаз $\delta\alpha_A$ и $\delta\alpha_B$ на контактах А и Б. Очевидно:

$$J = J_K \sin \delta\alpha_A + J_K \sin \delta\alpha_B = 2J_K \sin \frac{\delta\alpha_A + \delta\alpha_B}{2} \cos \frac{\delta\alpha_A - \delta\alpha_B}{2}. \quad (17)$$

Воспользуемся теперь, как и при выводе формулы (14), требованием, чтобы изменение фазы при обходе вокруг кольца бы-

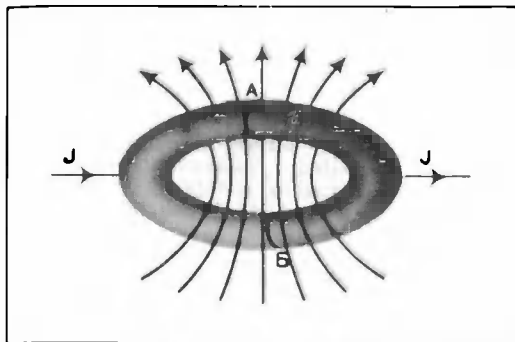


Схема сверхпроводящего квантового измерителя магнитного потока. В электрическую цепь включено разрезанное пополам сверхпроводящее кольцо с джозефсоновскими контактами (А и Б). Стрелки J указывают направление тока в такой цепи. Цветом обозначены силовые линии внешнего магнитного поля, создающего поток индукции через кольцо.

ло кратно 2π . Это изменение складывается из скачков фазы на контактах и изменения фазы в сверхпроводнике между контактами, которое определяется вектор-потенциалом по формуле (13). В результате оказывается, что $\delta\alpha_A - \delta\alpha_B = 2\pi\theta + 2\pi\Phi/\Phi_0$, где Φ_0 — квант магнитного потока, а Φ — поток через кольцо. (Сумма же $\delta\alpha_A + \delta\alpha_B$ под влиянием поля не меняется.) Подставляя полученное выражение для разности $\delta\alpha_A - \delta\alpha_B$ в формулу (17) для тока J, получаем следующее соотношение:

$$J = J_0 \cos \frac{\pi\Phi}{\Phi_0}, \quad (18)$$

где J_0 — не зависящая от поля постоянная. Таким образом, ток в цепи достигает максимума, когда поток индукции через кольцо равен целому числу квантов потока, и равен нулю, когда поток равен полужелтому числу квантов.

Такие устройства (их называют СКИМП — сверхпроводящий квантовый измеритель магнитного потока) дают возможность очень точно измерять малые изменения магнитного поля. Действительно, изменение ΔB , при котором ток меняется от максимального значения до нуля, есть

$$\Delta B = \frac{\pi \hbar c}{2eS}, \quad (19)$$

где S — площадь кольца. При $S \approx 1 \text{ см}^2$ это дает возможность легко замечать изменения поля $\sim 10^{-7} \text{ Гс}$. Мало того, прибор может с такой высокой точностью измерять и саму величину поля. Для этого к цепи присоединяется устройство, которое считает число максимумов тока при включении поля от нуля до измеряемого значения. СКИМП измеряет магнитное поле, считая кванты магнитного потока, как мы считаем скачки в коробке. В настоящее время работающие по такому принципу — с различными усовершенствованиями — приборы являются неременной принадлежностью всякой лаборатории, имеющей дело с точными магнитными измерениями.

Последний круг явлений, о которых мы будем говорить, — возможно, самый интересный — связан с влиянием электрического поля на джозефсоновский ток. Пусть между сверхпроводниками приложена некоторая разность потенциалов. Выяснить, к чему приводит наличие электрического потенциала ϕ , можно опять-таки из соображений калибровочной инвариантности. Дело в том, что к ϕ всегда можно прибавить произвольную постоянную K. Утверждение о калибровочной инвариантности состоит в данном случае в том, что все соотношения не изменяются, если одновременно добавим к фазе волновой функции слагаемое, пропорциональное времени t :⁶

$$\phi \rightarrow \phi + K, \quad \alpha \rightarrow \alpha - \frac{2e}{\hbar} Kt. \quad (20)$$

В отсутствие электрического поля течение тока в сверхпроводнике — явление стационарное. Иными словами, фазы α_1 и α_2 не зависят от времени:

$$\alpha_1 = C_1, \quad \alpha_2 = C_2. \quad (21)$$

⁶ Это легко понять, если вспомнить, что добавление постоянной K к потенциалу просто меняет начало отсчета энергии ϵ куперовской пары на $2eK$, а волновая функция зависит от времени по закону $\exp(-i \frac{\epsilon}{\hbar} t)$.

Формулы (21), однако, не могут быть верны при наличии электрического потенциала, поскольку они не остаются неизменными при преобразовании (20). В них нужно дописать член, содержащий потенциал таким образом, чтобы полученная комбинация была инвариантна относительно этих преобразований, т. е. чтобы равенство не зависело от K . Искомое обобщение, очевидно, имеет вид:

$$\alpha_1 + \frac{2e\varphi_1}{\hbar} t = C_1, \quad \alpha_2 + \frac{2e}{\hbar} \varphi_2 t = C_2$$

(φ_1 и φ_2 — значения потенциала по разные стороны контакта) или, вычитая эти равенства друг из друга:

$$\alpha_1 - \alpha_2 = -\frac{2e}{\hbar} U t + C_0, \quad (22)$$

где U — напряжение, т. е. разность потенциалов между сверхпроводниками по обе стороны контакта, а C_0 — постоянная. Подставляя (22) в формулу (16) для тока, получаем:

$$J = J_K \sin\left(-\frac{2e}{\hbar} U t + C_0\right). \quad (23)$$

Таким образом, приложенное к джозефсоновскому контакту постоянное напряжение приводит к появлению в цепи переменного тока с совершенно определенной частотой

$$\omega_J = \frac{2eU}{\hbar}. \quad (24)$$

Заметим, что среднее по периоду значение потребляемой мощности $\overline{P}$ равно нулю. Так и должно быть, поскольку течение сверхпроводящего тока не сопровождается потерями. Именно поэтому при наличии постоянного напряжения ток в сверхпроводящей цепи должен быть переменным.

Таким образом, джозефсоновский контакт представляет собой автоколебательный генератор, частота которого определяется напряжением U и отношением «мировых констант» $e/\hbar$. Поскольку и напряжение, и частоту колебаний можно измерить очень точно, наблюдение эффекта Джозефсона позволяет очень точно измерить это отношение — с большей точностью, чем любым другим способом. Такие измерения были произведены, и это позволило уточнить численное значение заряда электрона e . Любопытно, что это уточнение позволило устранить некоторое несогласие между теорией и эксперимен-

том в совсем другой области физики — в квантовой электродинамике.

Формула (23) описывает полностью монохроматический сигнал. Разумеется, в действительности спектральное распределение будет обладать конечной шириной. Это связано с тем, что напряжение в любой цепи подвержено флуктуациям. Эти флуктуации и приведут к нарушению монохроматичности.

Все рассмотренные нами явления обладают одной общей чертой. Они описываются волновой функцией участвующих в них частиц, единой для всего тела. Поэтому иногда говорят, что в этих эффектах проявляется макроскопическая квантовая когерентность. Можно думать, что дальнейшее развитие физики приведет к обнаружению новых явлений такого рода, быть может, еще более неожиданных.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Питаевский Л. П. МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ. — «Успехи физических наук», 1966, т. 90, с. 623.

Жарков Г. Ф. ТУННЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ДЖОЗЕФСОНА В СВЕРХПРОВОДНИКАХ. — В сб.: Сверхпроводимость. М., 1967.

Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ч. 2. Теория конденсированного состояния. М., 1978.

Морская змея в заливе Петра Великого

Ю. Д. Чугунов,
кандидат биологических наук
Владивосток

Сотрудник Дальневосточного государственного морского заповедника А. А. Нечипоренко 8 октября 1978 г. в заливе Петра Великого, на восточном участке заповедника около мыса Сосновый, поймал морскую змею, называемую большой плоскохвост (*Laticauda semifasciata*) и относящуюся к семейству Hydrophiidae. Представители этого семейства живут в тропической части океана и заплывают в северные моря очень редко.

Судя по размерам (длина тела змеи 1020 мм, длина хвоста 143 мм, диаметр туловища 50 мм), это молодая змея. Взрослые обычно достигают в длину до 1900 мм и диаметра туловища до 70—80 мм. Обитает большой плоскохвост в Тихом океане от островов Риу-Киу на севере до Самоа на юге. По предположению В. П. Шунтова, специалиста по морским животным, большой плоскохвост заплыл в воды залива Петра Великого со стаями сардин-иваси. В семидесятые годы наблюдается (происходящее раз в столетие) потепление дальневосточных морей, обусловленное меандрированием Куросио. В эти периоды наблюдаются случаи появления летучих рыб в заливе Посыета, подходы сардин-иваси.

Первый случай обнаружения морской змеи — двухцветной пелагиды (*Hydrgus platurus*) произошел в 1873 г. Мертвый экземпляр ее нашли в заливе Посыета (эта змея была передана на хранение в зоологическую коллекцию Варшавского университета)¹.



Сотрудник заповедника А. А. Маркович с большим плоскохвостом.
Фото Ю. Я. Муравина.

Как известно, у морских змей есть интересные приспособления для жизни в море. Кроме легких у них развиты дополнительные органы дыхания: газообмен между организмом и морской водой осуществляется через слизистые оболочки

ротовой полости, клоаку, а также через капилляры кожи. Морские змеи могут плыть под водой в течение 10—12 часов. Большой плоскохвост размножается путем откладывания яиц на суше. Все виды морских змей (около 50 видов) ядовиты. Яд сильный, действует на нервную систему, но количество яда в железах змеи ничтожно. Большой плоскохвост на Филиппинах, в Китае и Японии используется в пищу.

¹ Никольский А. М. Земноводные и пресмыкающиеся. — В кн.: Фауна России и сопредельных

стран. М. — Пг., 1915—1918; Емельянов А. А. Змеи Дальнего Востока. Владивосток, 1929.

Бактрийское золото

В. И. Сариниди



Виктор Иванович Сариниди, доктор исторических наук, старший научный сотрудник Института археологии АН СССР. Работает над проблемами древней истории Средней Азии. Начальник Советско-Афганской археологической экспедиции, проводящей исследования древних памятников на юге Туркменской ССР и в Афганистане. Основные работы: Поздний энеолит юго-восточного Туркменистана. М., 1965; Раскопки Тилля-тепе в северном Афганистане. М., 1972; Среднеазиатская терракота эпохи бронзы. М., 1973 (совместно с В. М. Массоном); Каракумы: заря цивилизации. М., 1975 (совместно с В. М. Массоном); Древние земледельцы Афганистана. М., 1978. В «Природе» опубликовал статью «В поисках страны Маргуш» (1976, № 9).

Легендарная Бактрия, окутанная мифами и сказаниями древних авторов, все еще является величайшей загадкой современности. Раскинувшись по обоим берегам Амударьи и занимая смежные области с одной стороны Южного Узбекистана и Таджикистана, а с другой — Северного Афганистана, эта загадочная страна долгое время была окутана легендами, пока здесь не начала свои многолетние полевые исследования созданная в 1969 г. Советско-Афганская археологическая экспедиция. Именно в результате планомерных и систематических работ в Северном Афганистане советских археологов удалось с документальной точностью установить, что уже во II тыс. до н. э. Бактрия представляла собой процветающую страну со множеством разбросанных по оазисам древнеземледельческих поселений, крепостей, отдельных дворцов и храмов местных правителей. На протяжении II и первой половины I тыс. до н. э. Бактрия демонстрирует поступательное развитие местной культуры, свидетельством чего являются богатые находки, сделанные здесь археологами, и, в первую очередь, уникальная коллекция древней глиптики, рисующая высокий уровень медальерного искусства и сложный мир мифологических представлений. Словом, Бактрия эпо-

хи бронзы и раннего железа выступает как сильная и богатая страна. И, возможно, не случайно древнегреческий историк Ктесий Книдский повествует о далеких походах ассирийской царицы Семирамиды в Бактрию в конце IX—VIII вв. до н. э. — возможно, слава Бактрийского царства достигла к тому времени передовых центров тогдашнего мира. Как бы то ни было, в середине I тыс. до н. э. Бактрия уже входит в состав ахеменидской державы (VI—V вв. до н. э.), которой она выплачивала подать в размере около 10 т серебра ежегодно!

С Бактрией связаны бурные события начала IV в. до н. э., когда здесь появляются первые отряды воинов Александра Македонского. Выдающийся полководец и дальновидный политик, македонский царь понимал, что нельзя управлять страной одной только силой. Сам женившись на прекрасной бактрийке Роксане, он пережил на бактрийках 30 тыс. своих воинов, стремясь создать прослойку миксэллинов, которая, по его мысли, должна была составить основу будущей мировой державы.

Однако уже вскоре после смерти Александра Македонского начинаются междоусобицы среди его бывших сподвижников и полководцев. В результате

этой борьбы на территории Бактрии возникает новое Греко-Бактрийское царство. Хотя великие замыслы честолюбивого македонца в целом не оправдались, его дальновидная этнографическая политика дала свои плоды. Местная бактрийская знать пошла на сближение с греческой верхушкой: стало модным следовать эллинским обычаям, порой в ущерб своим собственным, уходящим корнями в эпоху бронзы. Всего сто лет просуществовало Греко-Бактрийское царство (с середины III по середину II вв. до н. э.), но оно оставило яркий след в истории местной культуры. Эллинизированная бактрийская знать и греческие колонисты постепенно создали тот сплав, что на многие века предопределил общий облик развития местной культуры. Казалось бы, наступили времена всеобщего процветания и благоденствия, однако история Греко-Бактрийского царства опять полна бурных событий, связанных с борьбой как с внешними врагами, так и внутренними раздорами.

Для нашей темы чрезвычайно интересны сведения, приведенные древнегреческим историком Полибием (около 201—120 гг. до н. э.) о том, что уже около 230 г. до н. э. вновь народившемуся Греко-Бактрийскому государству угрожали с севера огромные полчища кочевников.

Но здесь мы вступаем в «темный период» местной истории, почти не освещенный письменными данными. Таинственностью окутана конкретная историческая ситуация, последовавшая за крушением Греко-Бактрийского царства. Из китайских хроник известно лишь, что в конце II в. до н. э. на правобережье Амударьи появляются многочисленные кочевники под названием «большие юэджи», или кушаны, которые в конце концов и сокрушили Греко-Бактрийское государство. До сих пор не установлена родина кушан. Вчерашние номады, кушаны на первых порах не создают на Бактрийской равнине какого-либо единого централизованного государства. Возникают пять независимых друг от друга княжеств, каждое со своей собственной столицей. Примерно еще через сто лет один из правителей покорил остальные четыре княжества, заложив тем самым основу нового Кушанского царства. В период наибольшего расцвета (конец I—II вв. н. э.) Кушанское царство включало в себя территорию современных Средней Азии, Афганистана, Северной Индии, Пакистана. Еще многое остается неясным в истории и культуре Кушанского царства, но в особенности это касается его начальных эта-

пов, когда вчерашние кочевники оседают на приамударьинских землях, постепенно переходя от кочевого к оседлому образу жизни. Этот «темный период» оставался почти совершенно неизученным для левобережья Амударьи, где именно в это время складывались предпосылки к образованию государства кушан.

В 1969 г., в первый же год полевых работ, Советско-Афганская экспедиция обнаружила в Северном Афганистане незранный, на первый взгляд, холм, расположенный около г. Шибарган. Не звучное его название — Тилля-тепе, т. е. Золотой холм, а загадочная керамика, встреченная на поверхности холма, заставила археологов предпринять здесь сначала пробные, а затем и более широкие раскопки, которые привели к открытию монументальной архитектуры рубежа II—I тыс. до н. э. В 1978 г. здесь был обнаружен княжеский, если не царский, могильник с богатейшими погребальными приношениями. Судя по найденным в могилах монетам, сам могильник относится к I в. н. э., т. е. к тому времени, когда жизнь на поселении Тилля-тепе уже давно заглохла и лишь руины напоминали о его былом величии. Удалось установить, что уже после того как Тилля-тепе было заброшено, рядом возникает город Емшитепе, правители которого и выбрали руины Тилля-тепе для своего некрополя.

Экспедиция обнаружила всего 6 таких захоронений. В деревянных гробах, в окружении богатых погребальных приношений, покоились бывшие правители этой части Бактрии. Десятки, сотни и даже тысячи пуговичек, подвесок, колокольчиков, бляшек были нашиты на погребальные одежды. Воротники, рукава, подола коротких кафтанов и длинных халатов были обшиты золотыми фигурными бляшками, нередко инкрустированными бирюзовыми, лазуритовыми, гранатовыми вставками.

Золотые, причудливой формы короны венчали головы умерших. С них на плечи спускаются золотые фигурные подвески. Среди сравнительно простых подвесок имеются более сложные, художественно выполненные, как например, подвески в виде государя, борющегося с двумя рогатыми драконами. Широкоскулое лицо государя украшено в середине лба точкой — тикой, что, бесспорно, указывает на индийское влияние. Торс облачен в короткий кафтан, перепоясанный



Местоположение раскопок Тилля-тепе.

**Подвеска с изображением голов лошади;
подвески «государь с драконами»;**

подвеска с «хозяйкой животного и растительного мира»;

подвеска с изображением лошади и терзающих ее драконов;

пряжки в виде рыб с сидящими на них амурами.

Общий вид погребения № 6.

Здесь и далее фото автора.





кушаком; расставленные в стороны руки упираются в рогатых и крылатых драконов с оскаленными пастьми и неестественно вывернутыми назад ногами. От подвески вниз на цепочках спускаются диски и фигурные бляшки с бирюзовыми вставками.

Другая подвеска изображает полуобнаженную женщину с плодом граната в руке. По обе стороны от нее вниз головой располагаются два животных с волчьими головами. Вся эта композиция заключена в рамку, сверху по углам которой изображены птицы в профиль с головами, повернутыми в сторону зрителя, а снизу углы рамки оформлены рыбьими головами. Перед нами хозяйка растительного и животного мира, возможно богиня Анахита в окружении подвластных ей птиц, зверей и рыб. Торжествующая улыбка на лице не оставляет сомнения в ее превосходстве над всем живым в мире. Богато инкрустированные фигурной голубой бирюзой со свисающими золотыми дисками, свободно вращающихся на золотых цепочках, такие подвески звенели, блестели и искрились на солнце, когда их владельцы в парадных одеяниях шествовали из внутренних покоев во дворец на очередные приемы.

Вообще мотивы животного мира очень широко использовались в творчестве бактрийских ювелиров. Здесь и массивные выпуклые бляхи, отлитые в виде реальных или фантастических животных; свернутые в кольцо, эти звери с остервенением хватают раскрытой, зубастой пастью то свою ногу, то хвост. Известны и более драматические сюжеты, как например, золотая пластинка, на которой изображена лежащая на земле антилопа с головой, увенчанной короткими рождками, и крупное хищное животное кошачьей породы (возможно пантера), вцепившееся зубами в ее круп. Это типичная сцена так называемого сибирского звериного стиля, протягивающая вполне ощутимые связи к искусству кочевых народов евразийских степей. В еще большей степени на эту связь указывает другая золотая пластинка с рельефным изображением лежащей лошади с повернутой назад головой, на которую сверху бросаются два крылатых демонических существа, изображенные в явно устрашающей позе с хищно разинутыми зубастыми пастьми, выпученными глазами, выброшенными вперед когтистыми лапами.

Наряду с типично местными представителями бактрийской фауны, в могилах встречаются изображения животных, известные здесь в естественном виде.

Так, на одном золотом поясе изобра-

жены львы с наброшенными попонами на спинах, на которых восседает верхом богиня Нана, причем, хотя львы в Бактрии были неизвестны в естественном виде, выполнены они в полном соответствии с натурой. Морды львов оттиснуты на многочисленных золотых бляшках и в других могилах Тилля-тепе, что свидетельствует о большой популярности царя зверей.

Великолепным памятником ювелирного искусства являются золотые браслеты. Оба они литые, с несомкнутыми концами, украшенными скульптурами стремительно бегущих антилоп. Стройное, изогнутое тело, с выброшенными вперед передними ногами, заканчивается крупной головой. Тонкая моделировка подчеркивает морду животного, глаза инкрустированы бирюзой, а зрачки изготовлены из красноватого сердолика. Небольшие уши и длинные рога тоже инкрустированы бирюзовыми вставками и заброшены на спину. В другом погребении золотые браслеты украшены скульптурными фигурками фантастических хищников с львоподобными мордами.

В одном погребении манжеты рукавов погребальной одежды были обшиты бляшками, изготовленными в виде голов баранов: уши и загнутые рога инкрустированы бирюзой, в то время как глаза — сердоликовыми вставками желтоватого цвета.

Гемма, изготовленная из прозрачного желтоватого камня, сохранила рисунок в виде мерно шествующего горбатого быка «индийской» породы — небольшая мордочка увенчена сверху большими развесистыми полукруглыми рогами; крупное тело опирается на тонкие ноги, заканчивающиеся выделенными раздвоенными копытами.

Среди всех известных находок лишь на одном гребне, изготовленным из слоновой кости, сохранился гравированный рисунок человека. Небольшая голова с тонким почти аскетическим лицом посажена на чуть изогнутую шею.

Наряду с реальными животными древние бактрийцы с такой же убежденностью верили в существование и фантастических, чаще всего крылатых зверей. Ярким примером тому служит массивная золотая пряжка, состоящая из двух одинаковых половинок, одна из которых заканчивается петлей, а другая — входящим в нее крючком. Пряжки отлиты в сложной горельефной технике и богато инкрустированы голубыми бирюзовыми вставками.

Перед нами сцена так называемого «священного брака», включающая обнимающуюся пару, которую благословляет крылатая Ника с венком в одной руке и пальмовой ветвью в другой. Особого интереса заслуживает животное, верхом на котором сидят брачующиеся: мощное тело его покрыто наброшенной попоной со свисающими кистями по углам. Изогнутая шея с вздыбленной гривой заканчивается львоподобной головой с разинутой зубастой пастью, из которой высовывается длинный загнутый язык. Грозный облик животного подчеркивается глазами, прикрытыми сверху тяжелыми веками, сморщенным носом и длинной косматой бородой. Крупное, массивное тело животного опирается на короткие, но мощные лапы, увенчанные тремя заостренными когтями, длинный изогнутый хвост с кисточкой на конце подобран под живот. Впереди фантастического зверя изображен полулежащий на земле бородатый силён, держащий в руке ритон.

Наконец, реальных и фантастических зверей изобразили бактрийские ювелиры на золотых ножнах кинжалов. На одних ножнах высоким горельефом изображена цепочка идущих друг за другом реальных и фантастических зверей. Грифон ухватил ногу находящегося впереди него дракона; тот, в свою очередь, широко разинув пасть, пытается ухватить за ногу следующего, и так вплоть до навершия рукояти, на котором мастер, проявив тонкий и неподдельный юмор, поместил фигуру стоящего на задних ногах медвежонка, добродушно сосущего виноградную лозу.

На других ножнах также высоким горельефом изображена сцена борьбы двух крылатых драконов. Один из них с оскаленной мордой, маленькими злыми глазами и ветвистыми рогами, украшенными на концах бирюзовыми вставками, изображен со спины, на которой сложены бирюзовые крылья. Мощные костистые лапы передних ног выброшены вперед, задние с напряженными мышцами показаны в движении так, что между ними пропущен длинный хвост, заброшенный далеко на спину.

Второй крылатый дракон вцепился клювом в ногу противника; длинная изогнутая шея переходит в мускулистый торс, заканчивающийся мощными лапами с выпущенными когтями. Вся эта сцена богато инкрустирована по внешнему краю бирюзовыми «сердечками» и головами рогатых муфлонов.

Бесспорно погребения Тилля-тепе относятся к тому «темному периоду» в истории местных племен, когда здесь оседают кочевые племена. Письменные источники сообщают, что кочевники, попав на левобережье Амударьи, основывают здесь пять независимых княжеств, которые позднее составят ядро Великой кушанской империи.

Могильник на Тилля-тепе скорее всего и оставлен одним из таких княжеских родов, а судя по богатству погребальных приношений, одним из наиболее сильных и влиятельных среди остальных. Вчерашние кочевники становятся горожанами, следуют лучшим модам тогдашнего мира, но еще не утратили окончательно своих кочевых традиций, связанных в первую очередь со скотоводством и той ролью, которую играли образы животных в их искусстве. В самом деле, почти все зооморфные персонажи связаны не с образами домашних, а наоборот — диких животных, что характерно для искусства кочевых, а не оседлых народов. В еще большей степени это касается фантастических существ — типичных для кочевых племен. Не этому ли обязана постоянно повторяющаяся зооморфная тематика, так широко представленная на золотых погребальных приношениях могил Тилля-тепе? В таком случае не подразумевается ли очевидное сходство вновь открытого бактрийского искусства с искусством сибирского звериного стиля не только культурную, но и этническую общность оставивших их людей? Наиболее очевидные параллели с бактрийским искусством обнаруживают многочисленные сарматские племена, которые на рубеже нашей эры занимали обширную территорию Нижнего Поволжья, междуречья Дона и Волги, а также Южное Приуралье и отчасти северные районы Средней Азии. Налицо возможная линия поисков таинственной прародины кочевых кушанских племен, уходящей в степные просторы севера Средней и Центральной Азии.

Эти и другие проблемы, если еще и не могут быть решены, то постановка их представляется вполне закономерной. Гарантией этому служат те 20 тыс. золотых изделий, которые уже найдены в шести погребениях. А на Тилля-тепе ожидают раскопок новые захоронения.

Как бы то ни было, очевидно, что мы стоим на пороге открытий, каких еще не знала историческая наука в разработке проблем становления будущей империи Великих кушан. Римские привозные золо-

тые монеты, четко проявляющиеся греческие мотивы, включая греческие надписи, китайские зеркала и индийская слоновая кость — вот далеко не полный перечень вещей, обнаруженных в могилах Тиллятепе. Вместе с тем не следует начисто отрицать и местные бактрийские истоки культуры, которые хотя и глухо, но вполне отчетливо проявляются в этих погребальных приношениях. В этом плане показательны золотые фигурки крылатых богинь, восседающих на львах, аналоги которым имеются на бактрийских печатях эпохи бронзы.

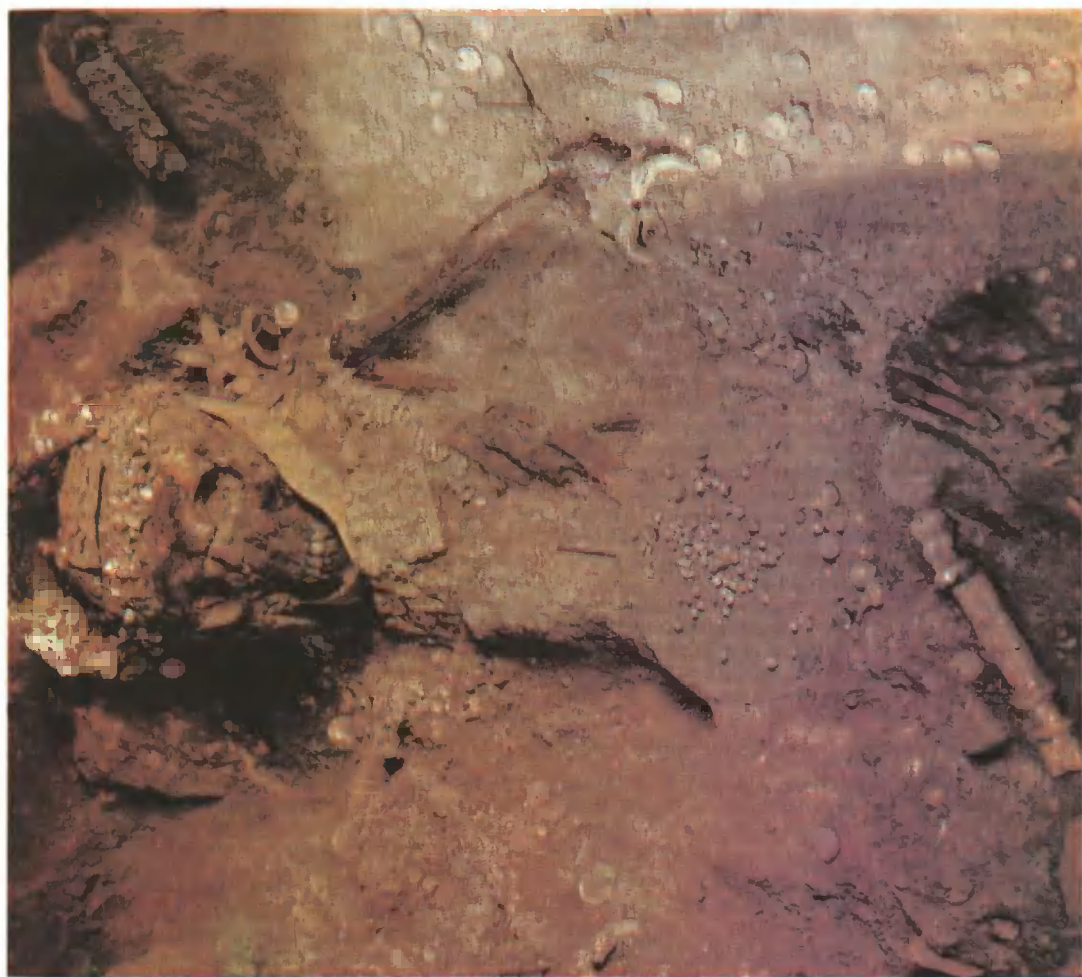
Кажется, впервые появляется возможность на фактическом материале проследить образование новой культуры, у истоков которой были традиции кочевников и землепашцев.



На с. 56 [сверху вниз]:
золотые браслеты после очистки;
золотой кинжал;
навершие ручки кинжала с изображением медведя.

На с. 57 [слева направо]:
бляшки в виде голов баранов;
гребень из слоновой кости с гравированным изображением человека;
золотые браслеты с изображениями антилоп на месте раскопок [внизу].





Воспоминание о Н. А. Северцове

А. П. Семенов-Тянь-Шанский
Рисунки Н. А. Северцова

В редакцию поступил рукописный материал — воспоминания крупного ученого-естествоиспытателя А. П. Семенова-Тянь-Шанского о знаменитом натуралисте и путешественнике XIX в. Н. А. Северцове.

Историю появления этого оригинального документа описала кандидат географических наук Р. Л. Золотницкая. Ею же составлен обстоятельный комментарий к документу, подобраны портреты ученых, а также фотокопии малоизвестных собственноручных рисунков Н. А. Северцова.

Заключение к публикуемому материалу написано по просьбе редакции известным биологом Н. В. Тимофеевым-Ресовским.

С Андреем Петровичем Семеновым-Тянь-Шанским мне посчастливилось познакомиться незадолго до его трагической кончины в осажденном Ленинграде.

А. П. Семенов-Тянь-Шанский [1866—1942] — старший сын знаменитого путешественника, вице-председателя¹ Русского географического общества Петра Петровича Семенова-Тянь-Шанского — крупнейший советский энтомолог, бессменный президент Русского энтомологического общества, известный специалист по энтомологической фауне Средней Азии, страстный исследователь Юго-Западного Туркестана, автор многих работ по систематике, зоогеографии и фаунистике насекомых. Он также известен как знаток античной поэзии и переводчик Горация². И сам Андрей Петрович писал стихи главным образом о природе, которую любил и тонко чувствовал³.

До конца жизни Андрей Петрович был единственным хозяином отцовской квартиры и продолжателем семейных традиций. Квартира эта, и ныне заселенная потомками Семеновых, находится на 2-м этаже дома № 39, что

по 8-й линии Васильевского острова в Ленинграде. В ней и теперь бережно хранятся многие реликвии большой семьи (картины и портреты, коллекции, скульптуры, книги, ценные рукописи, мебель и др.).

Встреча с Андреем Петровичем была вызвана потребностью услышать живые воспоминания современника о Н. А. Северцове, о котором я тогда начинала собирать материал.

Андрей Петрович Семенов-Тянь-Шанский оказался одним из немногих тогда еще здравствовавших ученых, лично знавших Николая Алексеевича Северцова.

Николай Алексеевич Северцов [1827—1885] — известный русский путешественник, мыслитель, один из энциклопедически образованных натуралистов XIX в., активный и последовательный пропагандист дарвинизма в России; в числе первых исследовал почти всю территорию горной и пустынной Средней Азии и дал комплексные географические характеристики природы Тянь-Шаня, Памира, Кызылкумов, Приуральских степей, Семиречья и др. Н. А. Северцов заслуженно считается крупнейшим отечественным орнитологом, основоположником зоогеографии и экологии.

Андрей Петрович с большой теплотой вспоминал встречи с Николаем Алексеевичем Северцовым в доме своего отца, где во второй половине XIX в. собирался цвет географической науки: деятели русского и зарубежных географических обществ, путешественники, ученые.

Беседа наша с Андреем Петровичем протекала оживленно. Он непринужденно вспоминал о сердечных отношениях его отца с Северцовым; о том, какое неотразимое впечатление на него, тогда юного любителя природы, произвели рассказы Северцова об исследованиях Туркестана, и с благодарностью отмечал влияние Северцова на свой выбор профессии. Иногда он отвлекался и с юмором рассказывал анекдоты, которыми было окружено имя Северцова. Порой он умолкал, глубоко задумывался, уходя мысленно в прошлое. Это настояжилось: казалось, воспоминания обрываются. Но Андрей Петрович был уже явно поглощен идеей увековечения памяти Северцова и для восполнения сведений посоветовал обратиться к своему брату, ВенIAMину Петровичу [1870—1942], известному зоогеографу и статистику, который, по его словам, помнил гораздо больше деталей о встречах с Северцовым и отлично имитировал его своеобразный голос.

¹ Соответствует современному понятию «президент».

² Квинт Гораций Флакк. Избранная лирика. — Q. Horatii Flacci, Carmina Selecta. Перевод А. П. Семенова-Тянь-Шанского М.—Л., 1936.

³ Некоторые из его стихотворений опубликованы в разных изданиях, в частности в книге: Павловский Е. Н. «Поэзия, наука и ученые». М.—Л., 1958.



НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ СЕВЕРЦОВ
60-е ГОДЫ XIX В.

Андрей Петрович, утомленный беседой, по-видимому, не был удовлетворен своими импровизированными воспоминаниями. Прощаясь, он сам предложил записать на досуге все, что сохранила его память.

Вскоре я побывала у Вениамина Петровича и, действительно, получила из беседы с ним много интересных дополнительных данных

о Северцове, а через некоторое время Андрей Петрович прислал мне обещанные воспоминания⁴.

Р. Л. Золотницкая

⁴ Один из экземпляров этих воспоминаний хранится в личном архиве академика Л. С. Берга. ЛО Архива АН СССР, ф. 804.

Яркий и исключительно своеобразный облик Николая Алексеевича Северцова глубоко на всю жизнь врезался в мою память со времени моих детства и отрочества, когда я начал встречать Северцова в комнатах моего отца, всегда для нас, его старших детей, доступных.

Н. А. Северцов был очень некрасив, и при крупном росте и массивной сутулой фигуре наружность его для детей была прямо устрашительна. Впечатление усиливалось не изгладившимися в течение всей его жизни следами его боевой схватки с кокандцами, в которой он не погиб только благодаря своему мужеству и богатырской натуре: его лицо было в шра-



Андрей Петрович Семенов-Тянь-Шанский, 1940 г.

мах, а одно ухо осталось рассеченным. Он не только не маскировал эти изъяны, но охотно показывал интересующимся свое разрубленное ухо¹. И мы, дети, подходя к нему ближе, уже не боялись его.

Движения Н. А. Северцова были всегда очень медленными. Говорил он необыкновенно медленно и протяжно, подобно бою старинных стенных часов, и при этом своеобразно картавил, так что каждый, рассказывавший о Северцове (а рассказов и анекдотов о нем было множество среди всех, побывавших в Туркестане), старался воспроизвести оригинальный его говор.

Стиль наружности Н. А. Северцова стал мне ясен только тогда, когда я увидел в 1888 г. на базаре в Ташкенте старого узбека, как две капли воды похожего на Николая Алексеевича; разница была

только в глубоко вдумчивом взгляде глаз Северцова, в его длинных волосах и очках, которые он носил постоянно. Очевидно, Средняя Азия, с которой он так сродился, наложила на него свою печать.

При такой наружности Северцов, несомненно, и оригинальничал. Все встречавшиеся с ним у туркестанского генерал-губернатора К. П. Кауфмана², жившего в Ташкенте почти по-царски, подтверждали это. И в Петербурге 1860-х и 70-х годов Северцов оригинальничал. Так, в свои наезды в столицу (а бывали эти наезды обыкновенно зимою: летом Н. А. работал в экспедициях) Северцов ходил по улицам Петербурга в громадной диковинного вида дохе, прикрывавшей иногда военную форму, которая была ему присвоена, как состоявшему при туркестанском генерал-губернаторе и участнику многих военных походов³. Северцов со своим обликом типичного ученого, при своих очках и длинных волосах имел в этих случаях вид совершенно невероятный и останавливал на себе общее внимание. Вольное его обхождение с военной формой, которую он надевал только по необходимости (при официальных представлениях и проч.), подчеркивало его независимые склад, образ мыслей и положение свободного ученого⁴.

Отличаясь, как многие ученые, большой рассеянностью, Северцов дал материала для множества о себе анекдотов, способствовавших его популярности в Туркестане. Анекдоты о Н. А. Северцове люби-

² Константин Петрович Кауфман (1818—1882) как генерал-губернатор Туркестана оказывал большое содействие исследователям края и многое сделал для его освоения. В его доме постоянно бывали путешественники, живописцы и литераторы. Частыми посетителями здесь были Северцов и художник В. В. Верещагин, которых связывали взаимные уважение и дружба.

³ Северцов исследовал эти места единственный раз при военном походе генерала М. Г. Черняева в Забайкальский край в 1864 г. Это было продиктовано его давнишним стремлением обследовать предгорья Тянь-Шаня и полным отсутствием других возможностей посетить этот район.

⁴ Северцов был сугубо штатским человеком, никогда не стремился к военной карьере, главной целью его жизни было изучение Туркестана, что в те времена было чрезвычайно трудно. Для беспрепятственного проведения экспедиций он вынужден был стать «чиновником особых поручений без жалованья» сначала при оренбургском, а потом при туркестанском генерал-губернаторе. Это и обязывало его при официальных представлениях в столице иногда носить военную форму.

¹ С 1857 по 1879 г. Северцов совершил 7 больших экспедиций по Туркестану (Средней Азии). В конце апреля 1858 г., во время первого путешествия в низовья Сырдарьи, он был захвачен в плен бродячей шайкой кокандцев. Жестоко израненного, больного, потерявшего надежду на спасение, его через месяц с трудом освободили русские пограничные войска.



Семья тигров.

Ущелье Ак-Тогой.







Вверху — беркут с добычей, внизу — львенок.



Тянь-Шанский пейзаж.

Горы Бос-Адыр.



ли рассказывать В. Ф. Ошанин, И. В. Мушкетов, А. М. Вилькинс, Ф. Е. Грумм-Гржимайло, Б. Л. Громбчевский, Н. Н. Каразин и многие другие⁵.

Я отчетливо помню Н. А. Северцова с начала 1870-х гг. В эти годы во время своих зимних наездов в Петербург, где он всегда работал в Зоологическом музее Академии наук и в библиотеке Географического общества, он часто бывал у моего отца и нередко, не застав его (отец часто бывал всецело поглощен общественной и государственной деятельностью), по несколько часов подряд просиживал никем не замечаемый за книгой в комнатах отца, пока сам себя не выдавал каким-нибудь метким и умным заключением на протекавшие мимо него проявления повседневной жизни дома: на какие-нибудь хозяйственные распоряжения, мимоходные восклицания и проч. В этих случаях Северцов со своей своеобразной дикцией бывал для нас истинным оракулом...

Так как отец мой бывал в те годы днем обыкновенно сильно занят или разъезжал по разным общественным делам⁶ (Северцов с грустью в эти годы говорил: «Ну, теперь Петр Петрович для науки потерян!»), отец щедро уделял ему время обыкновенно только за обедом или непосредственно после него. Вот тут-то и происходили интересные повествования Северцова и обмен между ним и моим отцом мнениями по вопросам географии Средней Азии.

Я жадно слушал эти разговоры (отец вспоминал также многое из своих путешествий), и во мне развивалась все большее и большее влечение к природе Средней Азии и к ее изучению.

Н. А. Северцов и Н. М. Пржевальский были теми яркими личностями, которые вместе с отцом моим привязали меня на всю жизнь к Средней Азии. С тех пор Тянь-Шань с его снегами, ледниками, сыртами, горными реками, озерами, очаровательной флорой и своеобразным животным миром сделался для меня страной в научном отношении обетованной. Как известно, изучению природы Тянь-Шаня отдали много любви и сил мой отец, Н. А. Северцов и Н. М. Пржевальский.

Около 1873 г. на меня, в то время еще ребенка, громадное впечатление произвели таблицы рисунков, главным образом, птиц, к большому труду Северцова «Вертикальное и горизонтальное распределение туркестанских животных»⁷. Н. А. Северцов был превосходным рисовальщиком, его исполненные в красках рисунки, вместе с таблицами зверей, птиц и гадов, которые предназначались для труда Пржевальского «Монголия и страна Тангутов» и которые приносил на показ моему отцу сам автор, предопределили мою профессию — зоологию и зоогеографию. Решающую же роль играли, конечно, повествования и Северцова, и Пржевальского. Рано ознакомился я и с первым большим трудом Н. А. Северцова, посвященным природе средней полосы России, «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гад Воронежской губернии»⁸. И труд этот остался не без благотворного влияния на зарождавшуюся во мне любовь к природе и ее изуче-

⁵ С большинством из названных путешественников Северцова связывали дружеские отношения, а с геологом И. В. Мушкетовым и художником Н. Н. Каразиным — еще и совместная работа в экспедициях.

⁶ Петр Петрович Семенов (1827—1914) — известный русский натуралист, путешественник, первоисследователь Тянь-Шанской горной системы, за что фамилия его в 1906 г. была присвоена приставка «Тянь-Шанский». Большое место в его жизни занимала научно-организационная и разносторонняя общественная деятельность: с 1873 по 1914 г. он — бессменный вице-председатель (президент) Русского географического общества; с 1864 по 1875 г. — глава Центрального статистического комитета, его статистическими работами пользовался В. И. Ленин. Он был крупным знатком и собирателем нидерландской живописи, уникальная коллекция которой была передана им в Эрмитаж.

⁷ Монография Северцова «Вертикальное и горизонтальное распределение туркестанских животных», богато иллюстрированная рисунками самого автора, издана Обществом любителей естествознания, антропологии и этнографии под редакцией А. П. Федченко и Л. П. Сабанеева в 1873 г. В ней Северцов впервые охарактеризовал выделенные им в Тянь-Шанских горах вертикальные физико-географические пояса (зоны). Ввиду малого тиража, эта классическая работа вскоре стала библиографической редкостью. В 1953 г. она была переиздана АН СССР под редакцией, со вступительной статьей и примечаниями А. Н. Формозова, но опять же малым тиражом — 1500 экз.

⁸ Полное название этого труда: «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гад Воронежской губернии. Рассуждение, написанное для получения степени магистра зоологии, Николаем Северцовым. По наблюдениям, сделанным в 1844—1853 гг.». Это была первая крупная экологическая работа в России и одна из первых в мировой зоологической литературе. В 1855 г. она была опубликована, а в 1950 г. переиздана под редакцией А. А. Григорьева и А. Н. Формозова.

нию. В память этого я позже сделал три скромных посвящения памяти Н. А. Северцова, назвав его именем три новых вида жесткокрылых насекомых: *Iphenagica* (вид, открытый самим Северцовым близ нижнего течения Сырдарьи), *Dorens* (единственного известного жука-олени из гор Туркестана) и *Carabus* (жужелицу из горной области озера Куку-Нор, бывшего мечтой и Северцова, и Пржевальского и достигнутого впервые последним). Сам Пржевальский посвятил Северцову вид рябчика, живущий в горах недалеко от Куку-Нора и в Тибете⁹.

Незабвенен для меня и следующий случай из жизни Н. А. Северцова. Во время нахождения его в Петербурге в 1879 г. в связи с его участием в VI Съезде русских естествоиспытателей и врачей, Северцов познакомился с гостившим в то время в столице известным исследователем рыболовства в России, сотрудником академика К. Э. Бэра Н. Я. Данилевским, автором только что появившегося тогда историко-политического очерка «Россия и Европа». Данилевский подготовлял в это время свою, позже сильно нашумевшую критику учения Дарвина¹⁰, в которой, как человек всегда сильно увлекавшийся, зашел, несомненно, слишком далеко. Н. А. Северцов как убежденный дарвинист выступил его рьяным противником и, посетив Данилевского в доме, где гостил последний, горячо спорил с ним целую ночь напролет, к немалому ужасу хозяйки дома.

Картину эту надо дополнить еще тем, что Данилевский всю ночь курил трубку на длинном черешневом чубуке, а Северцов — папиросы из какого-то специфического табака странного запаха. Столкновение двух выдающихся умов, обладавших при том же громадной эрудицией, оставило неизгладимый след в памяти свидетелей этого научного турнира.

Главным недостатком Н. А. Северцова были его рассеянность и некоторая беспорядочность. Они нередко налагали печать незаконченности на его научные

труды, в особенности на их оформление. Но эти внешние недостатки работы Н. А. Северцова находят себе оправдание в его кочевом в течение 25 лет образе жизни. Заползание в описании Северцовым некоторых его замечательных открытий, как, например, серпоклюва (*Falcistrostrum manii*) и так называемого индийского, на самом деле горного, среднеазиатского, гуса (*Anser Seorniarovi*) объясняется тем, что Николай Алексеевич, проживая годами в Туркестане, не мог следить за английской научной литературой по Индии.

Во время своих многочисленных среднеазиатских экспедиций Н. А. Северцов, проявляя свою широкую научную подготовку и широкие взгляды, производя географические исследования до него неведомых площадей, собирал всех представителей фауны, начиная с главной своей специальности — позвоночных животных и кончая моллюсками и, насколько позволяло ему время, насекомыми. По примеру Ч. Дарвина он хорошо знал, как много говорят в компетентных руках и насекомые для географии страны и истории ее фауны. В частности, он привозил П. П. Семенову среднеазиатские сборы насекомых также и других лиц, например А. А. Кушакевича, Фетисова¹¹ и других. Усердно собирал Н. А. Северцов и растения, что оставило свой плодотворный след во флористических работах наших ботаников (Борщова, Регеля, Гердера, Бунге)¹².

¹¹ Аполлон Александрович Кушакевич (1822—1882) — полковник, начальник Ходжентского уезда (ныне Ленинобадская обл.), любитель-ботаник и зоолог. Собрал ценные зоологические, в частности энтомологические, коллекции горных районов Средней Азии и значительный гербарий среднеазиатской флоры, хранящийся ныне в Ботаническом институте АН СССР. Он был одним из участников экспедиции Северцова на Памир в 1877—1878 гг. А. М. Фетисов — ученый-садовод, заведовал «каменным садом» в г. Верном (Алма-Ата), в 1878 г. путешествовал по Кульджинскому району, где собрал обширный гербарий, основная часть которого была передана им Петербургскому ботаническому саду.

¹² Илья Григорьевич Борщов (1833—1878) — ботаник и химик, профессор Киевского университета, знаток среднеазиатской флоры. Участник экспедиции Северцова 1857—1858 гг. к низовьям Сырдарьи. Эдуард Людвигович Регель (1815—1892) — академик, директор Ботанического сада в Петербурге, исследователь флоры Сибири, Дальнего Востока и Туркестана.

Фердинанд Эмильевич Гердер (1820—1896) — ботаник-библиограф, систематик растений, с 1856 по 1892 г. — консерватор

⁹ Именем Северцова названы, кроме того, некоторые виды млекопитающих, рыб, рептилий и растений, а также — горные вершины, водоемы и ледники в Средней Азии.

¹⁰ Имеется в виду работа Н. Я. Данилевского «Дарвинизм» (1885), вызвавшая большую полемику. Николай Яковлевич Данилевский (1822—1885) — натуралист и путешественник, статистик, общественный деятель, участник кружка петрашевцев, публицист.

Давая свой отзыв о первой крупной работе Северцова «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гад Воронежской губернии», увенчанной по этому отзыву одной из главных премий нашей Академии наук, академик А. Ф. Миддендорф, знаменитый исследователь Сибири, а позже и Туркестана, выдвинул Северцова как выдающегося натуралиста-наблюдателя и тем своевременно обратил на него внимание Академии наук¹³. Это было еще в середине 1850-х годов. Позже, в 1870-х годах, Н. А. Северцов, получивший ученую степень магистра зоологии за только что названную работу, был увенчан родным ему Московским университетом почетной степенью доктора зоологии за свой многолетний труд «Вертикальное и горизонтальное распределение туркестанских животных»¹⁴. Кроме того, он получил несколько премий нашего Географического общества¹⁵, золотую медаль в Париже¹⁶ и приобрел широкую известность за границей. Естественное место Н. А. Северцова было, казалось, среди членов нашей Академии наук, но всесильная тогда немецкая партия не допустила Се-

верцова в среду Академии, как она несколько позже не допустила туда и нашего великого химика Д. И. Менделеева...

Я видел последний раз Н. А. Северцова в нашей семье зимою 1883—1884 гг., незадолго до его трагической гибели¹⁷. Он был в то время еще полон творческих сил и строил новые планы научных работ. Его постигла та же участь, что и другого замечательного путешественника, талантливого исследователя природы Средней Азии, Алексея Павловича Федченко, также трагично погибшего в еще более раннем возрасте...

¹⁷ Северцов погиб 26 января 1885 г. близ родового имения в селе Петровском Воронежской губернии. Коляска, в которой он переправлялся через речку Игорец, при токе р. Дона, попала в полынью, и Северцов, хотя и был сразу вытаскен из ледяной воды, тут же на берегу скончался.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ О Н. А. СЕВЕРЦОВЕ

Азатьян А. А. ВЫДАЮЩИЕСЯ ИССЛЕДОВАТЕЛИ ПРИРОДЫ СРЕДНЕЙ АЗИИ. Ташкент, 1966. С библиогр. о Н. А. Северцове.

Дементьев Г. П. НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ СЕВЕРЦОВ, ЗООЛОГ И ПУТЕШЕСТВЕННИК (1827—1885). М., 1940; 2-е изд. доп. М., 1948.

Золотницкая Р. Л. Н. А. СЕВЕРЦОВ — ГЕОГРАФ И ПУТЕШЕСТВЕННИК. М., 1953. С картой маршрутов и полной библиогр.

Коровин Е. П. НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ СЕВЕРЦОВ В СРЕДНЕЙ АЗИИ.— В кн.: Русские ученые — исследователи Средней Азии. Сб. документов. Т. II. Н. А. Северцов. Ташкент, 1958.

Мензбир М. А. НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ СЕВЕРЦОВ (биографический очерк).— «Зап. РГО по общей географии», 1886, т. XIII.

Мурзаев Э. М. Н. А. СЕВЕРЦОВ.— В кн.: В далекой Азии. Очерки по истории изучения Средней и Центральной Азии в XIX—XX веках. М., 1956.

Огнев С. И. Н. А. СЕВЕРЦОВ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РУССКОЙ ЗООЛОГИИ. К 50-летию со дня смерти.— «Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол.», 1938, нов. сер., т. XVII, вып. 5—6.

Панков А. В. НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ СЕВЕРЦОВ КАК ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ТУРКЕСТАНА.— «Изв. Туркест. отд. РГО», 1915, т. XI, вып. 1.

Райков Б. Е. НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ СЕВЕРЦОВ.— В кн.: Русские биологи-эволюционисты до Дарвина. Т. IV. М.— Л., 1959.

и библиотекарь Ботанического сада Академии наук.

Александр Андреевич Бунге (1803—1890) — естествоиспытатель, путешественник, профессор Казанского и Тартуского университетов; знаток флоры Алтая, Ирана, Монголии и Китая.

¹³ Александр Федорович Миддендорф (1815—1894) — академик, орнитолог, путешественник, исследователь Сибири, Новой Земли, Исландии, Дальнего Востока и Средней Азии. Выступая в числе оппонентов магистерской диссертации Северцова, высоко оценил сочинение молодого ученого: «...оно представляет собой совершенно новое явление в русской литературе». По представлению А. Ф. Миддендорфа, работа Северцова была удостоена Малой Демидовской премии Академии наук.

¹⁴ Степень доктора зоологии была присуждена Северцову Московским университетом в 1868 г. *honoris causa*.

¹⁵ Северцов вступил в члены Русского географического общества в 1857 г. За свои исследования в среднеазиатских экспедициях он был награжден РГО Малой золотой медалью, (1867), медалью Ф. П. Литке (1878) и высшей наградой РГО — Константиновской медалью (1883).

¹⁶ В 1875 г. Северцов был одним из делегатов Международного географического конгресса в Париже, где выступил с докладом «О следах ледяного периода на Тянь-Шане» (опубликован в 1878 г., на франц. яз.). За «Путешествия в Туркестане и исследования Тянь-Шаня» удостоен высшей награды конгресса — Медали первого класса.

К публикации «Воспоминания о Н. А. Северцове»

профессор Н. В. Тимофеев-Ресовский

г. Обнинск

Современное поколение студентов и молодых ученых всех специальностей, к сожалению, мало знает, а потому зачастую недооценивает грандиозные достижения русской культуры вообще и естествознания в частности за последние три столетия; напоминание об этих достижениях — выше публикуемые воспоминания А. П. Семенова-Тян-Шанского о Н. А. Северцове, подготовленные Р. Л. Золотницкой.

В истории России XVIII—XIX и начала XX в. были совершенно замечательные и грандиозные расцветы искусства и наук.

С середины XVIII в. начался первый — академический — расцвет живописи (Антропов, Левицкий, Боровиковский, Веницианов, Рокотов, Тропинин и др.), закончившийся в начале XIX в. работами двух крупнейших художников — А. И. Иванова и К. П. Брюллова. Примерно в это же время был удивительный взлет, сперва петербургской, а затем московской и подмосковной архитектуры, от которого до сих пор остались замечательные памятники. В середине XIX в. началось внутри- и внеакадемическое брожение в искусстве, приведшее к появлению группы «передвижников». В конце XIX в. в Академии художеств образовалась школа знаменитого мастера П. П. Чистякова, а вне Академии появился ряд обществ: «Мир искусства» (в основном, в Петербурге), «Союз русских художников» (в основном, в Москве), а затем, уже в начале нашего столетия до 20-х годов — возник целый ряд различных по своим устремлениям и программам и развитию тех или иных сторон художественного мастерства, в большинстве своем недолговечных художественных кружков различного направления. Архитектура, с конца XIX в. и до нашего времени, не дала подобных «взрывов» творчества.

С конца XVIII в. в течение целого столетия продолжалось исключительное по своему богатству, разнообразию и высоте развитие поэзии и литературы (Сумароков, Державин, Фонвизин, Жуковский, Батюшков, Вяземский, Пушкин, Баратынский, Тютчев, Фет, Гоголь, Лермонтов, Достоевский, Гончаров, Тургенев, Лесков, Толстой и многие другие представители классической русской литературы). В 1890—1920 гг. пышно расцвела современная русская литература, лучшие влияния и традиции этого взлета сохраняются до наших дней.

Некоторые области искусства упомянуты, чтобы подчеркнуть «всеобщность расцветов» и «взрывов» русской культуры за последние два с половиной века. Развитие естествознания в России начиная с 1-й половины XVIII в. до начала нашего столетия характеризуется большим творческим подъемом. Гений Ломоносова положил начало развитию как гуманитарных наук, в особенности русского языка и русской грамматики, так и ряда областей описательного и экспериментального естествознания в России. В середине XVIII в. была также завершена грандиозная работа, запланированная еще Петром I — Великая Северная экспедиция, главным образом под руководством Беринга, Чирикова, Шпанберга, Дежневых, супругов Прончищевых, Лаптевых, Челюскина и ряда других русских моряков, описавших (и для тех времен, исключительно точно) почти все Северное побережье Евразии, Берингов пролив, Северо-западное побережье Северной Америки, Алеутские и Командорские острова и полуостров Камчатку. Современником Ломоносова С. П. Крашенинниковым (1711—1755) была составлена первая в мировой истории крупная комплексная географическая монография «Описание земли Камчатки». Во второй

половине и в конце XVIII — начале XIX в. Академией наук (Лепехин, Озерецковский, Зуев, Гмелин, Паллас, Гюльденштедт, Георги, Рычков, Фальк и др.) было организовано несколько так называемых Великих географических экспедиций, создавших основу физико-географических и естественноисторических представлений.

В XIX в. были продолжены морские кругосветные плавания и большие сухопутные экспедиции по изучению Евразии, которые проходили под руководством Русского географического общества, основанного в середине XIX в.

Большую роль в организации и научном обосновании больших русских экспедиций во второй половине XIX и начале XX в. сыграл бессменный вице-президент Географического общества Петр Петрович Семенов-Тянь-Шанский. Он возглавил первую крупную экспедицию на Тянь-Шань, включив в программу своих исследований основы фитогеографии этой области. Затем, на всем протяжении второй половины XIX и начала XX в., при его ближайшем участии была организована целая серия знаменитых и выдающихся по своим результатам экспедиций в Среднюю и Центральную Азию (Северцов, Федченко, Ошанин, Пржевальский, Певцов, Робаровский, Потанин, Козлов и др.).

Сама обширность нашей территории и ее физико-географическое разнообразие заставляли русских естествоиспытателей так или иначе связывать свою работу с исходно чисто географическими экспедициями. Таким путем из первых экспедиций Семенова-Тянь-Шанского, Северцова и некоторых других зародились обширные и распространявшиеся на всю Евразию и прилегающие части Африки биогеографические исследования. Работы П. П. Семенова-Тянь-Шанского положили начало русской школе фитогеографии, а работы Северцова и А. П. Федченко легли в основу ряда крупных зоогеографических работ и обобщений. Обследованное в первом приближении во 2-й половине XIX в. географически весьма разнообразное обширное пространство Евразийского материка легло в основу созданного В. В. Докучаевым учения о географической зональности природы; на этом учении было основано развитие созданного Докучаевым и его учениками почвоведения, как типично русской науки. Это же учение Докучаева о географической зональности было положено его учеником В. И. Вернадским в основу нового научного направления — биогеохимии. Наконец, контакт с тем же

учением о географической зональности и с биогеохимией привел в биоценологических работах В. Н. Сукачева к формированию новой русской дисциплины — биогеоценологии; последняя занимается вычлениением и описанием биогеоценозов, как элементарных биохронологических единиц биосферы Земли.

Этот комплекс, в первую очередь, включает в себя общее учение о биосфере и биогеохимию В. И. Вернадского и биогеоценологию В. Н. Сукачева. Предельно кратко вышеупомянутые крупные исследователи Земли Русской совершили огромную описательную работу, которая легла в основу трех совершенно новых наук. Следует еще отметить интереснейшие работы в области теоретических основ географии школы Л. С. Берга, которые, к сожалению, не только не закончены, но и не систематизированы.

Таким образом, на протяжении двух с половиной столетий на твердой основе изучения огромной территории нашей страны русское естествознание как академическое, так и университетское, создало обширный новый и своеобразный комплекс типично русских дисциплин о нашей планете — Земле.

Эти интереснейшие группы русских естественноисторических исследований о Земле, вместе с упомянутыми в начале творческими группами, участвовавшими в развитии разных областей русского искусства, создают общую грандиозную картину развития русской культуры за последние три столетия.

В связи с современным бурным ростом различных научных и ненаучных дисциплин и дискуссий, связанных со сложной и почти безнадежно запутанной проблемой взаимоотношений постоянно растущего технически оснащенного человечества со своей средой обитания, хочется подчеркнуть огромное значение, которое имеет в наше время теснейшая связь биосферно-биогеоценологического мышления человека с его повседневной жизнью и деятельностью. И нам нельзя забывать традиций в развитии русского естествознания, а главное, истории формирования новых естественноисторических дисциплин (учение о биосфере В. И. Вернадского, учение о зональности природы и почвы В. В. Докучаева, основы экологической биогеографии, заложенной Н. А. Северцовым, и биогеоценология В. Н. Сукачева), которые лежат в основе будущей разработки взаимоотношений человечества с биосферой.

Тепловой поток из недр Земли и его происхождение

Е. А. Любимова



Елена Александровна Любимова, доктор физико-математических наук, профессор, заведующая лабораторией геотермики Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Специалист в области изучения теплового состояния Земли и физической природы тепловых потоков на континентах и океанах.

В последние годы исследования тепловых потоков из недр к поверхности Земли приобретают все большее теоретическое и практическое значение. С их помощью можно судить о степени неравномерности распределения тепла в недрах нашей планеты, решать фундаментальный для физики Земли вопрос о поведении вещества при высоких температурах и давлениях, выделять зоны гидротермальной активности, определять температуру земной коры и, наряду с другими геофизическими методами, оценивать толщину твердой оболочки Земли — литосферы и глубину залегания размягченного слоя — астеносферы. От температуры зависят почти все основные физические свойства пород — упругость, вязкость, электропроводность, магнитные свойства, коэффициент диффузии, давление, при котором происходит плавление пород, и другие фазовые переходы. По изменению этих свойств можно судить об изменении температуры и наоборот.

Среди характеристик теплового поля наиболее важен тепловой поток, который показывает, как происходят потери тепловой энергии Землей через различные участки ее поверхности. Экспериментально тепловой поток определяют путем измерения геотермического градиента (т. е. градиента температуры на опреде-

ленной глубине) и коэффициента теплопроводности горных пород, произведение которых и дает величину плотности теплового потока на поверхности Земли. Геотермический градиент и теплопроводность сильно изменяются от места к месту, тогда как тепловой поток менее зависит от местоположения участка земной поверхности.

Тепловой поток уносит из недр планеты в пространство ежегодно не менее 10^{20} Дж тепла. Эта энергия выделяется повсеместно и в 100 раз превышает годовую энергию землетрясений, вулканических извержений, гидротермальной активности, которые проявляются на поверхности Земли в узких зонах. Тепловой же поток может быть обнаружен в любой точке земного шара.

Величина распределения плотности теплового потока была впервые исследована на континентах в глубоких скважинах Южной Африки в 1939 г., а затем в 1954 г. на дне океанов под слоем воды в Атлантическом океане¹. В СССР такие измерения начались с 1960 г. в районе глубоких скважин близ Сочи и Мацесты. В настоящее время количество отдельных точек,

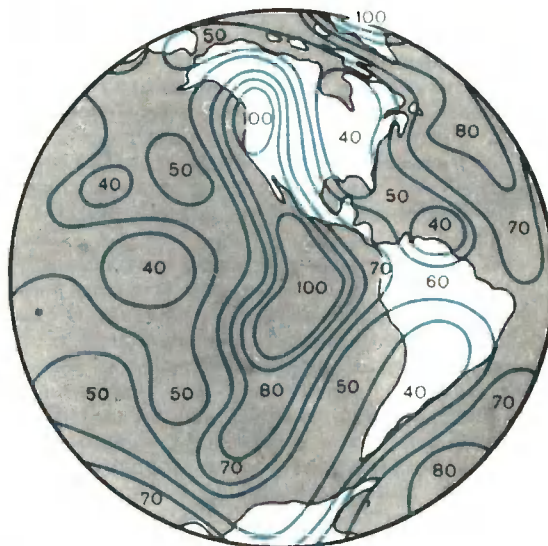
¹ Bullard E. C. The flow of heat through the floor of the Atlantic Ocean.— «Proceed. Roy. Soc». 1954. A 222.

в которых измерен тепловой поток в СССР, достигло 2000, а на земном шаре превосходит 7000.

На суше измерения теплового потока производят в скважинах на глубинах, где не сказываются суточные и сезонные колебания температуры и фильтрация вод. При этом для достижения нужной точности измерений необходимо дождаться установления теплового равновесия после тех возмущений, которые вызваны процессом бурения, нужно также равномерно по глубине отобрать образцы пород для

Южную Америку. Наибольшие значения теплового потока — теплые и горячие пятна нашей планеты — наблюдаются в районе Исландии, Байкала, Красного моря, Восточно-Тихоокеанского поднятия, подводного Срединно-Атлантического и Индийского хребтов; Охотского, Японского и др. морей, островных дуг восточной части Тихого океана. В среднем на планете² плотность поверхностного теплового потока составляет 75 мВт/м^2 .

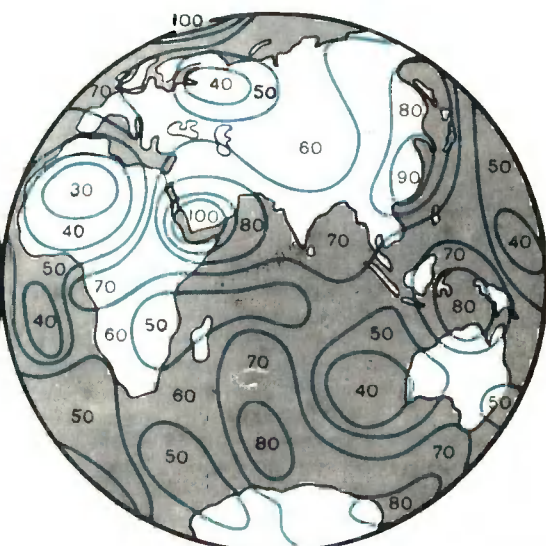
Пример распределения величин поверхностного теплового потока на конти-



Изолинии теплового потока (в мВт/м^2) на поверхности Земли, полученные в результате математической обработки данных о величинах теплового потока в отдельных точках на континентах и океанах (по Е. И. Суетовой). Максимальные значения теплового потока характерны для Исландии, Красного моря, восточной части Тихого океана.

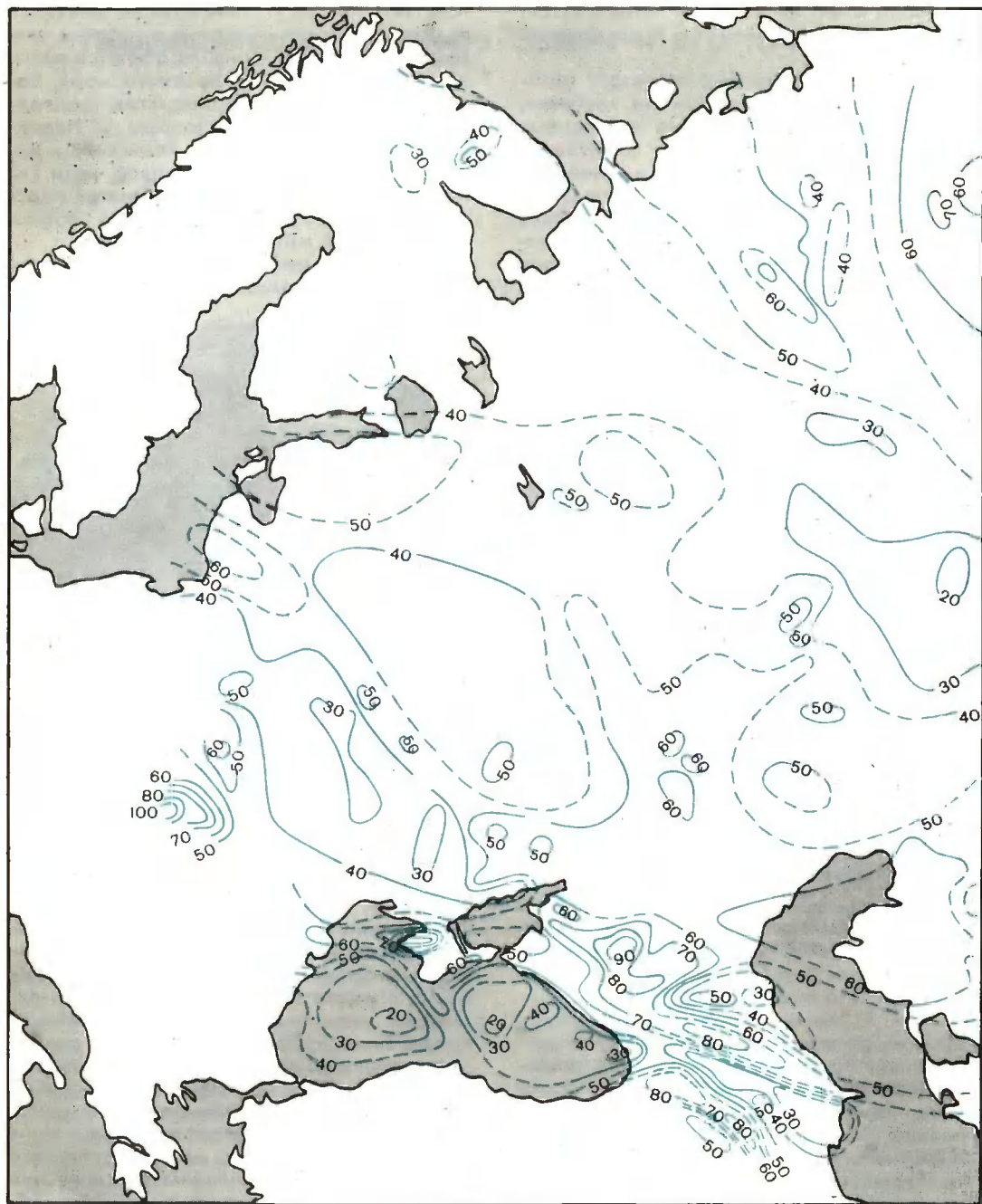
изучения их теплопроводности. Значительно проще производить измерения теплового потока на океаническом дне. Термозонды, измеряющие температуру и одновременно отбирающие грунт для определения теплопроводности, опускают с борта корабля и на несколько минут погружают в мягкие осадочные породы, покрывающие морское дно.

Анализ распределения значений теплового потока по земному шару показывает, что наименьшие его значения — холодные пятна — приходятся на Восточную Европу, Канаду, Северную Африку, Австралию, центральную часть Тихого океана,



нентах (территория Восточной Европы) представлен на одном из наших рисунков. Величины теплового потока низки на Кольском п-ове и повышаются в сторону складчатых областей Карпат и Кавказа. В этих районах тепловой поток распределен наиболее неравномерно. Изолинии здесь сгущаются, что означает резкие перепады его величины в горизонтальном направлении. По контрасту с южной частью, центральная и северная части Восточно-Европейской платформы характеризуются более устойчивым и низким тепловым потоком. На этом примере можно проследить зависимость величин теплового потока от возраста складчатости и от тектонической активности регионов. Так, области наиболее древней докембрийской складчатости (Кольский п-ов, Карелия,

² Chapman D. S. and Pollack H. N. Global heat flow revisited.— XVII General Assembly of IUGG, Canberra, Australia, 2—15 Dec. 1979.



Изолинии теплового потока (в мВт/м^2) на территории Восточной Европы (по Р. И. Кутас, Е. А. Любимовой, Я. Б. Смирнову).

Украинский щит) характеризуются низким потоком — $30\text{--}40 \text{ мВт/м}^2$, области более молодой герцинской и каледонской складчатости (Северный Урал, Тимано-Печорский бассейн) промежуточными значениями теплового потока ($50\text{--}60 \text{ мВт/м}^2$); об-

ласти молодой альпийской складчатости — самыми высокими значениями ($70—90 \text{ мВт/м}^2$).

Уменьшение теплового потока с возрастом структур наблюдается более отчетливо в области океанического дна. Величина теплового потока быстро падает по мере удаления от осей срединно-океанических хребтов. Величина теплового потока на океанах обратно пропорциональна квадратному корню от величины возраста структур. Эти закономерности являются отражением внутренних процессов, связанных с конвективным переносом тепла в мантии.

Тепловой поток поступает из недр непрерывно. Если средняя плотность теплового потока была такой же, как сейчас, на протяжении всей жизни Земли (около 4,5 млрд лет), то можно прийти к выводу, что Земля за время существования потеряла колоссальную энергию — около 10^{30} Дж. Каковы же источники этой энергии?

Долгое время энергетический баланс планеты определяли на основе данных о среднем тепловом потоке и гипотезы о первоначально расплавленной и медленно остывающей Земле. В дальнейшем выяснилось, что в глубинах существуют источники тепла, действие которых замедляет остывание. Такими источниками оказались радиоактивные изотопы урана, тория и калия. Для многих районов земной коры установлена прямая зависимость между поверхностным тепловым потоком и выделением тепла от распада радиоактивных элементов в приповерхностных породах. Эти изотопы, хотя и в очень малых дозах, встречаются во всех породах, и особенно велико их содержание в гранитах, составляющих верхний слой земной коры, где оно достигает $10^{-6}—10^{-7}$ г на 1 г породы. В меньшей концентрации (10^{-7}) они присутствуют в базальтах, составляющих нижнюю часть земной коры, и еще в меньшей (10^{-8}) — в более глубоких породах верхней мантии. Причина обогащения радиоактивными изотопами верхнего десятикилометрового слоя земной коры, видимо, связана с тем, что уран и торий имеют тенденцию образовывать окислы и входить в легкие силикатные соединения, которые всплывают к поверхности при первичной конвекции планеты.

Состав глубинных пород показывает, что радиоактивные элементы в меньшей концентрации должны быть распределены по всему объему земного шара; они непрерывно генерируют энергию и обеспе-

чивают вполне достаточное количество тепла не только для возникновения теплового потока на поверхности, но и для поддержания тепловой конвекции в верхней мантии и ядре.

С течением геологического времени содержание радиоактивных элементов в породах убывает за счет их естественного распада. В связи с этим убывает во времени и выделение радиогенного тепла. Принимая во внимание длительность периодов полураспада урана, тория (около 10^9 лет) и калия (10^8 лет), легко рассчитать, что за время существования Земли выделение тепла в результате распада изотопов должно было уменьшиться почти в 5 раз по сравнению с первоначальным. Однако такое уменьшение теплового потока не означает, что происходит падение температуры Земли; в действительности температура уменьшается с большим запаздыванием из-за плохой теплопроводности вещества и значительной тепловой инерции Земли.

После выяснения большой роли выделение энергии в результате радиоактивного распада в недрах Земли ее тепловую историю стали количественно описывать уравнением теплопроводности с переменными, убывающими во времени источниками.

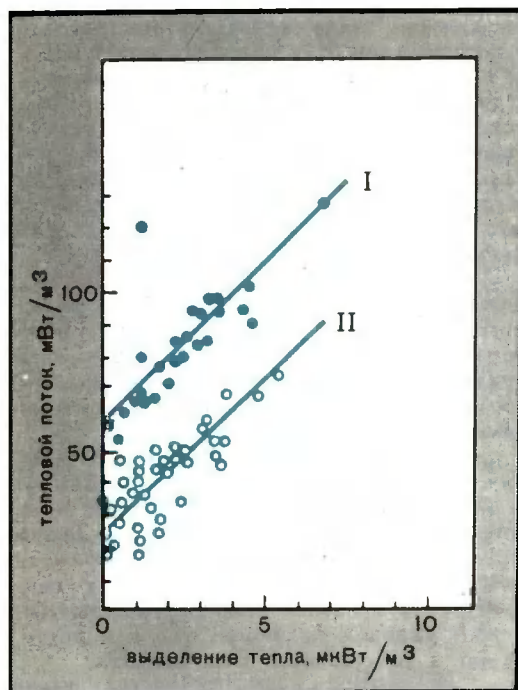
Постепенно изменялись представления о первоначальной температуре Земли. В 40-е и 50-е годы О. Ю. Шмидтом была впервые выдвинута идея о том, что Земля возникла при аккумуляции холодной космической пыли и протопланетных тел, а ее первоначальная температура определялась ударами падающих тел и сжатием Земли в собственном поле тяжести.

Изменение космогонических представлений по времени совпало с введением в расчеты данных об изменении теплопроводности земных пород с ростом температуры и давления. Лабораторные измерения показали, что для большинства кристаллических пород теплопроводность убывает с ростом температуры и проходит через минимум в верхних слоях Земли (на глубинах около 100 км). Это означает, что процесс остывания Земли должен быть более медленным, чем предполагалось ранее, из-за сильного теплоизолирующего эффекта верхнего слоя, называемого литосферой.

В 50-х годах геофизики пришли к выводу, что в интервале $1000—1200^\circ\text{C}$ теплопередача должна резко возрасти, поскольку при этих температурах заметную роль помимо теплопроводности начи-

нает играть непосредственно лучистый перенос тепла, как в металлургической печи перед плавлением.

Изучение тепловой истории Земли с учетом возможного суммарного эффекта конвекции, теплопроводности и лучистого переноса тепла привело к выводу о цикличной истории теплового потока в прошлом. Если последовательно рассчитать модель тепловых процессов в Земле от начала ее существования до ее современного состояния, можно считать, что тепловой поток в прошлом был выше, чем сей-



Соотношение между тепловым потоком и выделением тепла, связанного с распадом радиоактивных изотопов урана, калия и тория в приповерхностных слоях земной коры толщиной около 7 км. I — для континентальных структур мезокайнозойского возраста, II — для более древних структур. Такое соотношение установлено в настоящее время для 17 областей земного шара — батолита Сьерра-Невада, Канадского, Балтийского и Украинского докембрийского щитов, Богемского массива в ЧССР, массивов в Нигерии и Замбии и т. п.

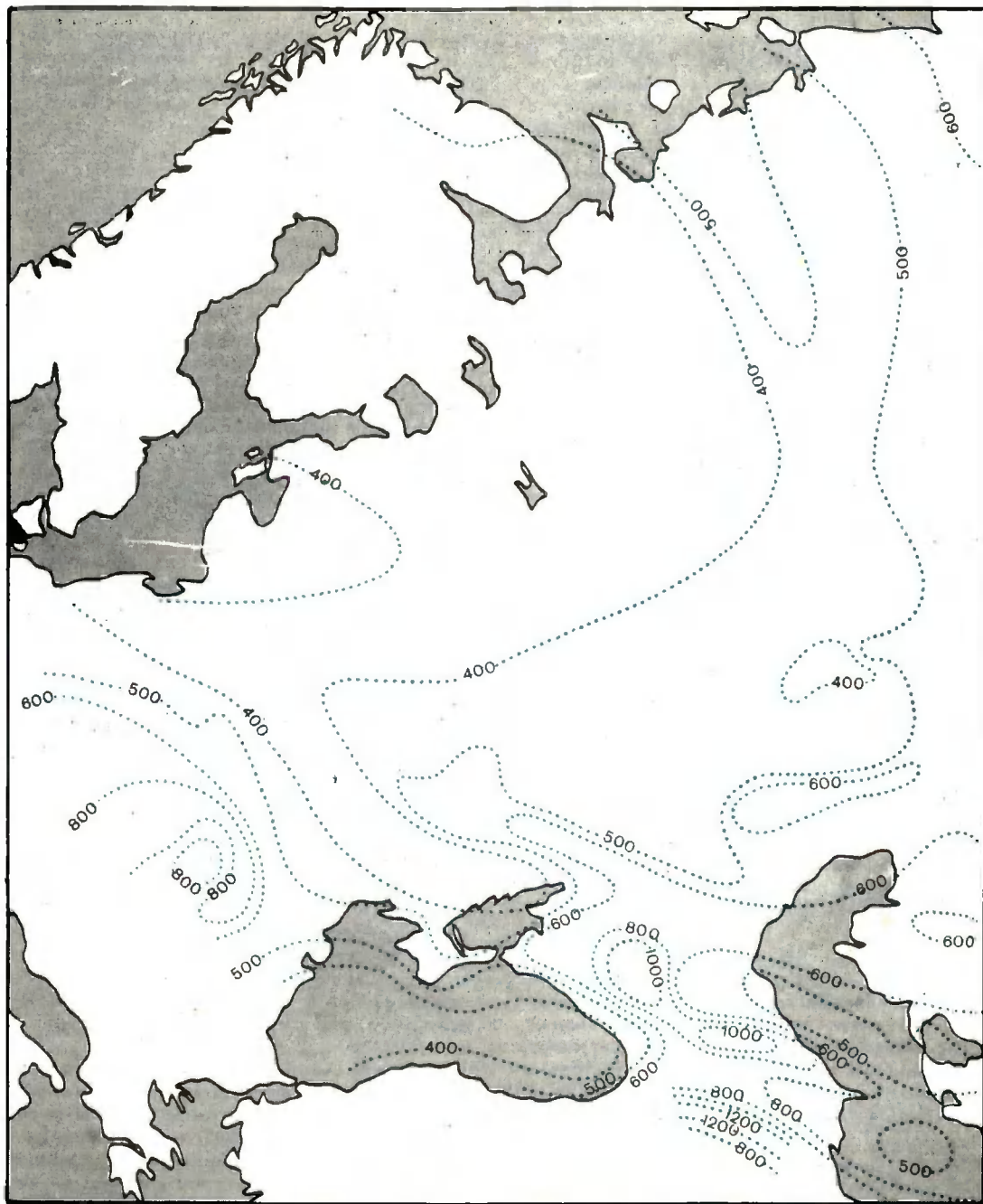
час, и что Земля потеряла путем испускания тепла в пространство огромную энергию. Область оттока тепла распространяется на всю толщу тектоносферы. Глубже тектоносферы происходит нагрев. Здесь возможен вплоть до настоящего времени мощный механизм переноса тепла — кон-

вективные течения, возникающие при перемещениях размягченного вязкого вещества.

Сейсмологами установлено, что на уровне 100 км расположен такой размягченный слой, внутри которого скорость распространения сейсмических волн уменьшается, а вязкость падает до 10^{20} пуаз. Слой низких скоростей сейсмических волн был назван астеносферой, в отличие от более твердого верхнего слоя — литосферы, которая включает в себя верхнюю холодную часть мантии и более тонкую (от 10 до 60 км) земную кору. Наличие слоя астеносферы подтверждается геотермическими данными. Изучение температуры плавления пород мантии показало, что она растет с глубиной со скоростью 3°C на 1 км. Сопоставление геотерм (температур, рассчитанных на основе данных о тепловом потоке, параметров теплопроводности, генерации тепла, расслоенности и т. д.) с температурой плавления приводят к выводу, что геотермы приближаются к температуре плавления как раз на уровне слоя пониженных сейсмических скоростей и низкой вязкости. Вполне разумно связать этот слой с началом частичного плавления. Наличие астеносферного слоя имеет принципиальное значение для динамики планеты. Электропроводность вещества на этом уровне резко падает. Упругие свойства также резко изменяются. Взаимодействие литосферы и астеносферы проявляется на поверхности в виде развитых тектонических движений.

Изучение теоретических моделей эволюции частично расплавленного слоя было осуществлено с помощью моделирования на ЭВМ³. Если считать, что на уровне этого слоя существует интенсивная теплопередача, и учесть, что на верхней границе должно происходить частичное расплавление с некоторым поглощением тепла, а на нижней его границе — затвердевание с выделением теплоты кристаллизации, которая передается к верхней границе, усиливая эффект плавления, то в этих условиях слой древней астеносферы должен начать перемещаться вверх, а затем остановиться и застыть. Таким образом, астеносфера должна то появляться, то исчезать, а верхний ее уровень то подниматься, то опускаться. Если такое явление цикличности существовало, то с ним

³ Тихонов А. Н., Любимова Е. А., Власов В. К. Об эволюции зон плавления в мантии Земли. — Доклады АН СССР, 1969, т. 182, № 2.



Значения температуры под земной корой на уровне границы Мохоровичича на территории Восточной Европы (в °С). В области древних платформ и щитов температуры сравнительно невысоки [значительно ниже температур плавления], в тектонически активных областях (Карпаты, Предкавказье, Кавказ, Закавказье) они достигают 800–1200°С и приближаются к температурам плавления пород.

можно было бы связать цикличность тектонодеятельности, проявления которой постоянно подтверждаются данными геологии и геохронологии.

Уровень положения слоя частичного плавления в некоторой степени отражается на величинах поверхностного теплового

потока и распределения температур в верхнем литосферном слое континентальной и океанической коры. Зная толщину различных слоев коры по данным глубинного сейсмического зондирования, а также изучив генерацию тепла изотопами урана, тория и калия в осадочном, гранитном, базальтовом слоях коры, мы можем предсказать значения температуры в основании земной коры, или, другими словами, на уровне так называемой границы Мохоровичича. Геотермический метод исследования показывает, что в основании коры докембрийских щитов температура достигает 400°C , в областях тектонически активных режимов Предкавказья, Кавказа и Закавказья температура на границе Мохоровичича повышается в 2—3 раза и достигает от 800 до 1200°C : это свидетельствует о близости этой части верхней мантии к состоянию частичного расплавления и существовании здесь приподнятого края астеносферы. Такое состояние астеносферы иногда называют возмужденным⁴. В зонах активного тектогенеза (на Кавказе и в Карпатах, например) глубинные температуры должны сильно изменяться в горизонтальном направлении. Величина таких перепадов вполне достаточно для накопления термоупругих напряжений, с разрядкой которых можно связать происхождение некоторых очагов землетрясений в земной коре.

Другой характерной границей в недрах Земли, которая характеризуется явным переходом в состояние плавления и где возможны конвективные течения, является граница внешнего ядра Земли на глубине 2900 км. Первые представления о том, что на границе земного ядра породы находятся в расплавленном состоянии, сложились на основе данных глубинной сейсмологии и изучения магнитного поля Земли. Плотность вещества на этой границе резко возрастает, а поперечные сейсмические волны практически затухают. Эти явления могут быть связаны только с переходом пород в жидкое состояние. Без гипотезы о жидком ядре и развитой конвекции в нем невозможно было бы объяснить наличия сильного магнитного поля Земли.

Представления о расплавленном состоянии ядра подтверждаются расчетами, выполненными геотермическим методом. Внешняя граница ядра, состоящего из же-

леза и силикатов, с одной стороны, характеризуется переходом в расплавленное состояние, с другой — интенсивным проявлением процесса гравитационной дифференциации вещества, т. е. разделением на более легкую (силикатную) и более тяжелую (железную) фракции. Процесс такого разделения вещества сопровождается выделением энергии, сопоставимой по величине с радиоактивной генерацией тепла. Для проявления процессов дифференциации (гравитационной или химической) необходим предварительный нагрев планеты, который осуществляется радиоактивными элементами или возник еще в ранний период эволюции Земли под действием ударов протопланетных тел. При разогреве вначале плавится железо. Собирающийся на границе земного ядра слой тяжелой жидкости вначале может оказаться выше более легкого силикатного. Как показывают лабораторные исследования гравитационной конвективной неустойчивости двух вязких жидкостей, достаточно совсем небольшого перепада в их плотности, чтобы более легкое вещество взрывообразно в виде интенсивной струи всплыло вверх⁵.

Это явление порождает так называемые мантийные плюмы в верхней мантии — области резких неоднородностей свойств вещества, возникающие в результате продвижения такой струи⁶. При достижении слоя астеносферы струя растекается, порождая «горячие пятна», наблюдаемые в литосфере. С возбуждением астеносферы, возможно, связаны те катаклизмы, следы которых геологи наблюдают на поверхности Земли в виде современного и потухшего вулканизма, в виде зон высокого теплового потока и областей гидротермальной активности и, наконец, в виде разрушительных землетрясений, одной из причин которых является неравномерное распределение температуры в земной коре.

Закономерности распределения теплового потока на поверхности, и в частности зависимость его от возраста структур, свидетельствуют о возможности конвективного теплопереноса вещества в глубине под твердым верхним слоем Земли — литосферой.

⁴ Белоусов В. В. Основы геотектоники. М., 1975.

⁵ Psenai-Severin S. V. Laboratory model of convective element. — «Geothermics», 1975, № 4.

⁶ Артюшков Е. В. Геодинамика. М., 1978.

ЯМР-интроскопия — новый метод изучения структуры биологических объектов

Э. И. Федин,
доктор физико-математических наук

Комиссия по радиоспектроскопии АН СССР

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) широко применяется в наши дни в науке и технике; ЯМР-спектроскопия необходима для исследования молекулярного и кристаллического строения вещества, внутренних движений атомных групп в молекулах и кристаллах, проверки качества семян и пищевых продуктов, контроля содержания воды в нефти и многого другого. В последние годы этот метод все шире вторгается в биологию и медицину; с 1973 г. начались активные работы, показавшие, что с помощью ЯМР можно рассмотреть «внутренность» живого организма, «рассекая» его по выбранной плоскости, получить спектр вещества, находящегося в любой точке организма, а также измерить распределение скоростей потока жидкости в данном сечении кровеносного сосуда. Этот метод получил название ЯМР-интроскопии¹. Чтобы оценить сильные и слабые стороны ЯМР-интроскопии, начнем с основ ЯМР².

Спин ядра атома водорода — протона ^1H — равен $1/2$, и из стабильных изотопов с таким спином протон имеет самый большой магнитный момент. В магнитном поле H_0 магнитный момент протона μH может иметь две ориентации — параллельно и антипараллель-

но H_0 . Первая ориентация энергетически выгоднее второй, поэтому по полю будет ориентировано больше протонов, чем против поля. При комнатной температуре это различие невелико и для самых сильных магнитных полей измеряется сотыми долями процента. Таким образом, если поместить в зазор магнита ампулу с водой, то протоны воды распределятся по двум уровням энергии почти поровну, но с некоторым избытком на нижнем, энергетически более выгодном уровне. Если выбрать частоту электромагнитного излучения так, чтобы она соответствовала резонансной частоте перехода между этими уровнями, то такие переходы возникнут, и часть электромагнитной энергии будет поглощена образцом, что может быть зарегистрировано чувствительным приемником. Это явление и называется ядерным магнитным резонансом. Частота ЯМР зависит от напряженности магнитного поля, а при данном значении напряженности — от магнитного момента исследуемого сорта ядер. В современной ЯМР-спектроскопии применяются магнитные поля от 0,5 до 14,1 Т. В поле 1 Т протоны резонируют на частоте 42,58 МГц, ядра углерода ^{13}C — 10,7 МГц, фосфора ^{31}P — 17,2 МГц.

Выбирая соответствующую частоту, можно настроиться на резонанс, характерный для ядра того или иного химического элемента. Но это будет очень грубая настройка. Частота резонанса для ядер одного сорта чрезвычайно чувствительна к тому химическому окружению, в котором находятся изучаемые ядра. Из-за диамагнетизма электронных оболочек атомов и молекул магнитное поле в месте расположения ядра отличается от внешнего магнитного поля. В результате частота резонанса изменяется по сравнению с частотой,

соответствующей H_0 , и это смещение называется химическим сдвигом. Локальные поля в месте расположения ядра, а следовательно, и величина химического сдвига зависят от того, какие атомы или атомные группировки окружают атом, содержащий исследуемое ядро, каково их взаимное расположение в пространстве, связь между отдельными атомами в молекуле и как они движутся друг относительно друга. И если в исследуемом образце содержится несколько сортов молекул или, как это часто бывает, в сложных органических молекулах резонирующие ядра находятся в разных атомных группах, то, постепенно меняя частоту, мы получим множество сигналов поглощения. Каждый из этих сигналов обусловлен резонансным поглощением ядрами, находящимися в разном химическом окружении. В результате и получается сложный спектр ЯМР исследуемого вещества.

Положение сигнала в таком спектре характеризует строение атомных групп, окружающих исследуемое ядро, а соотношение амплитуд этих сигналов дает информацию об относительном количестве ядер с разным химическим окружением. Кроме того, из-за взаимодействия магнитных моментов разных ядер сигнал резонансного поглощения каждого из них может представлять собой сложный мультиплет (эффект так называемого спин-спинового взаимодействия), число и интенсивность компонент которого также строго однозначно связаны со строением молекулы исследуемого вещества. Таким образом, спектр ЯМР несет богатую информацию, и это позволяет расшифровать химическое строение и структуру сложнейших органических соединений, включая физиологически активные вещества, находить их в сложных смесях, изучать ки-

¹ Эндрю Е., Боттомли П., Хиншоу У., Холланд Дж., Мур У., Симарой К., Уоррингтон Б. XX конгресс АМРЕ. Таллин, 1978.

² Китайгородский А. И., Федин Э. И. Радиосигналы молекул. — «Природа», 1961, № 11.

нетику протекания химических превращений и т. д.

Но получить хороший спектр ЯМР весьма непросто. Чтобы этот спектр «разрешился» на отдельные сигналы, они должны быть очень узкими. Это накладывает ограничения на однородность внешнего магнитного поля H_0 : чтобы все ядра одного сорта, находящиеся в химически эквивалентном окружении, поглощали излучение на одной частоте, необходимо, чтобы внешнее поле было строго одинаковым в разных точках образца. Различие ΔH в них не должно превышать миллионной доли H_0 , а в лучших современных приборах достигаются фантастически малые значения $\Delta H/H_0 = 10^{-11}$. Чтобы получить хотя бы отдаленное представление о стабильности соответствующей аппаратуры, представьте шкалу приемника УКВ-диапазона, в которой настройка на интересующую станцию осуществляется с точностью до десяти знаков частоты и остается неизменной в течение многих суток непрерывной работы. Ни один магнит не обеспечивает однородности поля, необходимой для ЯМР высокого разрешения³. Поэтому в современных ЯМР-спектрометрах имеются системы коррекции однородности магнитного поля, состоящие из специальных катушек сложной конфигурации, по которым пропускаются регулируемые токи. Процедуру коррекции называют шиммированием, а сами катушки — шиммами. Обычная цель шиммирования — получить минимальное значение ΔH в как можно большем объеме.

Помимо однородности внешнего магнитного поля, ширина линии сигнала зависит и от фазового состояния среды, от интенсивности межмолекулярных движений. Наиболее узкие линии характерны для спектра ЯМР жидкостей; здесь достигаются ширины линий менее 1 Гц. В твердых телах магнитные моменты соседних ядер не меняются местами, и линии ЯМР в тысячи раз шире, чем в жид-

костях. (В последние годы разработаны специальные аппаратные методы, позволяющие сужать линии поглощения и получать хорошо разрешенные спектры в твердых телах). Очень важную роль играет в ЯМР явление так называемой спин-решеточной релаксации. Поглощение энергии, регистрируемое ЯМР-спектрометром, обусловлено тем, что в единицу времени с нижнего энергетического уровня на верхний перейдет больше ядер, чем в обратном направлении. Это быстро приведет к выравниванию населенностей этих уровней, т. е. к исчезновению наблюдаемого эффекта. Такой тенденции и противодействует спин-решеточная релаксация — т. е. взаимодействие между спином ядра и «решеткой», которое приводит к возможности переверота спина в магнитном поле. Благодаря этому энергия с верхнего уровня уходит в «решетку», нагревая образец. Слово решетка взято в кавычки, так как в радиоспектроскопии оно используется применительно к любым фазовым состояниям образца (газу, жидкости, твердому телу). Скорость обмена энергией между системой спинов и «решеткой» характеризуется временем спин-решеточной релаксации T_1 , которое зависит от интенсивности межмолекулярных движений в среде. Так, для чистой воды $T_1 \approx 3$ с; в чистых диамагнитных кристаллах $T_1 > 10^3$ с.

Важно отметить, что время спин-решеточной релаксации T_1 и само по себе чрезвычайно информативно в отношении структуры и динамических процессов в веществе. Так, в начале 70-х годов было обнаружено, что для данного организма T_1 воды в тканях, затронутых процессом злокачественного роста, примерно вдвое больше, чем T_1 в соответствующих здоровых тканях.

Наш обзор основ ЯМР закончен: имеющихся в нашем распоряжении сведений вполне достаточно, чтобы по достоинству оценить предложение американского исследователя Р. Дамадияна (лаборатория биотифа Университета штата Нью-Йорк). Он выдвинул идею «фокусировки поля» в зазоре

ЯМР-спектрометра: шиммы проектируют таким образом, чтобы однородное поле возникло лишь в строго заданном малом объеме внутри образца (от $1 \times 1 \times 1$ до $10 \times 10 \times 10$ мм); управляя соотношением токов в шиммирующих катушках, исследуемый объем перемещают внутри образца; эти перемещения синхронизируются с системой отображения⁴. В результате слой внутри образца разбивается на маленькие объемы, последовательно «прошупываемые» магнитным полем. За пределами такого объема, изучаемого в данный момент, магнитное поле настолько неоднородно, что сигнал ЯМР от него не наблюдается. Дамадиян назвал свою идею FONAR (Field focusing NMR). С помощью метода FONAR в каждой точке образца измеряется амплитуда ЯМР-сигнала и получается картина распределения вещества в образце. Кроме того, в каждой точке измеряется и время T_1 ; этим величинам присваиваются цветные коды, изображение на экране цветного дисплея окрасивается в выбранные исследователем цвета. Значения T_1 , соответствующие злокачественным процессам, Дамадиян закодировал зловещим черно-коричневым цветом и соответствующие фотографии «ЯМР-сечений» мышей с имплантированными опухолями обошли страницы многих зарубежных научных журналов. (Сейчас приборостроительные фирмы США и Канады изучают возможности создания медицинской техники, основанной на идее Дамадияна.) Недостаток метода FONAR состоит в том, что он не может дать отчетливого изображения и пригоден лишь для быстрых обследований.

Идея Дамадияна получила изрядное динамическое воплощение благодаря работам английского исследователя У. Хиншоу⁵ (лаборатория Е. Эндрю,

³ Уо Дж. Новые методы ЯМР в твердых телах. М., 1978.

⁴ Damadian R. «Science», 1971, v. 71, p. 1151.

⁵ Hinchshaw W. «Phys. Lett.», 1974, v. 48 A, p. 87; Idem. «J. Appl. Phys.».

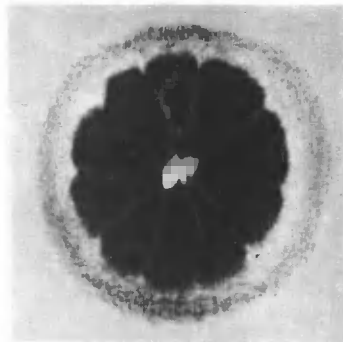
Университет в Ноттингеме), который из импульсного спектрометра «Брукер В-КР-323» и принесенной из дома самодельной квадروفонической системы (точнее, конечно, — из ее усилителей) построил ЯМР-интроскоп⁶. Вокруг ЯМР-датчика Хиншоу разместил систему из трех катушек, токи в которых создают три взаимно перпендикулярных независимых градиента магнитного поля. Градиенты весьма сильны (до 100 Гс/см) и модулированы с помощью трех звуковых генераторов. Такая система создает внутри образца единственную точку (ее называют чувствительной), в которой магнитное поле однородно. Чувствительная точка перемещается в заданной плоскости в точной аналогии с методом FONAR. В первых же экспериментах Хиншоу удалось в слое толщиной несколько миллиметров получить пространственное разрешение ~ 0,2 мм. Затем по предложению Эндрю он увеличил зазор магнита до 15 см и получил возможность исследовать такие довольно крупные объекты, как кролик, лимон, рука человека. Фотографии этих объектов остаются лучшими образцами ЯМР-интроскопии, полученными до настоящего времени⁷. Хотя это — лишь первые шаги нового метода, но полученные результаты очень похожи на то, что достигается в новейших вариантах рентгеновской томографии⁸.

Недостаток ЯМР-интроскопии заключается в относительно низкой чувствительности, ведущей к большим экспозициям. Изображения лимона и руки человека в зазоре ЯМР-интроскопа были получены с экспозициями порядка 10 мин; человек устает от столь долгой вынужденной неподвижности. (Несколько позже мы обсудим пути преодоления этого недостатка.) Достоинство ЯМР-интроскопии — высокий контраст. С помощью этого метода можно регистрировать наличие воды в тканях и сосудах, а содержание воды сильно меняется для различных систем организма (см. табл.).

Таблица

различные ткани в организме	% свободной воды
серое вещество мозга	83
почки	81
сердце	80
мышцы, легкие	78
печень	71
кожа	68
костная ткань	12

Именно эти существенные различия в плотности содержания воды привели к тому, что первые же шаги в области ЯМР-интроскопии увенчались получением изображений, выдающихся сравнение с самыми высшими достижениями других интроскопических методов, начавших развиваться гораздо раньше. Но в будущем можно предвидеть еще более интересные варианты ЯМР-интроскопии: лечащий врач обнаружит подозрительное место внутри организма по характерным для патологических состояний значениям T_1 ; далее, переключив прибор в режим так называемой Фурье-ЯМР-спектроскопии, он может получить спектры ЯМР исследуемой области организма. Эти спектры, как уже говорилось, дают информацию о химическом составе, строении интересующей субстанции, о протекающих там химических превращениях (выше мы говорили о воде, но очевидно, что в действительности речь идет о многокомпонентных растворах, циркулирую-



Вверху — «ЯМР-разрез» целого лимона; внизу — фотография того же лимона, разрезанного ножом после извлечения из ЯМР-спектрометра. Обращают внимание сильные сигналы от жидкости внутри долек и более слабые — от их стенок, которые так же хорошо различимы. Кожура, содержащая меньше подвижных протонов, дает слабый сигнал. Однако наружный слой кожуры, содержащий различные масла, дает сигнал более сильный, чем внутренние слои. Кроме того, отчетливо видно семечко. Толщина слоя ~ 2 мм; разрешение 0,5 мм; изображение получено за 5 мин на частоте 30 МГц.

щих или содержащихся в различных системах организма). Таким образом, возникает уникальный по своим возможностям метод неинвазивного (т. е. без механического проникновения внутрь) химического анализа, осуществляемого внутри нормально функционирующего организма. Тогда зонды, применяемые сейчас для отбора желудочного сока, желчи и т. п. отойдут в прошлое.

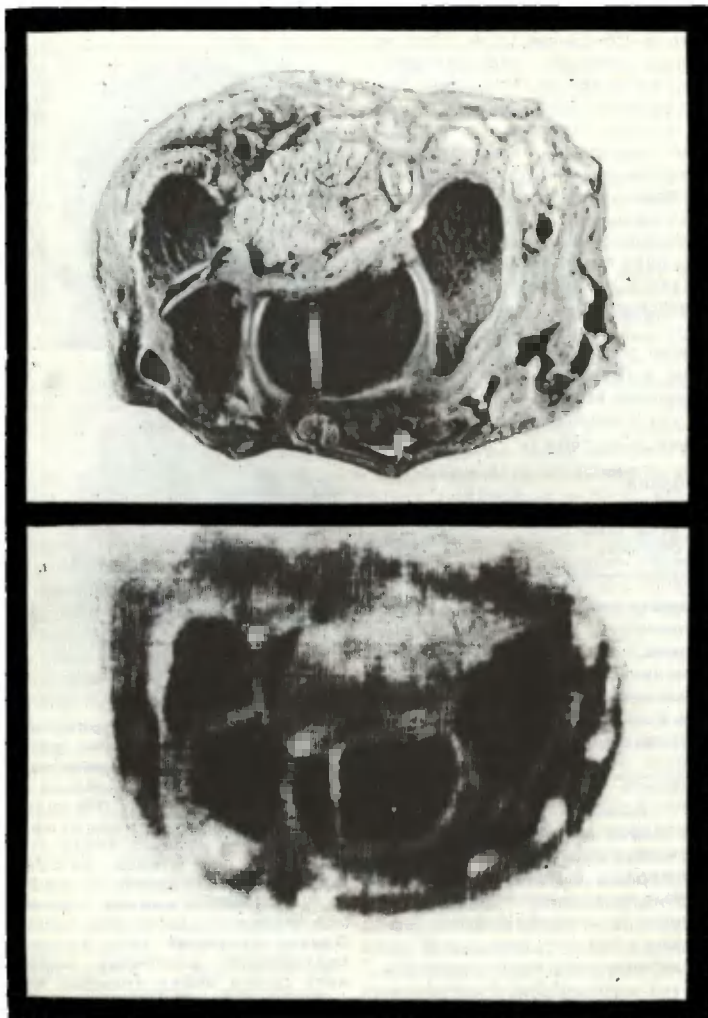
Однако отмеченные выше сравнительно большие экспозиции побуждали исследователей искать более эффективные

1976, v. 47, p. 3709; A andrew E. «Proc. IV AMPERE Int. Summer School», Ljubljana, 1976.

⁶ ЯМР-интроскопия — одно из возможных названий обсуждаемого метода визуализации внутренней структуры образца. Предложено много других названий: ЯМР-томография, спиновое картирование, зойгматогрфия.

⁷ Автор искренне признателен профессору Е. Эндрю за любезное предоставление этих превосходных фотографий из работ (1).

⁸ Лауреаты Нобелевской премии 1979 г. по медицине — Г. Н. Хаинсфилд и А. М. Кормак. — «Природа», 1980, № 1.



Вверху — «ЯМР-разрез» запястья левой руки д-ра Боттомли. Толщина сечения 3 мм. Внизу — реальный разрез запястья трупа. На «ЯМР-разрезе» четко видны кости, сухожилия, артерии, соединительная ткань. Разрешение ~ 0,4 мм; изображение полу-

чено за 9 мин на частоте ЯМР 30 МГц.

Обе фотографии взяты из работы: Е. Эндрю, П. Боттомли, У. Хиншоу, Дж. Холланд, У. Мур, К. Симарой и Б. Уоррингтон. XX конгресс АМПЕРЕ, Таллин, 1978.

варианты ЯМР-интроскопии. Сразу же выяснилась глубокая аналогия между методом проекций рентгеновской томографии и тем, что можно осуществить в ЯМР-интроскопии. Возникла так называемая градиентно-проекционная ЯМР-интроскопия⁹. Наиболее интенсивно в этой области работает П. Лаутербур (Университет Стони-Брук, Нью-Йорк, США), в 1973 г. предложивший для

Лаутербур (Университет Стони-Брук, Нью-Йорк, США), в 1973 г. предложивший для

⁹ Lauterbur P. «Nature», 1973, v. 242, p. 190; Idem. «Pure Appl. Chem.», 1974, v. 40, p. 149; Ching-Ming Lai, Shook J., Lauterbur P. «Chem., Biomed. Envir. Instr.», 1979, v. 9 (1), p. 1.

ЯМР-интроскопии термин «зойгматогграфия» (от греч. «зойгма» — то, что связывает), отражающий идею визуализации внутренней структуры образца с помощью постоянных градиентов магнитного поля.

Пусть вдоль некоторого направления магнитное поле неоднородно, т. е. его напряженность H_0 меняется от точки к точке. До включения этого градиента магнитное поле было всюду одинаково, и сигнал ЯМР давали все протоны образца, независимо от того, в каком месте образца они находились. Частота ЯМР не была связана с пространственными координатами. Включение градиента приводит к тому, что магнитное поле у одного края образца стало меньше H_0 , а у другого — больше H_0 . Получилась как бы наклонная плоскость: значение напряженности меняется вдоль выбранного направления и лишь в одной точке этой оси будет равно H_0 . Таким образом, наложение градиента связало частоту ЯМР с пространственным расположением протонов, дающих сигнал на данной частоте.

Есть много способов применения такой связи для получения детальной картины внутренней структуры образца в данном его сечении. Их применение значительно улучшает пространственное разрешение получаемого изображения по сравнению с методом Хиншоу. Так, Лаутербур разработал алгоритм, в соответствии с которым ЭВМ расширяет большой массив сигналов ЯМР, полученных при различных направлениях градиента магнитного поля. В результате этой математической процедуры ЭВМ восстанавливает картину распределения плотности вещества и времен релаксации T_1 в пространстве.

Хорошим примером современного уровня ЯМР-интроскопии являются «сечения» брюшной полости мыши, которой имплантировали раковые клетки (см. четвертую страницу обложки)¹⁰. В лаборатории

¹⁰ Слайды любезно представлены доктором У. Айхоффом (фирма «Брукер физик», ФРГ).

Лаутербура красный цвет присвоен тканям с $T_1 \sim 0,34$ с; это время релаксации соответствовало в данном случае болезненно измененным областям. ЯМР-интроскопия наглядно демонстрирует последовательное развитие процесса; изображения были построены по 12 проекциям, частота ЯМР 8,13 МГц.

Вся описываемая область исследований возникла в научной литературе в четкой форме лишь 5 лет назад. А уже сейчас фирмы «Брукер» (ФРГ) и «Интермагнетикс Джэнарал» (США) сообщили о своих планах введения ЯМР-интроскопии в биологию и медицину начиная с 1980 г. Одновременно будут развиваться различные методики ЯМР-интроскопии с возможным гибким переходом от одной методики к другой в зависимости от конкретной цели. Важно подчеркнуть, что характерная для ЯМР-спектроскопии тенденция к увеличению используемых магнитных полей не может автоматически сохраниться и в ЯМР-интроскопии: если речь идет о «просвечивании» человека, то необходимо ограничить частоту ЯМР на уровне около 10 МГц. Дело

в том, что из-за скин-эффекта более высокие частоты в человека не проникнут. (Эндрю сравнивает тело человека с цилиндром диаметром 50 см, наполненным электролитом. Для биолога, естественно, эта модель неудовлетворительна, но для физика, оценивающего возможности ЯМР-интроскопии, она позволяет найти максимальную рабочую частоту. Получается оптимальный диапазон от 5 до 10 МГц.) Видимо, в этом интервале частот будет преобладать градиентно-проекционная ЯМР-интроскопия с переходом на измерение времени релаксации T_1 для целей неинвазивного химического анализа.

Для более мелких организмов, клеточных препаратов и т. п. могут применяться предельно сильные магнитные поля с соответствующим ростом чувствительности, разрешение и с возможностью перехода на «обычную» импульсную Фурие - ЯМР - спектроскопию от любой произвольной точки внутри исследуемого объекта. В этом случае оценки допустимых величин градиентов и ширины линий ЯМР приводят к теоретическому пространственно-

му разрешению в несколько микрон, т. е. можно говорить в перспективе и о ЯМР-микроскопии.

Ряд вопросов, вызванных естественной для медиков осторожностью, заставил Эндрю обсудить проблему безвредности нового метода¹¹. Он¹¹ указывает на необходимость тщательного анализа проблемы, но в целом склонен к оптимизму: на нынешнем уровне наших знаний кажется, что ЯМР-интроскопия не представляет опасности для живых объектов. Однако здесь уместно сослаться на мнение одного из открывателей ЯМР, лауреата Нобелевской премии Е. Пурселла¹², который совершенно справедливо указывает, что в вопросе о возможном физиологическом действии сильных магнитных полей мнение физиков надо учитывать, но решающее слово должно принадлежать биологам и медикам.

¹¹ Andrew E. Royal Society Disc. Meeting, March, 1979.

¹² Пурселл Е. Электричество и магнетизм. М., 1978.

НОВОСТИ НАУКИ

Физика

Новые данные по изотропности пространства

Вопрос об изотропности пространства тесно связан с законами сохранения — наиболее фундаментальными физическими законами. Поэтому в экспериментальной физике предпринимаются все новые и новые попытки обнаружить, с какой точностью справедливо утверждение о равноправности всех направлений в пространстве.

Начало этой работе положили классические опыты А. Майкельсона и Е. Морли, показавшие, что скорость света одинакова во всех направ-

лениях¹; к 1964 г. это утверждение было экспериментально проверено² с точностью $\Delta c/c \sim 2 \cdot 10^{-11}$.

Недавно А. Бриле и Дж. Холл (США) поставили эксперимент, в котором эта точность возросла в 4000 раз. Они использовали высокостабильный интерферометр Фабри — Перо и лазер. Вся система располагалась на массивном гранитном столе, который вращался со скоростью порядка одного оборота за 10 с.

¹ Michelson A. A., Morley E. W. «Amer. J. Sci.», 1887, v. 34, p. 333.
² Jaseja T. S., Javan A., Murray J., Townes C. H. «Phys. Rev.», 1964, v. 133, p. 1221.

Предполагаемое нарушение изотропности пространства должно было изменять оптическую длину базы интерферометра, при этом изменялась бы оптическая частота лазерного излучения, что и должно было фиксироваться в эксперименте. Для исключения всевозможных паразитных эффектов (например, флуктуации температуры и других параметров, влияющих на стабильность частоты лазерного излучения) были приняты специальные меры.

В результате удалось установить, что наше пространство изотропно с точностью $5 \cdot 10^{-15}$.

«Physical Review Letters», 1979, v. 42, No 9, p. 549—552 (США).

К вопросу о скачках в процессе эволюции живой природы

А. Г. Юсуфов



Абдумалик Гасамутдинович Юсуфов, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии растений и дарвинизма Дагестанского государственного университета им. В. И. Ленина. Научные интересы лежат в области изучения явлений регенерации и эволюции растений, теории эволюции и ее методологических аспектов. Монографии: Эволюционное учение и методика его преподавания. Махачкала, 1975 (в соавторстве с А. К. Магомедовой); Эволюционное учение. М., 1976 (в соавторстве с А. В. Яблоковым).

Переход от одного качественного состояния к другому составляет основу процесса развития. Он осуществляется путем скачков, подготавливаемых постепенно в недрах старого по мере накопления количественных изменений (под скачком понимается процесс перехода количественных изменений в качественные). Диалектика подготовки и завершения скачков сложна и предполагает, что вопрос о проявлении скачков в каждом конкретном случае, в рамках разных форм движения материи нуждается в изучении. Одним из трудных и мало исследованных в специальной и философской литературе остается, в частности, вопрос о характере подготовки и совершения скачков в ходе зарождения и эволюции органического мира. Эволюция жизни, как известно, связана с возникновением новых адаптаций, видов, таксонов и т. д. Как складываются новые адаптации, каким путем возникают таксоны, скачки энергетического и морфологического характера? Вот далеко не полный перечень вопросов, на которые необходимо ответить при изучении явлений эволюции органического мира. Попытаемся обсудить эти вопросы с точки зрения диалектики процесса развития, подготовки и завершения скачков.

СКАЧКИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ХИМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ К БИОЛОГИЧЕСКОЙ

Идея о развитии является одной из ранних в философии и естествознании. Она появилась в глубокой древности и воплощалась в разных формах в различные эпохи развития человеческой мысли. Значительно более сложным для решения был вопрос о путях перехода от неживой природы к живой и об источниках развития вообще. В плане наших задач наибольший интерес представляет идея о «лестнице существ», в которой уже Аристотель расположил все от минерала до человека в один непрерывный ряд, утверждая, что «природа переходит непрерывно от тел неодоушевленных к животным»¹.

В основу этого ряда хотя и положена идея о непрерывности преобразования, тем не менее он составлен путем механического объединения свойств разных состояний материи. Интересно отметить, что переход от одной ступени к другой Аристотель объяснял тем, что «природа из возможного всегда делает лучшее». Здесь

¹ Аристотель. О частях животных. М., 1937, с. 137.

«Лестница существ» Аристотеля

Ступени лестницы	Характеристика
Человек	Душа питающая, чувствующая, движущая и разумная
Животные с кровью	Душа питающая, чувствующая и движущая
Животные без крови	Душа питающая, чувствующая и движущая
Переходные формы («зоофиты»)	Душа питающая и чувствующая
Растения	Душа питающая
Минералы	Без души
Земля, вода, огонь и воздух	

можно усмотреть зачатки принципа действия отбора в природе.

Идея «лестницы существ» была далека от представлений об историческом развитии природы, однако она сыграла положительную роль как первая попытка познания закономерностей градации природы и надолго завладела умами мыслителей. При всех недостатках идеи «лестницы существ» ей нельзя отказать в постановке вопроса о связи между неживой и живой природой. Правда, в силу ограниченности фактов развитие живой природы из неживой в ней представлялось как мистический акт. Но для нас важна постановка вопроса, которая в последующем способствовала поиску экспериментальных возможностей для изучения путей перехода неорганического мира в мир существ.

Действительно, жизнь не возникла мгновенно и «на голом» месте. Она обязана своим становлением длительной химической эволюции, в ходе которой происходил синтез и распад разнообразных веществ. Закономерности перехода химической эволюции в биологическую пока недостаточно изучены. Однако, имитируя в многочисленных модельных опытах условия, которые некогда сложились на Земле, удалось отчасти воспроизвести картину последовательного абиогенного

образования и превращения уникальных макромолекул. Химическая эволюция привела к образованию всех основных типов веществ, ставших в последующем обязательными компонентами организмов. Ныне нет сомнения в том, что абиогенное образование разнообразных органических веществ происходило задолго до возникновения жизни на Земле.

Скачок от веществ к «существам» связан с ограничением круга соединений благодаря отбору веществ, обладающих полифункциональными свойствами; это имело значение для усиления взаимодействия веществ, входящих в состав сложных комплексов. Так, взаимодополнение свойств белков и нуклеиновых кислот способствовало ускорению процесса самовоспроизведения макромолекул, что признано как новый скачок на пути возникновения жизни. Но этого, как показал А. И. Опарин, еще мало для осуществления перехода к живому. Необходим был еще скачок в усложнении структуры таких систем, что связано с возникновением мембран. В совокупности эти события привели к возникновению циклического энергетического обмена, характерного для живого.

Из сказанного видно, что возникновение жизни связано с объединением структур, синтезированных относительно независимо друг от друга. Это имело место при возникновении как связи между белками и нуклеиновыми кислотами, так и мембранной организации из белков и липидов. Исход сочетания определялся в какой-то мере конкуренцией между молекулами и различными сочетаниями реакций. Наконец, сочетание свойств разных комплексов в одной системе способствовало постепенному переходу химической эволюции в биологическую.

При изучении конкретных природных явлений трудно определить границы и масштабы скачков из-за взаимосвязи и постепенных переходов между разными процессами. Они зависят не только от нашего умения их фиксировать, но и от объективного хода развития самих явлений и их места в системе единого мира. Скачки являются результатом постепенного накопления количественных изменений, возникновения интегративного эффекта от объединения разных процессов. В целом же фиксировать момент скачка в органической природе можно лишь приближенно из-за множества промежуточных звеньев, которые доказывают, что «в природе нет

скачков именно потому, что она складывается сплошь из скачков»².

В связи с этим вопрос о «сводимости» или «несводимости» жизни к физико-химическим процессам представляется умозрительным с точки зрения естествоиспытателя. Между физико-химическими процессами, протекающими в живых организмах, и процессами неживой природы нет пропасти, их не следует противопоставлять. С возникновением жизни физико-химические процессы достигают исключительной унификации, создается «биохимическая универсальность» организмов. В. И. Вернадский указывал, что живые существа нашей планеты олицетворяют «уникальность биологического вещества»³. Однако в живых организмах совершается дальнейшая грандиозная эволюция веществ («биохимическая эволюция»). Поэтому нигде в неживой природе нет такого многообразия молекул полипептидов, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов, которое характерно для живых существ.

СКАЧКИ В ХИМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЗМОВ

Эволюция жизни на Земле связана с важными вехами в химической ее организации, приобретением энергетических преимуществ. Описание их является задачей специальных разделов биологии. Поэтому, не вдаваясь в детали эволюции энергетических процессов живых организмов, остановимся на самой общей характеристике совершившихся при этом скачков. Для этого рассмотрим явления и процессы, имеющие глобальное значение — фотосинтез, дыхание и химическая дивергенция организмов.

Начальные этапы развития жизни на Земле остаются пока во многом загадочными. Полагают, что они связаны с процессами симбиогенеза между разными примитивными существами, хотя и нет прямых доказательств в пользу указанной гипотезы. В то же время не вызывает сомнения, что первичные существа были гетеротрофными и анаэробными организмами.

Переход к разным способам автотрофного обмена осуществляется путем

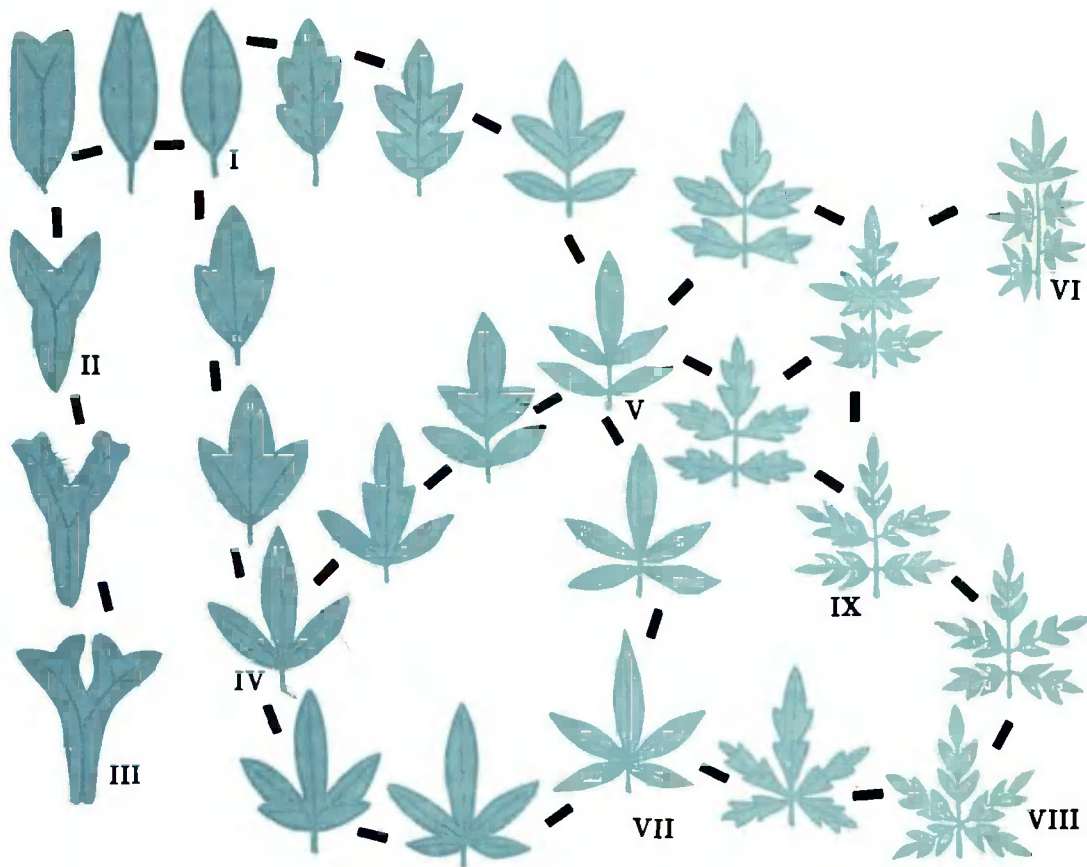
постепенного приобретения протобионтами независимости от наличия в среде готового органического вещества. Он, вероятно, прошел через такие этапы, как синтез одних органических веществ превращением других (органогетеротрофия), восстановление углекислоты с использованием органических веществ без участия, а затем и с участием света (фотогетеротрофия). При переходе к фототрофии произошел отбор существ по способности эффективного использования пигментов (красящих веществ), которые были довольно разнообразны у первичных организмов Земли. Следующим шагом явились хемо- и фотоавтотрофные организмы, механизмы фоторедукции и бактериального фотосинтеза, а затем и фотосинтеза земных растений.

Переход к фотосинтезу связан не с отбрасыванием ранее фиксированных механизмов, а дополнением их какими-то новшествами. Этот важный скачок в развитии жизни на Земле выступает как результат многих слагаемых: повышения роли металлосодержащих соединений, вхождения марганца в состав флавопротеина, использования все более и более доступного донора электронов (воды), перестройки ферментативного аппарата, усовершенствования структуры хлоропластов, клеток и организмов и т. д. Каждая из этих составляющих на пути повышения продуктивности фотосинтеза в свою очередь складывается из других звеньев как переломных моментов развития каких-то других процессов. Последние первоначально развивались не в связи с фотосинтезом, а скорее потом испытывались по пригодности в его реакциях. Например, реакции, связанные с темновой фиксацией углекислоты, складывались задолго до возникновения фотосинтеза.

Развитием процессов фотосинтеза были подготовлены условия для перехода к аэробному дыханию. Такой скачок мог осуществиться лишь по мере обогащения атмосферы свободным кислородом. Однако от появления организмов, выделяющих кислород, до возникновения аэробов прошло значительное время. Для перехода к аэробному дыханию необходим был ряд новшеств — мелких и крупных скачков в развитии организмов: появление в клетке митохондрий, ферментов для активации водорода и восстановления молекулярного кислорода (оксидоза, пероксидаза, железосодержащие порфирины и т. д.), разложения перекисей, ступенчатого окисления субстрата и т. п.

² Маркс К. и Энгельс Ф. Собр. соч., т. 20, с. 586.

³ Вернадский В. И. Биосфера (избр. труды по биогеохимии). М., 1967.



Последовательность изменений листовой пластинки у растений как результат постепенного увеличения [I—IX] или уменьшения [IX—I] ее расщепленности. На схеме представлены все известные формы листовой пластинки растений, возникшие в ходе эволюции (по С. В. Мейену).

При этом природа нашла довольно удачные решения. Многие справедливо указывают на поразительное сходство начальных стадий процессов брожения, фотосинтеза и аэробного дыхания. Так, из множества реакций фотосинтеза только две специфичны для зеленых растений, все остальные встречаются и в нефотосинтезирующих клетках. Процессы аэробного дыхания также возникают на базе прежних механизмов. При возникновении аэробной цепи природа, с одной стороны, использовала реакции брожения, с другой — «не мудрствуя» перевернула механизмы фотосинтеза на 180° в диссимиляционном направлении в тот период, когда соотношение кислорода и углекислоты в

атмосфере приняло угрожающие для жизни масштабы. Нужно было обезвредить опасный для жизни фактор — избыточный кислород. В начале эволюции идет по линии повышения устойчивости организмов к кислороду («аэротолерантность»), а затем — использования его для поддержания жизни (аэробное дыхание). В последнем случае важную роль сыграли ферменты цитохромной системы, катализа, митохондрии и т. д. При возникновении аэробной цепи были использованы разные процессы. Словом, скачок связан с взаимодополнением и усилением взаимосвязи процессов или с видоизменением ряда существовавших ранее механизмов.

Изменения в энергетике живых существ подготовили условия для нового скачка — перехода к многоклеточности, являющегося одним из важных этапов в эволюции жизни.

Другие скачки в развитии жизни связаны с нахождением способов более эффективного использования веществ в биологических процессах. Это положение

можно подтвердить множеством примеров из области химической дивергенции жизни. Так, молекула гемоглобина появилась задолго до использования ее позвоночными как переносчика кислорода. Хотя его аналог — леггемоглобин — играет определенную роль и в жизни клубеньковых бактерий, все же только у позвоночных гемоглобин находит наиболее рациональное использование, с чем связано одно из важных звеньев функционального приспособления животных. Ген, определяющий синтез гемоглобина, распространен и у некоторых беспозвоночных (у них синтезируются гемопротеиды). У позвоночных он мог возникнуть путем заимствования от беспозвоночных, либо преобразованием миоглобинового локуса. У растений встречаются ацетилхолин и гамма-аминомасляная кислота, которые у животных находят специфическое использование как нервные медиаторы. Специфичны пути использования аммиака разными организмами, что является примером скачков в функциональной эволюции.

СКАЧКИ В МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЗМОВ

Организмы отличаются друг от друга по внешнему облику и строению. Морфологические различия издавна широко используются в систематике; они, как правило, имеют значение и для выживания видов. По этой причине оценка значимости и происхождения морфологических особенностей служила предметом долгих дискуссий.

Одним из вопросов, широко дискутировавшихся ранее и не потерявших актуальности и теперь, является вопрос о том, возникают ли морфологические различия путем накопления мелких изменений или на основе крупных мутаций? Результаты эволюции, в зависимости от степени выраженности морфологических различий, принято относить к макро- или к микроэволюционным событиям.

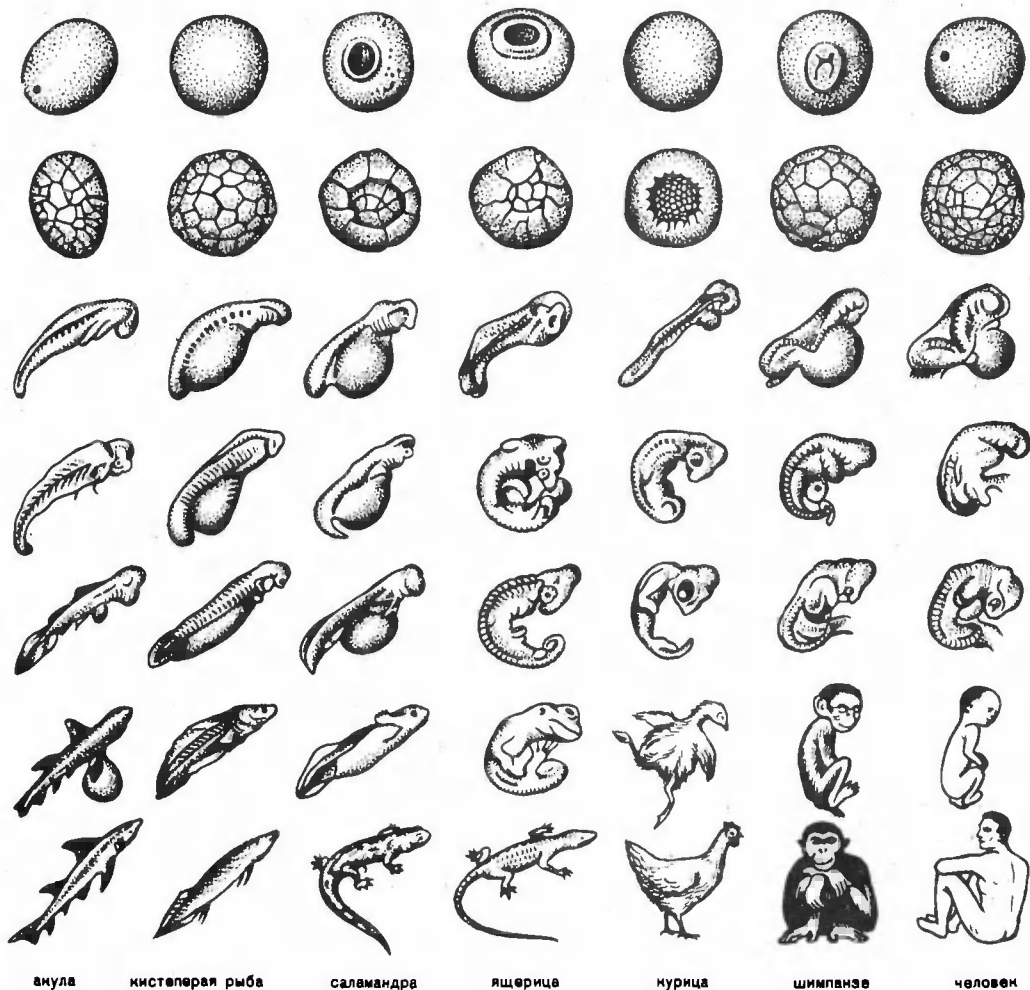
Вопрос о механизме возникновения органов и их систем, а также таксонов надвидового ранга (макроэволюция) является одним из сложных не только в экспериментальном, но и в методологическом отношении. Еще Ч. Дарвин обратил внимание на него, говоря о затруднениях своей теории. Он, в частности, показал возможность образования такого сложного органа, как глаз, путем постепенного накопления мелких уклонений под контролем отбора. Р. Гольдшмидт, однако, рас-

сматривая вопрос о значении мутаций для эволюции, указывал, что крупные «системные мутации», приводящие к возникновению органов, яковы и лежат в основе макроэволюции. Не отрицая всецело возможности возникновения органов таким путем, все же следует признать, что эволюционные преобразования чаще всего связаны с накоплением мелких наследственных уклонений; крупные мутации, как правило, имеют летальный исход.

Рассмотрим примеры, когда крупные скачки складываются путем интеграции эффекта мелких изменений, накопленных относительно самостоятельно. Так, различные группы териодонтов в разное время независимо приобрели отдельные черты строения, характерные для млекопитающих: трехбугорчатые зубы, расширенные большие полушария головного мозга, мягкие губы, дополнительное челюстное сочленение и т. д. С концентрацией комплекса подобных и ряда других изменений в одной ветви была достигнута «маммализация» териодонтов. При этом происходила постепенная замена рептилийных признаков «маммальными» (ископаемые ценодонты). Долгое время новоприобретенные особенности совмещались у териодонтов с архаичными, в том числе и характерными для амфибий (строение почек, кожные железы, водный обмен). Подобные наблюдения привели Л. П. Татарникова к выводу о сложности ароморфных изменений из огромного числа частных приобретений и о дальнейшем продолжении ароморфозов и после появления первых млекопитающих⁴.

Осуществление любого скачка в результате концентрации комплекса изменений в свою очередь вызывает скачки во многих направлениях в дальнейшем. На языке биологии это означает, что на основе ароморфозов (или арогенезов) возникает множество изменений типа аллогенеза или групповых приспособлений. Например, переход к легочному дыханию повлек за собой далеко идущие последствия: ослабление кожного дыхания, ороговение эпидермиса, развитие покровов тела, дифференциация сердца, усиление пищеварения и т. д. Такие изменения происходили несинхронно в разных ветвях и были растянуты на миллионы лет, в течение которых выживали существа с наиболее удачным сочетанием разных признаков. Перестройка организации, свя-

⁴ Татарников Л. П. «Природа», 1975, № 8, с. 25.



акула

кистеперая рыба

саламандра

ящерица

курица

шимпанзе

человек

Яйцеклетки, начальные этапы их дробления и развития зародыша у позвоночных, стоящих на различных ступенях эволюции, сходны. Различия возникают постепенно и усиливаются на поздних этапах эмбрионального развития.

званная с переходом к легочному дыханию, способствовала повышению жизнедеятельности и усилению независимости организма от колеблющихся условий среды. Значение каждого из приобретенных новшеств и их совокупностей, представляющихся отдельными и комплексными скачками, трудно переоценить для эволюции позвоночных и их процветания.

Другой пример. Переход растений к наземным условиям существования принято рассматривать как важное событие

не только в их эволюции, но и в эволюции животных. Как подчеркивает М. М. Камшилов, «большая революция — завоевание суши — происходила как совокупность революций отдельных таксонов»⁵. Переход был осуществлен постепенно и начат разными таксонами. Вначале растения занимали сушу в прибрежных к водоему полосах, затем относительно сырые и влажные места и, наконец, все более и более засушливые участки. Указанный процесс шел по мере иссушения климата Земли, освобождения суши от воды. Сообразно климатическим преобразованиям происходило изменение строения, облика и жизнедеятельности растений: развитие

⁵ Камшилов М. М. Эволюция биосферы. М., 1975, с. 203.

кутикулы, дифференциация тела на вегетативные органы, развитие и усовершенствование проводящей системы и т. д. Заметим, что даже у современных высших растений, включая цветковые, в зависимости от условий обитания и эволюционной продвинутой, подобные изменения оказываются неодинаково выраженными. Высшие растения, наиболее устойчивые к засушливому климату, характеризуются «объединением» комплекса черт, возникших самостоятельно у представителей разных таксонов.

Успех цветковых растений в борьбе за существование во многом обязан цветку, как органу размножения. Хотя и нет общепринятой теории возникновения цветка и цветковых растений, многие данные свидетельствуют о формировании отдельных черт, характерных для цветковых, независимо в разных ветвях ископаемых голосеменных. Скачок к цветковым скорее всего совершился только после концентрации таких признаков в пределах одной ветви.

Каким образом в аналогичных случаях могло осуществиться такое сочетание признаков — необходимо еще выяснить. Более реальной представляется гипотеза о постепенном накоплении признаков (сочетанием механизмов мутаций и гибридизации) в ветвях, приближающихся к будущим таксонам. Изучение закономерностей морфологической эволюции организмов свидетельствует о наличии постепенных переходов между разными крупными сдвигами в организации. Всякое качество имеет бесконечно много количественных градаций и выступает как результат накопления количественных изменений. С возникновением нового старое преобразуется согласно закону отрицания отрицания.

ИСТОЧНИКИ РАЗВИТИЯ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

В конкретном плане вопрос об источниках развития рассматривался в связи с оценкой значения внутренних и внешних факторов для развития в эволюции живой природы. В зависимости от ответа на него в биологии выделились два направления — автогенез и эктогенез. Дискуссия между ними имеет длинную историю и отчасти все еще продолжается.

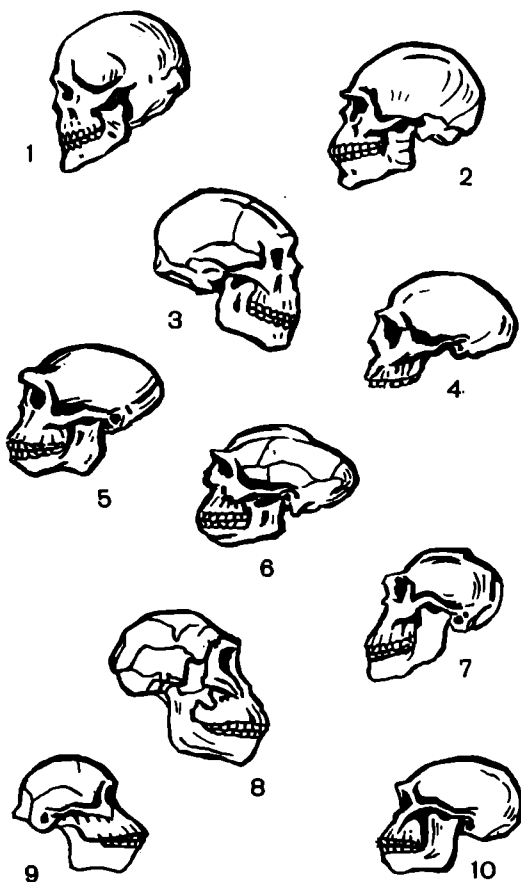
Диалектический материализм рассматривает развитие в единстве внутреннего и внешнего, но определяющим считает внутреннюю борьбу противоположно-

стей. В. И. Ленин подчеркивал, что диалектическая концепция развития основана на признании внутренней противоречивости предметов и явлений, принципа самодвижения и саморазвития материи. Правильность этого положения, однако, «должна быть проверена историей науки»⁶.

Общим для живых существ является их связь с внешней средой; благодаря ей и поддерживается жизнедеятельность организма. В то же время неверно было бы рассматривать эту связь, как главный источник развития. Дело в том, что реакция организмов на внешнее воздействие специфична и определяется внутренними, наследственными факторами. Она служит как бы предпосылкой для действия внешних условий. В онтогенезе прежде всего возникают такие противоречивые процессы, как дифференциация и интеграция клеток, старение и омоложение, синтез и гидролиз веществ и т. д., определяющие не только реакцию организма на среду, но и исход онтогенеза. Устойчивость онтогенеза определяется процессами саморегуляции внутренней среды и дифференциации. Падение способности к саморегуляции ведет к затуханию организма — старению и смерти. Поэтому одним из важных последствий эволюции является повышение целостности и автономизации онтогенеза, с достижением которого роль внешних условий в формообразовании резко падает — последние переходят в разряд сигнальных факторов для «запуска» внутренних механизмов. По этой причине один и тот же фактор (длина дня, интенсивность света, температура и др.) вызывает различную реакцию у организмов разных популяций. С автономизацией онтогенеза достигается повышение устойчивости процессов дифференциации из-за осуществления их по принципу «замкнутого цикла».

На примере филогенеза также подтверждается положение о значении внутренней противоречивости, раздвоения единого для процесса развития. Известно, что ареной или средой эволюции является биогеоценоз, в котором происходит преобразование популяций. Носителями же эволюции выступают популяции. Внутренняя противоречивость популяций связана с накоплением, прежде всего, наследственной гетерогенности особей, ведущей к разрушению ее приспособи-

⁶ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 316.



Развитие черепной коробки в ходе эволюции гоминид. Черепная коробка у разных гоминид в принципе имеет общий план строения. Различия, возникшие в ходе эволюции, в основном сводятся к изменению количественных соотношений между разными отделами черепной коробки. Кроманьонец [1]; разные предки Человека разумного [2—4]; архантропы — древнейшие люди [5—6]; крупные человекообразные обезьяны [7—8]; мелкие человекообразные обезьяны [8—10].

тельной нормы. Гетерогенность популяций является результатом постоянно идущего мутационного процесса, который затем сочетается с процессом генетических комбинаций. Гетерогенность особей и внутривидовая конкуренция (следствие интенсивного размножения) являются необходимыми предпосылками для действия отбора, изменения частот генотипов и аллелей. Казалось бы, причем здесь внутренняя противоречивость, если

элементарный материал эволюции (изменчивость) доставляется мутационным процессом (он зависит от условий), и в ходе эволюции возникают приспособления к изменившимся условиям среды? Тем не менее все определяется внутренними предпосылками: эволюционными возможностями популяции, способом размножения, частотой смены поколений и т. д.

Эволюционный процесс является саморегулирующимся, он совершается по принципу действия биогеноценоза на популяцию (прямая связь) и обратного воздействия измененной популяции на биогеноценоз. В основе этого лежат не столько процессы, происходящие в окружающей абиотической среде, сколько в каждой популяции в отдельности и их совокупностях. При дифференциальном отборе в пределах популяции идет преимущественное размножение определенных генотипов, что в конечном итоге меняет сложившиеся взаимоотношения между популяциями разных видов и перестраивает структуру биогеноценоза. Такой процесс повторяется циклически, так как в поколениях постоянно возникает и «вскрывается» гетерогенность какой-либо популяции. В способности к размножению и смене поколений таится возможность не только изменчивости популяций и биогеноценозов, но и развития органического мира «до породы мыслящих существ»⁷. По этой причине биогеноценоз все время находится в динамике, хотя в целом ему присуща относительная стабильность во времени и пространстве.

В структуре самой жизни содержатся возможности ее изменения и стабильности. В связи с этим жизнь рассматривается как самоорганизующаяся материя, способная регулировать себя благодаря внутри- и межмолекулярным процессам. Эти процессы являются определяющими, хотя их скорость зависит от условий. Только при наличии внутренней организации и направленности процессов внешние условия через отбор оказывают воздействия. Знание потенций самих существ, вытекающих из внутренней их противоречивости, позволило высказать предположение, что вместе с «первой клеткой» была дана и основа для формообразования всего органического мира»⁸.

⁷ Маркс К. и Энгельс Ф. Собр. соч., т. 20, с. 623.

⁸ Там же, с. 357.

Изменения климата в Южном полушарии

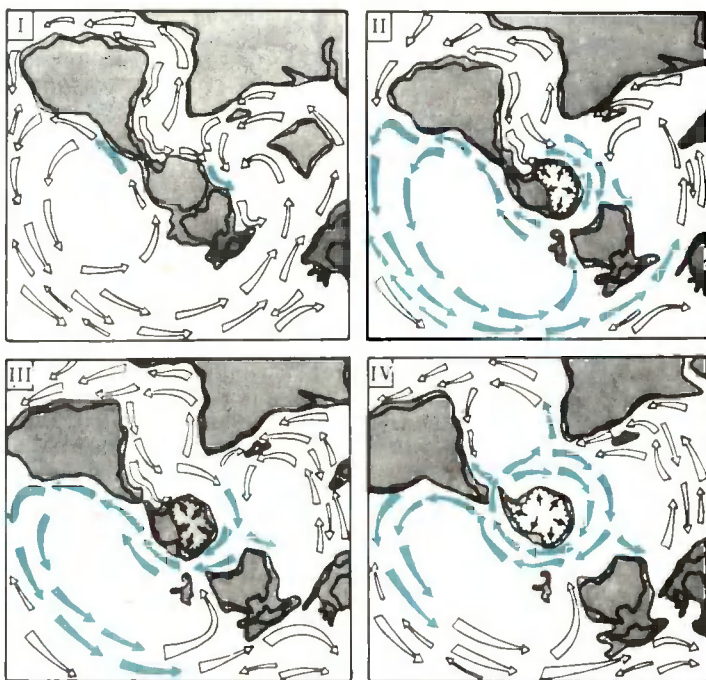
Д. Д. Квасов,
доктор географических наук
Ленинградский отдел Института
океанологии им. П. П. Ширшова
АН СССР

В последние годы появились новые данные, позволяющие сделать выводы о причинах и характере изменений климата на нашей планете за последние 80 млн лет. Это прежде всего геологические материалы, полученные в результате проведения широкой программы глубоководного бурения с научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер», а также некоторые исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом.

Установлено, что 80 млн лет назад на Земле господствовали теплые климаты. Субтропические условия были распространены вплоть до 60—70° с. ш. и ю. ш. Нигде (кроме высоких гор) не было ледников, зимой не выпадал снег, океаны и моря не замерзали. С тех пор положение изменилось, и Земля постепенно приобрела свой современный облик.

Почему это произошло? В первую очередь возникает, конечно, мысль об уменьшении количества солнечной энергии, достигающей Земли. Однако исследования показали, что светимость Солнца весьма устойчива и очень медленно растет — примерно на 1% за 100 млн лет.

Может быть, прежде атмосфера имела иной состав, и Землю согревал парниковый эффект? Коротковолновая солнечная радиация более или менее свободно проникает через атмосферу, обратное же тепловое излучение Земли за-



Течения в океанах Южного полушария. I — в палеоцене (60 млн лет назад); II — в начале олигоцена (33 млн лет назад); III — в начале миоцена (20 млн лет назад); IV — современные течения.



держивается в ней главным образом благодаря наличию в атмосфере углекислого газа. Если бы его в прошлом было больше, то и температура поверхности Земли была бы выше. Но и это предположение не кажется вероятным. Биологическая продуктивность растительности 40—80 млн лет назад, по палеоботаническим данным, была гораздо выше, чем теперь, поэтому фотосинтез разлагал углекислый газ и снижал его содержание в атмосфере до величин, близких к современным.

Повышение температуры мог, следовательно, вызвать только один фактор — уменьшение отражательной способ-

ности поверхности Земли. При отсутствии снега и льда коэффициент отражения солнечной радиации значительно ниже, и поверхность Земли улавливает больше солнечного тепла. Но существование снега и льда само зависит от температуры. Образуется, таким образом, сложная система с обратными связями. Механизм действия этих связей легче понять на примере Южного полушария, поверхность которого более однородна чем Северного, так как на 81 % покрыта водами океана.

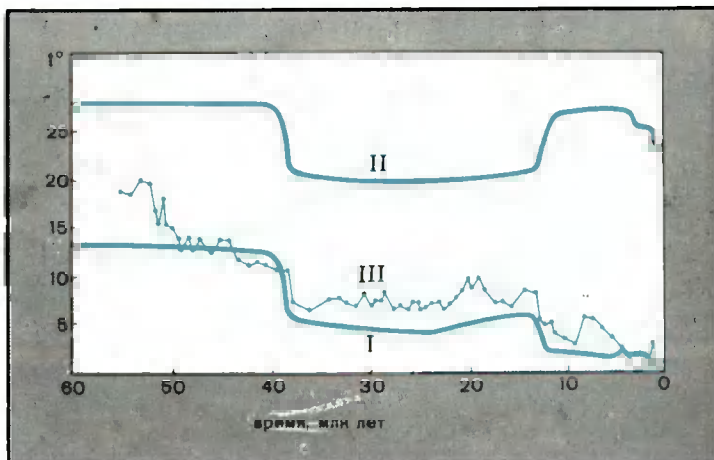
По данным, полученным «Гломаром Челленджером», 80—40 млн лет назад температура экваториальных районов была близка к современной, в умеренных же и в полярных районах она была гораздо выше. Это свидетельствует о том, что тепло активно переносилось в меридиональном направлении. Главная роль при этом принадлежала океаническим течениям. Антарктида тогда, так же, как и теперь, находилась в районе Южного полюса. Но теплые течения согревали континент, и климат его был умеренным.

Направление же океанических течений определялось расположением суши и моря и постоянно изменялось под влиянием перемещения материков. В конце мезозоя и в начале кайнозоя (от 80 до 55 млн лет назад) Австралия находилась гораздо южнее, чем теперь, и составляла вместе с Антарктидой единый материк, с которым была соединена также Южная Америка. Пролива Дрейка не существовало.

Поэтому характер океанических течений был иным¹. Западные ветры в умеренных широтах Южного полушария порождали течения, которые, дойдя до западных берегов Южной Америки и Австралии, поворачивали на север. В тропических широтах они увлекались в экваториальные течения. В антарктических районах возникал огромный дефицит воды, который восполнялся теплыми течениями. Они несли на

юг тропические воды вдоль западных берегов Южной Америки, Африки и Австралии. Создавалась мощная меридиональная океаническая циркуляция, выравнивавшая поверхностные температуры в океане — в тропических районах они составляли примерно 28°C, а у побережья Антарктиды — 12°C. Здесь поверхностные воды опускались ко дну и образовывали придонную водную

массу. Пролив образовался не сразу. Лишь постепенно в районе Южно-Тасманийского поднятия, которое теперь находится под водой, возник узкий и неглубокий пролив. Поступавшие через него с запада относительно холодные воды (с температурой около 12°C), из юго-восточной части Индийского океана оттесняли теплые воды Восточно-Австралийского течения. По данным бурения,



Изменения температуры океана за 60 млн лет. I — температура поверхностных вод у побережья Антарктиды и близкие к ним температуры придонных вод всего океана; II — температуры поверхностных вод экваториальной части Тихого океана (по данным С. Савина и др. 1973); III — температуры поверхностных вод к югу от Новой Зеландии и Тасмании по данным скважин «Гломара Челленджера» 277, 279, 281 (по материалам Дж. Кеннета и Н. Шаклтона).

массу с той же температурой 12°C, характерной для всех океанов².

Примерно 53—55 млн лет назад Австралия отделилась от Антарктиды и стала смещаться к северу. Но разделивший два материка глубо-

проведенного во время 29-го рейса «Гломара Челленджера», к югу от Новой Зеландии температуры поверхностных вод снизились с 19° до 11—12°³. Но течение, проходившее к югу от Австралии, долго не оказывало существенного влияния на климат всего Южного полушария. Гораздо более важную роль сыграло перемещение на север западного берега Австралии. В результате антарктические воды попадали здесь уже не в субтропический, а в тропический пояс и прогревались сильнее. Это вызвало некоторое общее потепление 40—45 млн лет назад.

В таких условиях климат Антарктиды был умеренным, леса состояли главным образом из широколиственных по-

¹ Монин А. С., Шиш-ков Ю. А. История климата. Л., 1979.

² Savin S. M., Douglas R. C., Stanli F. G. Tertiary marine paleotemperatures. — «Geological Society of America Bulletin» 1975, № 11.

³ Kennett J. P., Shackleton N. G. Oxygen isotopic evidence for the development of the psychrosphere 38 M yr ago. — «Nature», 1976, № 5551.

род, а в районе Антарктического п-ова в них встречались также более теплолюбивые виды — араукарии и даже саговники (саговые пальмы). Через Антарктиду осуществлялся обмен флорой и фауной между Австралийской и Южно-Американской биогеографическими областями⁴. Эта мысль была впервые высказана Дж. Гукером еще в 1847 г. С тех пор она получила многочисленные под-

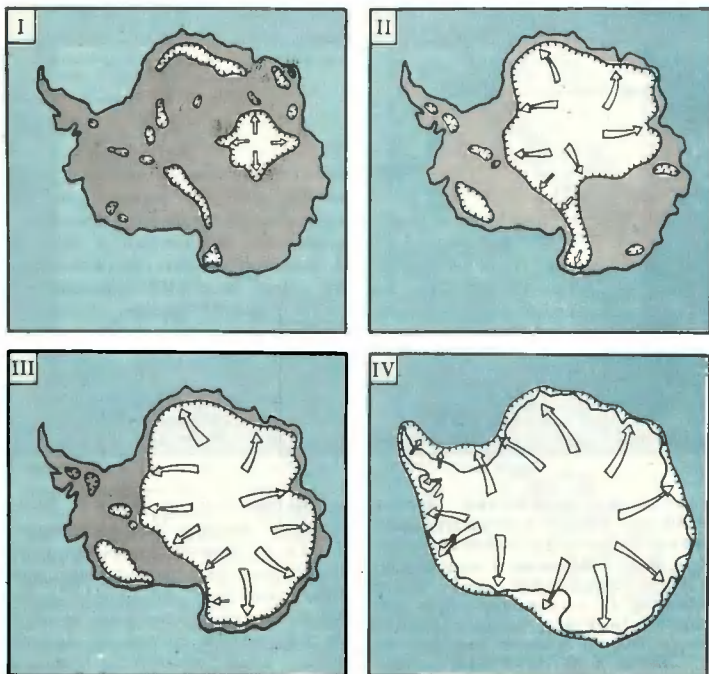
тверждения. Наиболее известными животными, перешедшими по антарктическому «мосту», являются сумчатые — они встречаются только в Австралии и в Америке.

Еще 40 млн лет назад теплые климаты господствовали и в Северном полушарии. Пальмы произрастали вплоть до берегов Карского и Охотского морей. Следует отметить, что никакого резкого из-

вдоль восточных берегов Южной Америки, Африки и Австралии. Но теперь они находились в южном умеренном поясе гораздо больше времени и успевали довольно сильно охладиться. Достигнув западных берегов Южной Америки, эти охлажденные воды поворачивали на север, достигали тропиков и вливались в Южное экваториальное течение Тихого океана. Через существовавший тогда широкий и глубокий пролив между Австралией и Юго-Восточной Азией это течение проникало в Индийский океан. В результате тропические районы также становились холоднее.

Похолодание было резко усилено из-за возникновения и роста ледников в Антарктиде. Первоначально оно оказалось достаточным, чтобы в пределах гор Гамбургцева и примыкающих к ним с севера возвышенностей, имевших высоту 1500—1800 м над ур. м., образовался ледниковый щит диаметром около 1000 км. Это вызвало дальнейшее похолодание, и ледники возникли в других возвышенных районах, в частности на Земле Королевы Мод и в Трансантарктических горах. Они вскоре слились в единый ледниковый щит, распространившийся почти на всю Восточную Антарктиду, имеющую площадь 10 млн. км². Все это могло произойти менее чем за 100 тыс. лет, т. е. в геологическом смысле почти мгновенно.

Сотрудники Ленинградского отдела Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР М. Я. Вербицкий и Д. В. Чаликов провели численные эксперименты с термогидродинамической моделью ледникового щита. Они показали, что Восточно-Антарктический щит (а следовательно и оледенение Антарктиды) может существовать при среднегодовых температурах $+4^{\circ}\text{C}$, т. е. на 16° превышающих современные. Правда в этом случае атмосферные осадки были бы выше современных и составляли бы в краевой зоне ледника не 450 мм, а 3500 мм в год, а основная часть льда расходовалась не путем образования айсбергов, а главным образом за счет таяния.



Развитие оледенения Антарктиды. I — первый этап роста ледников на границе эоцена и олигоцена (около 38 млн лет назад); II — второй этап роста ледников, непосредственно следовавший за первым; III — оледенение в олигоцене и начале миоцена (от 38 до 12 млн лет назад); IV — максимальное развитие оледенения на границе миоцена и плиоцена (около 5 млн лет назад).

менения климата на границе мезозоя и кайнозоя (65—67 млн лет назад) не произошло. Резкое похолодание произошло значительно позже — 38 млн лет назад. К этому времени образовался широкий и глубокий сквозной пролив к югу от Австралии. Течение, проникавшее в него из Индийского океана, оттеснило, наконец, Восточно-Австралийское течение. В результате образовалось Южное круговое течение, которое опоясывало почти всю Антарктиду, но было разорвано соединявшимися между собой Антарктическим п-овом и Южной Америкой. Теплые воды продолжали поступать на юг

⁴ Тахтаджан А. Л. Флористические области Земли. Л., 1976.

При изучении колонок глубоководных отложений выяснилось, что именно такими были условия в Антарктиде 38 млн лет назад, когда температура антарктических вод резко упала на 7° — от $11-12^{\circ}\text{C}$ до $4-5^{\circ}\text{C}$. Тогда и началось кайнозойское оледенение Земли, которое продолжается до настоящего времени. Восточно-Антарктический ледниковый щит существует с тех пор непрерывно.

Возможность существования ледникового щита в Антарктиде при относительно высоких температурах воздуха подтверждают не только численные эксперименты, но и данные по некоторым современным ледникам. В Чили южнее 46° ю. ш. при среднегодовых температурах $+6 - +8^{\circ}\text{C}$ и осадках, достигающих 5000 мм в год, многие ледники спускаются в море. На Южном острове Новой Зеландии (около 45° ю. ш.) при среднегодовой температуре $+10^{\circ}$ горные ледники спускаются в субтропический лес, а один из них только на 200 м (по высоте) не доходит до уровня моря. Если бы в обоих районах существовали более обширные нагорья, то при современном климате там возникли бы ледниковые щиты, достигающие до береговой линии.

Изменение циркуляции океана и образование Восточно-Антарктического ледникового щита привело к резкому изменению климата всей Земли. В экваториальных районах Тихого океана температуры поверхностных вод снизились с 28 до 20°C . В северной Евразии субтропическая флора сменилась умеренной. Все это связано с увеличением альбедо Земли, вызванным появлением больших площадей, покрытых ледниками, снегами и морскими льдами.

Следует подчеркнуть, однако, что и после резкого похолодания, наступившего 38 млн лет назад, в умеренных широтах господствовали гораздо более теплые климаты, чем теперь. В море Уздделла продолжало проникать теплое течение, которое зарождалось у восточных берегов Южной Америки. Покровного оледенения в Западной Антарктиде не

было, и там продолжали расти широколиственные леса.

Около 25 млн лет назад Австралия, постепенно передвигаясь к северу, закрыла глубокий пролив, отделявший ее от Юго-Восточной Азии. В результате Южное экваториальное течение Тихого океана перестало проникать в Индийский океан и повернуло на юг, усиливая Восточно-Австралийское течение; поступление теплых вод к берегам Антарктиды увеличилось, температуры постепенно и плавно возросли, что четко фиксируется палеотемпературными кривыми⁵.

В период между 14 и 11 млн лет назад климат вновь значительно изменился. Это было связано с раскрытием пролива Дрейка, которое началось около 25 млн лет назад⁶. Первоначально, однако, пролив был узким и не очень глубоким. Только около 12 млн лет назад холодные воды с запада оттеснили поступающие с севера теплые атлантические воды. Исчезла последняя преграда на пути Южного кругового течения, и оно стало опоясывать всю Антарктиду.

В результате характер циркуляции в океанах Южного полушария вновь изменился. Резко уменьшился водообмен между умеренными и тропическими широтами. Температура воды на поверхности океана у берегов Антарктиды понизилась до 2° , а в экваториальных районах повысилась до $26-28^{\circ}$.

В новых условиях размеры Восточно-Антарктического ледникового щита изменились незначительно. Но таяние в его краевой зоне уменьшилось, а расход льда шел уже в основном за счет образования айсбергов. Появились шельфовые ледники. Создались условия для оледенения Западной Антарктиды. Площадь этого оле-

денения всего лишь около 2 млн км^2 , поэтому оно не могло оказать большого влияния на климат. К тому же в Западной Антарктиде существует не единый ледниковый щит, а несколько слившихся между собой ледниковых куполов, которые могли образоваться не одновременно. Именно поэтому понижение температуры продолжалось целых 3 млн лет.

Общий характер климата Южного полушария, установившегося 12 млн лет назад, сохраняется до настоящего времени. Активная роль в формировании климата Земли постепенно перешла к Северному полушарию. Похолодания, связанные с оледенением северных полярных и умеренных широт, отражались также на Южном полушарии.

Все это позволяет по-новому осветить общий характер изменений климата. Еще недавно, когда данных было недостаточно, считалось, что похолодание на протяжении последних 60 млн лет развивалось постепенно. Исследования последних лет дают основание считать, что было два резких понижения температуры — около 38 и около 12 млн лет назад. Первое из них связано с образованием пролива к югу от Австралии, а второе — с раскрытием пролива Дрейка. Это вызывало целую цепь событий, приводивших к изменению средних температур Южного полушария и к их иному распределению по широтным зонам.

⁵ Ромов А. Б., Халин В. Е., Балуховский А. Н. Палеогеновые литологические формации континентов. — «Советская геология», 1978, № 3.

⁶ Barker P. F., Burrell J. The opening of Drake Passage. — «Marine geology», 1977, № 1—3.

Страницы истории отечественной ботаники

Ю. А. Белоножко
Новосибирск

Известно, что первый в Сибири ботанический сад был основан П. Н. Крыловым в Томске в 1885 г. Однако попытки создания ботанического сада за Уралом предпринимались еще несколькими десятилетиями раньше, начиная с 1820 г.

ПЕРВЫЕ БОТАНИЧЕСКИЕ НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ В РОССИИ

Реальные потребности экономического развития России в XVIII — первой половине XIX в. настоятельно требовали изучения растительных ресурсов страны, выявления полезных растений и внедрения их в сельское хозяйство. Это дало сильный толчок развитию ботаники.

В течение XVIII — первой половины XIX в. в стране оформились первые ботанические научно-исследовательские центры. Среди них видное место принадлежало Горенскому и Петербургскому ботаническим садам и Московскому обществу испытателей природы (МОИП).

Горенский сад графа А. К. Разумовского был заложен около 1798 г. в его имении Горенки под Москвой. Владелец сада сочетал в себе черты государственного деятеля и просвещенного человека. В 1786 г. он был назначен сенатором, в 1807 г. занял пост попечителя Московского университета, а с 1810 г. — министра народного просвещения. Разумовский объединял вокруг себя крупные научные силы того времени, принимал непосредственное участие в деятельности многих ученых обществ. Определенные заслуги принадлежат ему и в деле развития ботаники в России. Он покровительствовал Московскому обществу испытателей природы, первым президентом которого он был (1805—1817), основал первое в России ботаническое общество¹, организовал экспедицию для изучения природы Московской губернии. По его указанию с 1803 г. стали ежедневно публиковаться метеорологиче-

ские наблюдения профессора П. И. Страхова.

Горенский сад создавался на широкой научной основе. Для ведения исследовательской работы в саду Разумовский пригласил видных европейских ученых-ботаников Х. Ф. Стефана, Ф. Б. Фишера (не путать с известным зоологом Готтгельмом Фишером фон Вальдгеймом, о котором речь ниже), Ф. В. Лондеса, И. И. Редовского, Н. К. Германа, энтомолога А. М. Таушера и других. Уже первый директор Горенского сада, профессор Московской медико-хирургической академии Стефан, постарался придать ему характер научного учреждения. Но подлинного расцвета сад как центр ботанических исследований достиг при третьем директоре Ф. Фишере².

Фридрих Фишер (в истории русской науки известен под именем Федора Богдановича) родился 20 февраля 1782 г. в Пруссии в семье чиновника. Весной 1804 г. он закончил университет в Галле со степенью доктора медицины. Разумовский, в то время находившийся в Берлине, просил известного ботаника К. Шпренгеля рекомендовать ему из числа молодых ученых человека, способного взять на себя управление Горенским садом. Шпренгель предложил Ф. Фишера. И в 1804 г. он занял должность заместителя директора, а с 1805 по 1822 г. — директора Горенского сада. Молодой ботаник с большой энергией и знанием дела принялся за устройство сада, оранжерей, установил связи с учеными всей Европы, наладил обмен кол-

¹ Имеется в виду Горенское фитографическое общество. Основано в 1809 г. Его учредителями, кроме А. К. Разумовского, были Г. Ф. Гофман, Ф. Б. Фишер, И. Либошиц. Общество ставило перед собой чисто академические научно-исследовательские задачи. В 1812 г. слилось с МОИП.

² Не красова В. Л. Горенский ботанический сад. — «Труды Института истории естествознания и техники». М., 1949, т. III.

лекциями, семенами, командировал лиц для изучения флоры России, собирания коллекций и их обработки. Владелец сада одобрял все его начинания³.

Горенский сад был одним из крупнейших ботанических учреждений своего времени. Его обширная коллекция включала 12 тыс. видов растений, выращиваемых в грунте и оранжереях. Там были собраны уникальные сибирские и восточные растения. Коллекция пользовалась большой популярностью у москвичей и приезжавших в Россию иностранных ученых, поскольку флора Сибири была мало исследована. Не менее интересными были и различные гербарии, число видов в которых достигало 10 тыс. В Горенках был также музей, где хранились коллекции семян, минералогическая коллекция и богатое собрание насекомых. Из древесного питомника при Горенском саде деревья продавались всем желающим. Выходил печатный каталог растений сада, в котором растения были разделены по климатическим поясам.

Кроме директора сада и его помощника, в штате Горенского сада были еще старший садовник, несколько помощников и около 100 учеников. Принимали на обучение крестьян соседних помещиков, так что в Горенках было нечто вроде школы садоводства. Содержался сад в большом порядке. Разумовский не жалел на него средств, тратя ежегодно от 50 до 150 тыс. руб.

Коллекции живых растений, богатая библиотека, укомплектованная редкими изданиями по естествознанию, исключительной ценности гербарий составили солидную материальную базу для развития ботаники в России. Горенский ботанический сад был для своего времени крупным ботаническим научно-исследовательским центром.

Ботаники Московского университета использовали растения сада для изготовления учебных гербариев⁴. Горенский сад был известен за границей, он постоянно обменивался растениями и семенами с зарубежными садами⁵.

После смерти Разумовского в 1822 г. и ликвидации Горенок его дело не умерло благодаря энергии Фишера. Он сумел его сохранить и продолжить на новом месте. В 1823 г. Ф. Б. Фишер был назначен профессором Петербургской медико-хирургической академии. Как профессор ботаники он получил в управление находившийся в жалком состоянии так называемый медицинский сад (бывший Аптекарский огород, основанный в 1713 г.). Ф. Б. Фишер добился преобразования его в Императорский ботанический сад и больших ассигнований на его устройство. В первые два года существования сада была сооружена 21 оранжерея, что обошлось в 500 тыс. рублей. На покупку растений, семян, создание библиотеки было отпущено 100 тыс. руб. В 1824 г. по инициативе Ф. Б. Фишера купили библиотеку и гербарий Стефана, в 1826 г. — гербарий и библиотеку Горенского сада. Петербургский сад, унаследовав былую славу своего московского предшественника, стал ведущим ботаническим центром. На протяжении десятилетий сад прокладывал неведомые раньше пути по изучению флоры нашей родины, и особенно русской Азии, обогатив гербарий, музей и сад огромными коллекциями растений. Успехи сада во многом зависели от личных качеств Ф. Б. Фишера, с 1823 по 1850 г. занимавшего должность его директора.

Другим центром научной работы в области ботаники было Московское общество испытателей природы (МОИП).

Развитие естествознания в XVIII — начале XIX в. поставило задачу объединения отдельных исследователей и многочисленных «любителей природы», создания добровольных естественнонаучных обществ. Начиная со второй половины XVIII в. такие общества в большом количестве возникали в Западной Европе, особенно в Германии. Объединяя ученых разных специальностей, добровольные общества нередко способствовали успехам теоретических наук⁶.

МОИП было одним из первых естественнонаучных обществ в России. Задачи его состояли во всемерном содействии изучению природных богатств страны. Общество было основано 16 августа 1805 г. Инициатором его учреждения был приглашенный в 1804 г. русским правительством

³ Палибин И. Императорский ботанический сад в Петербурге и его прошлое. СПб., 1898.

⁴ Петров В. А. Первые этапы развития ботаники в Московском университете. — «Ученые записки Московского университета, сер. биол.», 1940, вып. 54.

⁵ Липшиц С. Ю. Московское общество испытателей природы за 135 лет его существования. М., 1940.

⁶ Курсанов Л. И., Дейнега В. А. Московское общество испытателей природы. — «Ученые записки Московского университета, сер. биол.», 1940, вып. 54.



Ф. Б. Фишер (1782—1854).

вом на работу в Московский университет зоолог профессор Готтгельм Фишер фон Вальдхейм (в России его звали Григорием Ивановичем). В осуществлении плана организации МОИП ему помогал стоявший в то время во главе Московского университета М. Н. Муравьев. Объединив вокруг себя нескольких приглашенных из-за границы профессоров (ботаников Г. Ф. Гофмана, Ф. Б. Фишера, А. М. Таушера и других), а также немногочисленных в то время русских знатоков естествознания, Г. И. Фишер добился основания МОИП при Московском университете.

Деятельность общества развивалась в нескольких направлениях и выражалась в издании научных трудов членов общества, в организации экскурсий и экспедиций, в воспитании у студентов Московского университета вкуса к естественным наукам и в приобщении их к исследовательской работе по естествознанию, в пропаганде естественнонаучных знаний среди широких масс населения.

Объектом особого внимания естествоиспытателей, объединенных в МОИП,

были почти не обследованные, но таившие несметные природные богатства обширные районы, лежавшие за Уралом. В XVIII — начале XIX в. было организовано несколько экспедиций. Академические экспедиции (особенно так называемые физические экспедиции Академии наук — третья серия 1768—1774 гг.) внесли существенный вклад в дело накопления фактического материала, послужили импульсом к дальнейшему прогрессу естественных наук в России. Однако, располагая немногочисленными научными силами, отдельные экспедиции не могли решить задачу детального изучения природных ресурсов восточных окраин страны. В повестку дня самой жизнью был поставлен вопрос о необходимости создания за Уралом стационарных научных учреждений, которые бы систематически и планомерно исследовали растительные ресурсы азиатской части страны. Эта назревшая потребность русской ботанической науки нашла отражение в разработанном в 1820—1821 гг. Ф. Б. Фишером плане создания Сибирского ботанического сада.

ПРОЕКТ СИБИРСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Пример существования Горенского сада убеждал в том, что никакое частное научное учреждение не может долго существовать. Ф. Б. Фишеру было очевидно, что организация ботанических садов под силу только государству.

В первой половине 1820 г. Ф. Б. Фишер представил проект создания государственного ботанического сада в Сибири на рассмотрение генерал-губернатора Сибири М. М. Сперанского, а в декабре того же года познакомил с ним и членов МОИП. Сперанский горячо откликнулся на это предложение. 28 июля 1820 г. он писал председателю МОИП Г. И. Фишеру: «Устройство здесь ботанического сада, по-моему мнению, не только было бы очевидно полезно, но и не представило бы особенных трудностей в исполнении. Южная часть Сибири положительно способна к культуре несравненно более разнообразной и обширной, нежели существующая ныне. Прямое доказательство тому богатство и роскошь ее природных произведений. Здесь нет многих полезных и приятных европейских растений только потому, что они не разводятся. С другой стороны, единственно по отсутствию такого заведения, как ботанический сад, многие из природных сибирских растений

неизвестны в Европе»⁷. Генерал-губернатор обещал Г. И. Фишеру при поездке вдоль Иртыша и на Алтай собрать сведения о местах, где можно устроить сад. И обещание сдержал. В качестве удобного под заведение ботанического сада места Сперанский предлагал участок Тепкиши в 27 верстах от Семипалатинска или окрестности Бийска, где климат был холоднее, но почва плодороднее. В связи с поисками места под сад генерал-губернатор вступил в переписку с барнаульским естество-

им «Проектом образования экономического ботанического сада в Сибири».

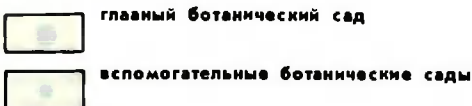
Ф. Фишер так обосновал необходимость создания ботанического сада в Сибири: «Сибирские губернии более прочих имеют в том (в ботаническом саду.— Ю. Б.) надобность, ибо в них разводятся яемногие только деревья и другие полезные растения, соответственные климату; но садоводство, рассматриваемое как предмет, приносящий пользу или служащий для приятности и удовольствия, находится там еще



испытателем Ф. В. Геблером, членом МОИП. Но предположение об основании ботанического сада в 1820 г. не осуществилось.

Однако неудача не смутила Ф. Фишера. 1 августа 1821 г. на заседании Совета Императорского Московского общества сельского хозяйства (МОСХ), действительным членом которого был Ф. Фишер, он выступил с речью «О пользе ботаники и ботанических садов» и с подготовленным

Карта-схема расположения ботанических садов в Сибири, согласно проекту Ф. Б. Фишера.



в младенчестве... В Сибири ощутителен недостаток во всех хороших и плодовых растениях, да и самые плоды в сей стране не приводятся в лучшее состояние, которое бы можно было им доставить хорошим садоводством. Климат во многих местах

⁷ Вагин В. Исторические сведения о деятельности М. М. Сперанского в Сибири с 1819 по 1822 гг. СПб., 1872 т. 2.



Г. И. Фишер (1771—1853).

Сибири не так суров, как по предубеждению вообще о нем думают, и вот почему там настает нужда в хорошо устроенном садовом заведении, в котором бы растения, для сей страны драгоценные, могли быть воспитываемы и приспособляемы к климату и потом разделяемы между жителями, занимающимися разведением оных»⁸.

По мысли ученого, ботанический сад в Сибири должен был удовлетворять двум целям: разведению и акклиматизации полезных для Сибири растений и выращиванию местных растений для обмена с европейскими садами.

Поскольку Сибирь занимала огромную территорию с разнообразными почвенно-климатическими условиями, Ф. Б. Фишер предлагал создать целую систему ботанических садов, из которых один был бы главным, все остальные — вспомогательными. Главный сад должен

был служить удовлетворению двух указанных выше целей, вспомогательные сады создавались только для размножения полезных растений. Главный сад следовало основать в Иркутске, вспомогательные — в Тобольске, Барнауле (или в округе Колывано-Воскресенских рудников), Томске (или Абаканске), Кяхте, Нерчинске (или в другом удобном месте в Даурии), Якутске, Охотске, Петропавловске-Камчатском.

Площадь главного сада должна была составить от 40 до 60 десятин различной по своим свойствам и местоположению земли. Ученый проектировал разбить сад на берегу Ангары, чтоб не было недостатка в воде, в месте, защищенном от холодных северных ветров. Главный сад должен был состоять из четырех отделов: 1) сада экономического, который включал бы рассадники деревьев, овощных и декоративных растений; 2) сада аптекарского, в котором размножались бы лекарственные растения; 3) сада ботанического, предназначенного для экспозиций сибирских растений; 4) отделения для парников и оранжерей.

Среди вспомогательных садов Ф. Б. Фишер выделял сады южных и северных районов Сибири. По его мнению, первые должны были быть полнее и богаче вторых. Площадь вспомогательного сада в южной Сибири предполагалось ограничить 20 десятинами, в северной — 4—6 десятинами. Под вспомогательные сады рекомендовались участки с плодородными почвами, расположенные близко от источников воды. Вспомогательные сады южной Сибири должны были заключать в себе два отдела: 1) сад экономического, в котором должны были быть небольшая теплица, небольшая холодная оранжерея, парники, фруктовая оранжерея, большой грунтовой сарай, рассадник для деревьев, кустарников, растений экономических и лекарственных, жилищ для служащих сада; 2) сад ботанический, функция которого сводилась к сохранению на один год растений, слишком нежных для непосредственной пересылки их в главный сад. Во вспомогательных садах северных районов Сибири ученый предлагал заниматься разведением растений на открытом воздухе.

Штат главного сада по «Проекту» должен был состоять из главного садовника, двух его помощников, восьми садовников, двенадцати садовых учеников, садовых рабочих. В компетенцию главного садовника входило осуществление общего

⁸ Фишер Ф. Б. Проект образования экономическо-ботанического сада в Сибири. — «Земледельческий журнал», 1821, № III.

руководства главным и всеми вспомогательными садами. Его помощники должны были организовывать ботанические путешествия. Составление маршрутов и инструкций путешествий МОИП, от имени которого выступал Ф. Фишер, брало на себя. Каждый из восьми садовников получал в управление часть сада. В обязанности им вменялось составление отчетов обо всех происходивших в их хозяйстве изменениях. Зимой они должны были заниматься учебой своего персонала и готовить все необходимое для летних работ в саду. Для повышения образования работников сада и расширения ботанических знаний всем желающим ученый проектировал создать при главном саде библиотеку и систематическое собрание растений и семян. Библиотеку предполагалось укомплектовать из небольшого числа классических сочинений по ботанике, а также из книг о флоре Российской империи.

Штат вспомогательных садов Ф. Б. Фишер не определял точно в силу их неодинаковых размеров в разных районах Сибири, но обязательно включал садовника и двух садовых учеников. Каждый четыре месяца садовник вспомогательного сада должен был направлять в главный сад собранные растения и рапорты о своей деятельности. В летний период в его обязанности входил сбор растений в своем районе.

Автор проекта продумал систему подготовки кадров для обслуживания садов. Предполагалось принимать в сады для обучения посылаемых правительством и частными лицами мальчиков. По окончании учебы они могли бы занимать должности во вспомогательных садах.

Будучи директором Горенского сада, Ф. Б. Фишер обещал молодому Сибирскому саду всестороннюю помощь в подборе растений, научных консультациях, установлении связей с Европейской Россией и заграницей в целях обмена растениями. Проект предусматривал два раза в год бесплатную раздачу небогатым людям деревьев, растений и семян из ботанических садов.

Итак, Ф. Б. Фишер мыслил создание ботанического сада в Сибири как солидного научного учреждения. В основу проекта был положен опыт основания и деятельности Горенского ботанического сада. Учитывался и европейский опыт организации ботанических садов. Вместе с тем в проекте была развита новая для того времени



А. К. Разумовский (1748—1822).

идея государственного строительства системы ботанических садов в России.

Разработанный проект был грандиозным. Осуществление его потребовало бы больших правительственных ассигнований на устройство сети садов, ежегодное содержание работников и производство научных исследований. Решение вопроса упиралось и в кадры. Россия в то время не располагала достаточным количеством подготовленных ботаников. Проект Ф. Б. Фишера не был принят правительством.

Но Фишер не отказался от своей идеи. Заняв с 1823 г. должность директора Петербургского ботанического сада и пользуясь материальной поддержкой правительства, он пытался продвинуть решение вопроса о создании ботанических садов в отдельных районах Сибири, в частности на Камчатке. С реализацией планов учреждения ботанического сада на восточной окраине России связана деятельность ученых садовников (ботаников) Е. Ридера, А. Плева и агронома Кегеля.

ПРОЕКТ КАМЧАТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Назначенный на должность начальника Камчатки А. В. Голенищев в августе 1828 г. обратился к председателю Сибирского комитета с отношением, в котором писал, что обучавшийся в Павловске в садах императрицы Марии Федоровны садовник Е. Ридер через директора Петербургского ботанического сада Ф. Б. Фишера заявил о своем желании ехать на Камчатку для ученых занятий по ботанике. Ходатайство Голенищева о командировке ботаника на Камчатку было удовлетворено. На заведение казенного сада и содержание садовника на полуострове казна ассигновала 3840 руб., на разъезды по Камчатке — 800 руб.

Обязанности Ридера на Камчатке определялись специальной инструкцией, составленной Ф. Б. Фишером. Садовник должен был заняться устройством казенного сада и разведением огородных овощей, обучением садовому искусству местных жителей, составлением полного и подробного описания флоры Камчатки и Курильских островов, сбором и пересылкой ежегодно достаточного количества семян и сушеных образцов растений для гербариев Петербургского, а также царских и иностранных ботанических садов.

В августе 1828 г. Ридер выехал на Камчатку. В то время, когда он находился на пути в Петропавловск, Голенищев предпринимал шаги к тому, чтобы подготовить материальную базу для научных исследований ботаника. Рапорт о необходимости устройства в Петропавловске оранжереи и при ней теплицы для растений, вместе с подготовленными Ф. Фишером планом и чертежами оранжереи были представлены на рассмотрение министра внутренних дел. В 1829 г. проект строительства оранжереи с теплицей на Камчатке был одобрен министром, а в 1830 г. утвержден царем. На строительство оранжереи отпущено 3655 руб. и на ее ежегодное содержание по 1120 руб. В 1831 г. из Петербурга на Камчатку были отправлены стекла для оранжереи. Однако в последующие два года к строительству оранжереи не приступили сначала из-за несовершенства составленного плана, а затем — отсутствия строительных материалов.

Ридер прибыл на Камчатку в июле 1829 г. Поскольку строительство оранжереи и теплицы по разным причинам откладывалось, он занимался распространением огородничества, опытами хлебопашества

и насаждения фруктового сада, украшением улиц Петропавловска цветниками, пропагандой сельскохозяйственных знаний среди местного населения. Изредка садовник путешествовал, собирая камчатские растения, и затем он пересылал их в Петербургский ботанический сад. Но деятельность Ридера продолжалась недолго, в 1833 г. он умер.

В 1834 г. Сибирский комитет послал на Камчатку на место Ридера аптекарского помощника А. Пленца и двух садовых учеников, А. Сорокина и С. Рычагова. Однако им не удалось продвинуть устройство ботанического сада на Камчатке.

Но и после очередной неудачи Ф. Б. Фишер не теряет надежды на устройство Камчатского ботанического сада.

В конце 1840 г. было принято решение послать на Камчатку прусского агронома Кегеля. В задачи его двухлетней командировки входило изучение Камчатки в сельскохозяйственном отношении. Сверх этого Ф. Б. Фишер снабдил его инструкцией относительно занятий по ботанике. Осенью 1841 г. Кегель прибыл на полуостров. Но Кегель, как и его предшественники, не смог построить оранжерею и теплицу.

Таким образом, несмотря на многолетние энергичные усилия Ф. Б. Фишера, осуществить его план устройства ботанического сада на Камчатке не удалось. Не были открыты сады и в других городах Сибири, которые назывались в проекте ученого. Как уже упоминалось, первый ботанический сад за Уралом был заложен только в 1885 г. в связи с открытием Томского университета.

Идея Ф. Б. Фишера о создании разветвленной сети государственных ботанических садов в Сибири претворилась в жизнь лишь при Советской власти. С победой Великой Октябрьской социалистической революции один за другим стали открываться ботанические сады в крупных сибирских городах: Омске (1927), Улан-Удэ (1936), Иркутске (1939), Новосибирске (1946), Владивостоке (1948), Барнауле (1950), Якутске (1962)⁹. Современная география размещения ботанических садов за Уралом в значительной степени совпадает с той, которую предлагал Ф. Б. Фишер полтора столетия тому назад.

⁹ Цицин Н. В. Ботанические сады СССР. М., 1974.

Леонид Александрович Чубуков

28 января 1980 г. скончался известный советский климатолог, доктор географических наук, член редколлегии журнала «Природа» Леонид Александрович Чубуков.

Л. А. Чубуков родился 6 (19) января 1906 г. в семье служащего в Москве и с 1926 г. начал работать библиотекарем-передвижником. Окончив в 1931 г. Московский гидрометеорологический институт, Леонид Александрович занимался метеорологическими и климатологическими исследованиями. Он разработал новый метод аэрологического исследования атмосферы — самолетное горизонтальное зондирование, а также метод комплексного климатологического описания аэротрасс и портов. С 1939 г. Л. А. Чубуков стал сотрудником Института географии АН СССР, где работал до последних дней.

Леонид Александрович творчески дополнил и развил идеи Е. Е. Федорова о погоде как единой взаимосвязи отдельных метеорологических элементов и создал отечественную школу комплексной климатологии на основе учения о климате как о многолетнем режиме погоды.

Разработанные Л. А. Чубуковым и его учениками методы комплексной климатологии, с помощью которых можно охарактеризовать структуру климата в погодах, широко применяются в настоящее время в прикладных отраслях климатологии — курортной, сельскохозяйственной, строительной — не только в нашей стране, но и за рубежом. Особенно много сделал Л. А. Чубуков для развития медицинской климатологии. С 1952 по 1960 г. Л. А. Чу-

буков руководил лабораторией курортной климатологии Центрального научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии Министерства здравоохранения СССР, где в это время была разработана единая методика исследования климатических условий в медицинских целях. При участии Л. А. Чубукова впервые в истории мировой курортологии была создана «Карта структур климата курортов и лечебных местностей СССР» (1962).

Под руководством Л. А. Чубукова были изучены структуры климата в погодах для большинства районов Советского Союза и ряда зарубежных стран. Л. А. Чубуков с увлечением и неустанно передавал свои знания молодежи. Строгая объективность в научных суждениях, правдивость, принципиальность, честность, отзывчивость, высокая культура и эрудиция создали ему огромный авторитет и глубокое уважение коллег. Его идеи и замыслы успешно развивают многочисленные ученики не только в различных районах нашей страны, но и за ее пределами. В последние годы Л. А. Чубуков в Институте географии АН СССР занимался вопросами антропогенного воздействия на режим погоды, возможными изменениями климата, связанными с переброской вод сибирских рек на юг.

В качестве члена редколлегии журнала «Природа» Леонид Александрович Чубуков способствовал популяризации актуальных проблем географии, метеорологии и климатологии, стараясь привлечь в журнал интересных авторов, сам ярко выступал в «Природе».

Редакционная коллегия журнала «Природа»



КРАСНАЯ КНИГА



ОХОТСКИЙ УЛИТ

В. А. Нечаев,
кандидат биологических наук

Биолого-почвенный институт Дальневосточного научного центра АН СССР
Владивосток

Охотский улит (Pseudototanus guttifer) — кулик средней величины редкий и, по-видимому, исчезающий вид. Он включен в «Красные Книги» Международного союза охраны природы, СССР и Японии.

По величине и окраске охотский улит похож на большого улита — широко распространенного кулика в нашей стране. Отличается от него более темной окраской оперения, массивным клювом и некоторыми другими внешними признаками, а также поведением и образом жизни. Иногда охотского улита путают с большим песочником. Однако большой песочник — меньшей величины, и у него клюв прямой и короткий. Спина, верх головы и крылья охотского улита покрыты густыми черными пятнами, на груди — пестрины редкие, но более контрастные, а нижняя часть тела, подкрылья, задняя часть спины и надхвостье — белые. Клюв длинный, слегка изогнутый вверх. Между средним и внутренним пальцами развита кожистая перепонка, за что эту птицу называют еще перепончатопалым улитом.

Охотский улит — эндемичный вид СССР. До настоящего времени его ареал выяснен недостаточно. Гнездование достоверно установлено лишь в двух местах: одно — на Южном, другое — на Северном Сахалине.

Редок охотский улит и в период пролета. Весной, во второй половине мая, большие стаи и одиночки были замечены на побережье о-ва Сахалин, в Приморье — на берегах озера Ханка и п-ове Де-Фриза в Амурском заливе, в устье Амура, на п-ове Камчатка в устье р. Авача и на о-ве Беринга (Командорские о-ва). Осенние миграции улита происходят со второй половины августа и продолжаются в течение сентября. Они наблюдались также в Приморье, в лимане Амура на о-ве Байдукова, на побережье Гижигинской губы и в некоторых других местах, а за пределами СССР — в Корее, в Японии на о-вах Хоккай-

до, Хонсю и Кюсю и в Китае. Места зимовок расположены в юго-восточных районах материкового Китая, на о-вах Хайнань, Тайвань, Калимантан и Филиппинских, а также в Бирме, северо-восточной Индии и на п-ове Малакка.

Гнездовья охотского улита на Южном Сахалине впервые обнаружил японский натуралист Г. Окада. В конце мая 1935 г. на побережье зал. Анива он обнаружил колонию, состоящую примерно из 10 пар, а летом следующего года поймал пуховых птенцов улита. На основании этих материалов зоолог Н. Курода дал описание охотского улита. Долгое время эти сведения были единственными. Они были включены во все отечественные и зарубежные орнитологические сводки. К большому сожалению, сейчас на побережье зал. Анива охотские улиты уже не гнездятся. За последние 40 лет места их обитания значительно изменились. Рядом возникли новые населенные пункты, шоссе и железная дорога пересекли побережье залива, увеличилось число охотников и рыбаков. Это привело к тому, что в зал. Анива колония охотских улитов, по-видимому, уже в 50-х годах перестала существовать.

Во время полевых работ в 1975—1976 гг. на побережье зал. Чайво (северо-восточная часть о-ва Сахалин) мы обнаружили места гнездовой охотского улита, наблюдали за ним и получили данные (ранее неизвестные) о его биологии и поведении.

В одной колонии насчитывалось 10, в другой — 4 пары. На других побережьях лагунных заливов численность вида неизвестна.

Охотские улиты гнездятся в прибрежных редких и заболоченных лиственных лесах. Деревья здесь низкорослые с искривленными под напором северо-восточных ветров флагообразными кронами, густо обросшими лишайниками-бородами. На сухих песчаных буграх растут



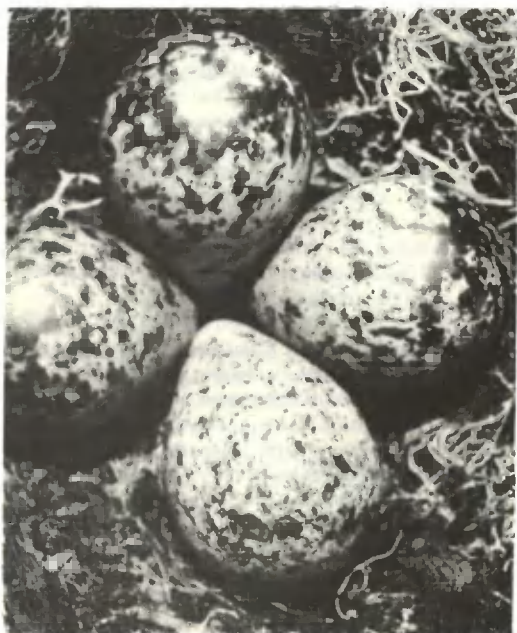
Охотский улит на гнезде, построенном в развилке ствола лиственницы.

Здесь и далее фото автора.

Пестроокрашенные яйца охотского улита лежат на мягкой подстилке из комочков лишайника-бородача.

лиственницы и кедровый стланик. Открытые участки представляют собой топкие болота с редкими зарослями кустарниковой березы и багульника.

В мелководной прибрежной полосе залива множество различных по форме и размерам озер и заливчиков, нередко далеко вдающихся в сушу. Постоянный уровень воды в них поддерживается за счет ежедневных приливов, высота которых достигает 1,5 м, и тогда затопливаются низкие берега, покрытые травянистой растительностью, и заполняются изолированные водоемы. На топких берегах озер, окаймленных хвостником и осокой, кормятся охотские улиты в гнездовой и послегнездовой периоды. Сюда же приводят они своих птенцов, с которыми держатся до отлета.





Места гнездования охотского улиты — заболоченный лиственничный лес.

На гнездовьях птицы появляются во второй половине мая. Прилетают стаями или парами и сразу же занимают гнездовые участки. В это время у самцов начинается ток, который, как и у больших улитов и травников, выражается в плавных подъемах и спусках. Улиты летают на высоте 30—60 м волнообразно или по прямой, то планируя вниз на 2—3 м, то поднимаясь вверх. Брачный полет длится 5—10 мин. В это время улиты издают громкую мелодичную трель. Нередко песня начинается с протяжных звуков: они повторяются 10—20 раз и прекращаются или же после паузы переходят в трель.

Активнее всего охотские улиты токут в июне на местах кормежек, в прибрежной полосе залива, или во время перелетов из района гнездования и очень редко вблизи гнезда. Обычно птицы совершают брачные полеты утром, реже днем, иногда 3—4 самца летят вместе. В первой половине июля песни постепенно стихают.

Гнездится охотский улит на деревьях (все пять найденных нами гнезд находились на ветвях лиственниц на расстоянии от 0,5 до 3 км от берега лагунного залива), что совсем не характерно для куликов.

Пары птиц сразу же после появления на местах гнездования начинают подыскивать дерево, подходящее для устройства гнезда. Обычно рано утром они летят в прибрежный лес. В то время, когда одна птица обследует ветви лиственницы, другая сидит на вершине дерева — наблюдательном пункте — и при появлении врага громко кричит. На деревьях охотские улиты более проворны, чем другие кулики (фифи и травники). Они легко передвигаются по горизонтальным ветвям и даже переходят по ним с одного дерева на другое, но чаще тяжело перелетают с ветки на ветку.

Когда место найдено, самец и самка начинают строить гнездо. Они обламывают клювом сухие тонкие веточки лиственницы, укладывая их в основание развилки. Затем срывают с ближайших веток зеленовато-серые и желтые комочки от «бород» лишайников и укладывают их сверху. В этом мягком и пушистом слое яйца буквально тонут. Законченное гнездо представляет собою легкое и рыхлое сооружение со слабо выраженным лотком.

Гнезда помещаются в двойной или тройной развилках основного ствола дерева или на боковых ветвях на высоте от 2 до 4,5 м от поверхности земли. Три из пяти обнаруженных нами гнезд находились в развилках боковых ветвей на расстоянии до 1 м от ствола дерева. Сверху гнезда мало

заметны: они прикрыты густой ветвью или искривленной кроной. Улиты строят гнезда и откладывают яйца в первой половине июня. Пары, образовавшиеся поздно, приступают к размножению во второй декаде июня. (В случае потери полной или незавершенной кладок охотские улиты не откладывают новых, хотя держатся на гнездовых участках и совершают токовые полеты.)

В двух найденных нами полных кладках было по 4 яйца, они — грушевидной формы, основной фон скорлупы голубовато-зеленый с глубокими пепельно-серыми и поверхностными темно- и светло-бурыми пятнами, а на тупой половине яйца черные мазки образуют сгущения. Размеры найденных яиц: (47—51)Х(34—35) мм. Вес отложенных яиц 27—30 г.

Яйца высидывают в равной степени самка и самец. Издали их неподвижные темные фигуры легко принять за сухие наросты или обломки ветвей среди свисающих лишайников. Насиживающие улиты подпускают человека на 2—3 м, а затем с криком взлетают, садятся на ветви ближайших деревьев и не умолкают до тех пор, пока человек не уйдет. При появлении ворон и белоплечих орланов с громкими криками преследуют их.

Птенцы вылупляются в конце июня — начале июля. Они покрыты густым и блестящим серовато-белым с охристыми оттенком пухом. От клюва через глаз к затылку и вдоль верха головы протянуты черные полосы. На затылке черное пятно. На спине две черные полосы, вдоль которых тянутся светло-охристые линии. Нижняя сторона тела пепельно-серая.

Через сутки, обсохнув, птенцы покидают гнездо. Они падают с дерева, нередко с высоты около 5 м, но, будучи пушистыми и легкими, не разбиваются. Создав птенцов, родители уводят их к заливу. Так, 29 июня 1976 г. мы наблюдали, как охотские улиты переводили 4 пуховичков из района гнездования — лиственничного леса с кедровым стлаником, расположенного в 3 км от залива, на места кормежек — мелководные прибрежные озера. Их путь проходил через лиственничный лес с кустарниковой березой и багульниковом, пойменный ольхово-лиственничный лес, захлащенный поваленными деревьями, а затем через болото с одиночными полусухими лиственницами. Взрослые птицы держались впереди. Они садились на ветви или вершины деревьев и, издавая тихие звуки, подзывали птенцов. Когда те подбегали, родители отлетали

на 20—30 м и вновь подманивали их. При опасности птенцы прятались под листья трав, осоковые кочки и низкие ветви деревьев, где сидели неподвижно. За 2 часа родители перевели пуховичков на 150 м.

В июле и августе, до момента отлета, охотские улиты держатся на мелководных озерах в прибрежной полосе лагунных заливов. С птенцами постоянно находятся взрослые птицы. То одна, то другая из них взлетает на деревья и осматривает окрестности. Человека они замечают за 50—100 м и летят ему навстречу с громкими скрипучими криками. Часто к одной паре присоединяются птицы из других пар. Однажды мы наблюдали 6 птиц, слетевшихся на крик. Когда человек минует участок, занятый одной парой птиц, его начинают атаковать улиты соседней пары. Так «эстафета» беспокойства и тревоги передается птицам всей колонии. Подобным образом охотские улиты реагируют на появление северных оленей и ворон.

Основная пища птиц — мелкая рыба, главным образом девятиглая колюшка, а также многощетинковые черви, мелкие ракообразные; изредка птицы поедают наземных и водных насекомых. Во время приливов они медленно ходят вдоль уреза воды или по дну мелководных заливов и озер. При этом они забредают в воду по брюшко. Плавающих улитов мы не наблюдали. В период отлива улиты отыскивают пищу на обнаженных участках илистого или песчаного дна заливов и в устьях рек. Они ощупывают грунт, погружая половину клюва в ил, или схватывают добычу с его поверхности. Однажды мы наблюдали, как улит в прибойной полосе Охотского моря ловил мелких ракообразных. Он быстро бежал вслед за отступающей волной и успевал схватить добычу до подхода очередной волны.

На мелководьях улиты постоянно погружают кончик клюва в воду. На более глубоких местах опускают в воду весь клюв и даже голову, а иногда и шею до плеч. Наблюдали и такой способ охоты: птица опускает клюв в мокрый ил и, быстро передвигаясь, взмучивает его, а затем вылавливает с поверхности воды всплывших червей. Колюшка обычно прячется в зарослях морской травы — взморника. Чтобы вспугнуть рыбу, улиты протыкают клювом слой травы. Некоторые улиты, поймав колюшку, бегут с ней к берегу или бревну, где сначала оглушают

добычу ударом о твердый предмет, а затем проглатывают.

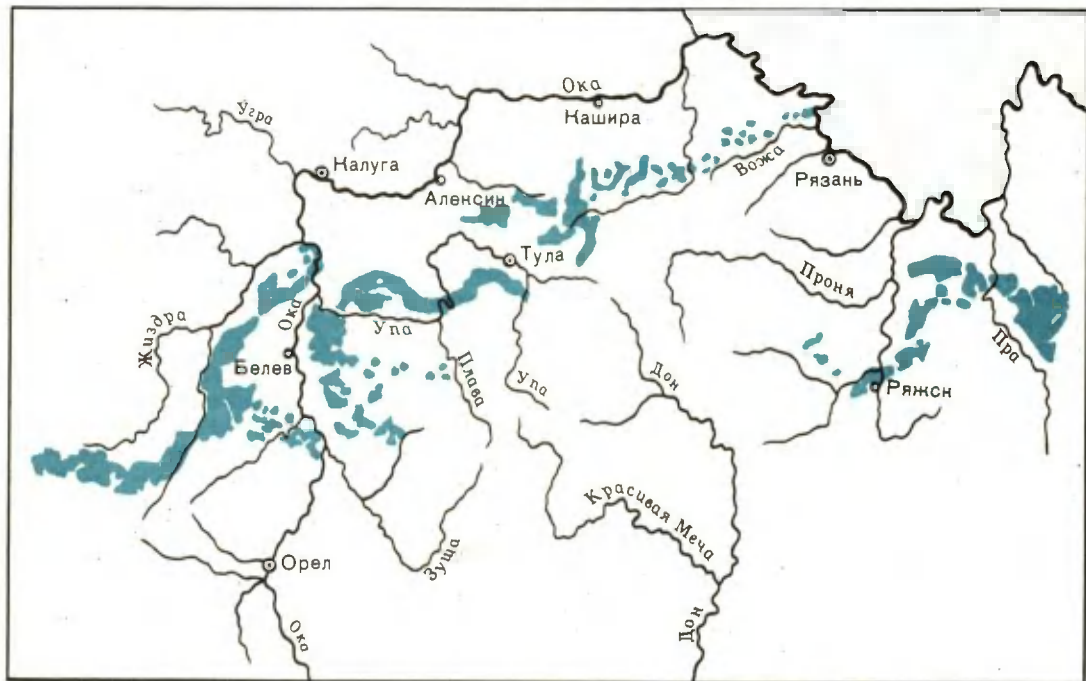
Охотский улит — реликтовый вид с ограниченной областью распространения и низкой численностью. На сокращение численности вида большое влияние оказывает деятельность человека, главным образом браконьерство. Не вызывает сомнения тот факт, что только в результате интенсивной и бесконтрольной охоты исчезла колония охотских улитов на побережье зал. Анива. Сейчас на Сахалине упорядочены сроки охоты. Однако в отдаленных северных районах острова, которые в настоящее время интенсивно осваиваются, сроки охоты и нормы отстрела не соблюдаются. Помимо охотников и браконьеров, птиц на местах

гнездовый беспокоят рыбаки, туристы, а также пастухи-оленьеводы с собаками.

Для сохранения охотского улита как вида, находящегося под угрозой исчезновения, необходимо выяснить его современный ареал и состояние численности. Видимо, следует запретить охоту на все виды куликов, так как в настоящее время все крупные виды куликов стали малочисленными (а мелкие — не представляют охотничьей ценности). Места гнездования охотских улитов — лагунные заливы на побережье Охотского моря объявить заповедными. Там, помимо этих куликов, гнездятся камчатские крачки, белохвостые и белоплечие орланы, а на пролете встречаются кулики-лопатни — виды, включенные в «Красную Книгу СССР».

Поправка

В журнале «Природа», № 3, 1980 г., с. 89, при печати допущена ошибка. Карта к статье С. Ф. Курнаева «Тульские засеки, их природа, научное и хозяйственное значение» должна выглядеть следующим образом.



Космические исследования

Спутник «Магсат»

30 октября 1979 г. с Западного испытательного полигона (шт. Калифорния, США) был осуществлен запуск спутника «Магсат», предназначенного для изучения характеристик магнитного поля Земли.

Масса спутника 181 кг; он создан в Лаборатории прикладной физики Университета Дж. Гопкинса. В основу конструкции «Магсата» положен малый астрономический спутник «SAS-C». Ракета-носитель «Скаут» вывела спутник на начальную геоцентрическую орбиту с высотой в перигее 334 км, в апогее — 582 км, наклонением 96,8° и периодом обращения 93,9 мин.

Проект спутника «Магсат» разработан совместно НАСА и Геологическим управлением США. Полученная спутником уточненная информация о характеристиках магнитного поля Земли позволяет создать глобальную модель этого поля, которая могла бы быть использована для коррекции карт, определения магнитных аномалий, а также для получения данных о природных ресурсах (таких, например, как залежи железной руды). С помощью спутника «Магсат» планируется провести 32 эксперимента, из них 19 разработаны американскими специалистами, остальные — специалистами Австралии, Бразилии, Великобритании, Индии, Италии, Канады, Франции и Японии.

На спутнике «Магсат» установлены два прибора: скалярный магнитометр на парах цезия для измерений напряженности магнитного поля Земли с точностью 0,5 нТ и индукционный векторный магнитометр для измерений (с разрешающей способностью 1 нТ) по каждой из

трех координатных осей. Магнитометры установлены на конце штанги длиной 6 м, которая была развернута после выхода спутника на орбиту. На этом расстоянии влияние магнитных материалов корпуса и служебной аппаратуры на показания магнитометров не превышает 1 нТ.

«Air et Cosmos», 1979, v. 17, № 775, p. 42 (Франция); «Spacewarn Bulletin», 1979, SPX — 313, p. 5—6 (КОСПАР).

Астрофизика

Как отличить нейтронную звезду от черной дыры!

В то время как нейтронные звезды открыты радиоастрономами более 10 лет назад и интенсивно изучаются наблюдателями, существование черных дыр до сих пор подвергается сомнению. Только один галактический объект — рентгеновский источник Лебедь X-1 — более или менее достоверно считается черной дырой. Вывод основан на оценке массы оптически невидимого и излучающего в рентгеновском диапазоне компонента двойной звездной системы с массой $\sim 10 M_{\odot}$, которая существенно превышает теоретический предел для массы нейтронной звезды — (2—3) $M_{\odot}$. Однако существуют и другие модели данной системы, не требующие присутствия в ней черной дыры, а довольствующие нейтронной звездой: например, модель тройной системы, в которую входят две нормальные и одна нейтронная звезда. Поэтому вопрос о дополнительных, помимо массы, критериях, позволяющих отличать нейтронные звезды от черных дыр, представляется очень важным.

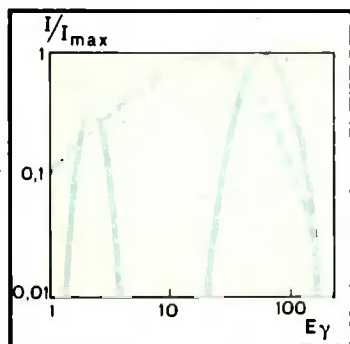
В качестве такого критерия мы предлагаем исполь-

зовать спектр излучения в γ -диапазоне (1—100 МэВ) компактных звезд, на которые происходит аккреция¹. При аккреции вещества на нейтронную или коллапсирующую звезду возникает γ -излучение, причем механизмы его генерации могут быть различными. В случае нейтронной звезды γ -излучение возникает в области, где температура газа сравнительно мала и причиной этого излучения является столкновение с поверхностью нейтронной звезды быстрого аккреционного потока, движущегося со скоростью $v = (0,2—0,5) c$. Как отмечено впервые В. Ф. Шварцманом², за появление γ -излучения ответственны два механизма: рождение π^0 -мезонов и возбуждение ядер. Однако они дают γ -излучение в двух разных диапазонах: в первом случае возникают γ -кванты с энергиями вблизи 70 МэВ, в то время как возбужденные ядра излучают в диапазоне 1—3 МэВ.

Используя последние экспериментальные данные о рождении π^0 -мезонов при столкновении тяжелых ядер на ускорителях, нам удалось существенно уточнить вероятность рождения жестких γ -квантов, появляющихся в результате электромагнитного распада π^0 -мезонов. Из-за большой массы ядер их пороговая скорость в аккреционном потоке, при которой происходит рождение π^0 -мезонов, падает с ростом массы ядра M по закону $\sim M^{-1/2}$, а при той же скорости движения ядер в аккрецирующей газе выход π^0 -мезонов существенно увеличивается. Это приводит к

¹ Работа выполнена авторами заметки совместно с М. Ю. Хлоповым и Р. А. Ермажяном.

² Шварцман В. Ф. «Астрофизика», 1970, т. 6, с. 123.



Спектр γ -излучения от нейтронной звезды (сплошные линии) состоит из двух компонентов: левый — γ -излучение в результате возбуждения ядер, правый — γ -излучение, возникающее при распадах π^+ -мезонов. Пунктир — спектр γ -излучения от черной дыры. E_γ — энергия γ -квантов в МэВ; I — интенсивность γ -квантов.

увеличению светимости жесткой γ -компоненты излучения нейтронной звезды, на которую происходит аккреция, по сравнению с ранними оценками Шварцмана, особенно для нейтронных звезд небольшой массы, для которых скорость аккреции $\sim 0,2$ с. Спектр γ -излучения такой нейтронной звезды оказывается двугорбым с максимумами в области (1—3) МэВ (возбужденные ядра) и ~ 40 МэВ (распад π^0 -мезонов).

Гамма-излучение черной дыры, на которую происходит аккреция, имеет другую природу, так как у черной дыры нет поверхности и излучение может возникать только в падающем газе. Температура газа должна быть очень высокой и спектр γ -излучения будет иметь тепловой характер с одним максимумом и широким диапазоном энергии. Расчеты γ -излучения при аккреции на черные дыры были проведены группой английских астрофизиков³ и советскими астрофизиками Р. А. Сюняевым и П. И. Колыхаловым (ИКИ АН СССР)⁴.

Таким образом, эти спектры γ -излучения имеют ряд характерных особенностей, позволяющих сделать выбор между объектами, их порождающими. Иными словами, черная дыра и нейтронная звезда имеют различные «автографы» в γ -диапазоне, по которому есть надежда сделать выбор между ними.

Г. С. Бисноватый-Коган,
доктор физико-математических наук

В. М. Чечеткин,
кандидат
физико-математических наук
Москва

Физика

Исследования внутренней структуры π -мезонов

Группа специалистов из Чикагского, Иллинойского и Принстонского университетов (США) провела исследования внутренней структуры π -мезонов. Получено первое экспериментальное доказательство существования антикварков, входящих в состав пионов.

Эксперименты проводились в Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми. Пучки π -мезонов с энергией 225 ГэВ направлялись на мишень из меди, углерода или вольфрама. При взаимодействии пионов с нуклонами мишени образовывалось множество частиц. Отбирались события, в которых среди рожденных частиц имелась пара противоположно заряженных μ -мезонов. Изучение спектра полной энергии и углового распределения этих частиц и позволило извлечь информацию о строении налетающих на мишень π -мезонов.

Как известно, наиболее успешное описание структуры сильновзаимодействующих частиц получено в рамках квар-

ковой модели, согласно которой нуклоны, например, состоят из трех кварков ($p = uud$, $n = ddu$), а заряженные пионы — из кварка и антикварка ($\pi^+ = u\bar{d}$, $\pi^- = \bar{u}d$)¹. Именно эти кварки определяют электрический заряд, массу и другие «внешние» характеристики адронов; используя химическую терминологию, их называют валентными кварками. В состав адронов входят также глюоны². Кроме того, специфическая черта кварковой теории — возможность появления на короткое время (т. е. виртуально) пары частица — античастица. Множество виртуально рождающихся и исчезающих кварк-антикварковых пар создает кварковое «море», в которое «погружены» валентные кварки. Когда говорят о кварковом составе частиц, обычно имеют в виду именно валентные кварки.

Первым успехом кварковой модели было создание стройной классификации адронов, однако вопрос о реальности существования кварков в адронах еще не вставал и кварки являлись, фактически, красивой математической абстракцией. После экспериментов конца 60-х годов, когда было обнаружено, что нуклоны состоят из трех точечных составляющих, кварки перешли в ранг физической реальности. Типичным экспериментом по изучению структуры нуклона было исследование процессов рассеяния на нем точечных лептонов (электрона, μ -мезона, нейтрино). Естественно, такие опыты можно проводить лишь со стабильными и долгоживущими частицами (протонами, нейтронами), из которых состоит мишень. Поскольку покоящиеся π -мезоны живут лишь около 10^{-8} с, мишень из них сделать невозможно и для изучения их структуры необходимо перейти к экспе-

¹ Подробнее о кварковой модели адронов см.: Шехтер В. М. Кварки. — «Природа», 1980, № 2.

² О глюонах и квантовой хромодинамике см.: Волошин М. Б. Спектр чармония и взаимодействие кварков. — «Природа», 1979, № 1.

³ Dahlbacka G. H., Chapline G. F., Weaver T. A. «Nature», 1974, v. 250, p. 36.

⁴ Колыхалов П. И., Сюняев Р. А. «Астрономический журнал», 1979, т. 56, с. 338.

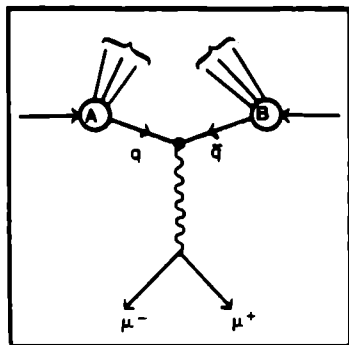


Схема действия механизма Дрелла — Яна: при столкновении двух адронов А и В входящие в их состав кварк q и антикварк $\bar{q}$ (пунктирные линии) аннигилируют, рождая виртуальный фотон (волнистая линия), который затем распадается на пару $\mu^- \mu^+$ -мезонов. Оставшиеся кварки порождают другие адроны — «осколки» [линии с фигурными скобками].

риментам с новой методикой. Весьма информативным с этой точки зрения явилось изучение процессов столкновения адронов с последующим рождением μ -мезонных пар. В частности, в таких процессах были впервые открыты новые частицы T/ψ и Υ , проявившиеся как резонансы в энергетическом спектре μ -мезонных пар³.

Полуфеноменологическая теория поведения энергетического спектра μ -мезонных пар в области вне резонансов (а именно эта область изучалась в описываемых экспериментах) была предложена в 1970 г. американскими физиками С. Дреллом и Т. Яном⁴. Идея механизма Дрелла — Яна проста. Пусть в сталкиваю-

щихся адронах имеются в одном кварк, а в другом — антикварк того же сорта. Тогда при взаимодействии эти кварк и антикварк исчезнут, породив тяжелый виртуальный фотон, распадающийся затем на пару лептон — антилептон (например, на $e^+ e^-$ или $\mu^+ \mu^-$). Теория такого процесса, называемого аннигиляцией, хорошо известна из квантовой электродинамики, подтвержденной в многочисленных экспериментах. Его вероятность должна быть пропорциональна квадрату заряда аннигилирующих кварков. Отсюда следует, например, что вероятность аннигиляции d -кварков $dd \rightarrow \mu^+ \mu^-$ (заряд d -кварка равен $-1/3$) должна быть в четыре раза меньше, чем вероятность аннигиляции u -кварков $uu \rightarrow \mu^+ \mu^-$ (заряд u -кварка равен $+2/3$).

Кварки, входящие в состав сталкивающихся частиц и не участвующие в процессе аннигиляции, породят множество других адронов («осколки» мишени и частиц из налетающего пучка). Поскольку в выполненных экспериментах использовались пучки π^+ -мезонов, содержащих либо u , либо d -кварки, а в ядра мишени входили нуклоны, состоящие из u - и d -кварков, следовало ожидать, что механизм Дрелла — Яна по крайней мере в основных чертах опишет получаемые результаты.

Одно из предсказаний этого механизма заключалось в том, что пучок пионов должен рождать на мишени гораздо больше $\mu^+ \mu^-$ -пар, чем протонный пучок. В самом деле, протоны не содержат валентных антикварков, поэтому механизм Дрелла — Яна может работать лишь за счет антикварков из кваркового «моря». Но кварки из «моря» в основном имеют небольшие энергии и лишь с очень маленькой вероятностью могут породить тяжелую мюонную пару. Эксперимент подтвердил это предсказание: найдено, что при энергии мюонной пары ~ 10 ГэВ вероятность ее рождения пучком π -мезонов в сто раз больше, чем пучком протонов.

Сравнивая вероятности рождения мюонных пар пучками π^+ - и π^- -мезонов, мы полу-

чаем еще одно предсказание механизма Дрелла — Яна: так как в первом случае аннигилируют d -кварки, а во втором u -кварки, отношение сечений этих процессов должно быть равным $1/4$; именно такое соотношение и получено в экспериментах.

Угловое распределение рожденных μ -мезонов показало, что они образованы при аннигиляции двух частиц со спинами $1/2$, что также подтверждает кварковую модель адронов. Более детальный анализ эксперимента позволил оценить ту часть импульса π -мезона, которую несут собственно кварки. Оказалось, что на их долю приходится лишь около 40% импульса пиона, так что остальные 60% мы вынуждены отнести за счет квантов сильного взаимодействия (глюонов).

И, наконец, эксперименты указывают, что кварки каждого сорта могут находиться в трех состояниях — т. е. подтверждается гипотеза цвета кварков.

Таким образом, выполненные эксперименты показали применимость описания процессов столкновения адронов с помощью механизма Дрелла — Яна. Это, в свою очередь, позволяет предвидеть эффекты, с которыми столкнутся специалисты после ввода в строй следующего поколения ускорителей.

«Physical Review Letters», 1979, v. 42, p. 944, 948, 951 (США).

Физика

Премия Европейского физического общества — члену-корреспонденту АН СССР Ю. В. Гуляеву

В ноябре 1979 г. на Генеральной конференции Европейского физического общества Ю. В. Гуляеву (Институт радиотехники и электроники АН СССР) за разработку физических принципов устройств на основе поверхностных акустических волн была

³ Об открытии T/ψ - и Υ -частиц см.: Окуни Л. Б. Новые мезоны. — «Природа», 1976, № 8; Кобзарев И. Ю. Лауреаты Нобелевской премии 1976 г. по физике — С. Тинг, Б. Рихтер. — «Природа», 1977, № 1; а также — «Природа», 1978, № 1, с. 137; 1979, № 2, с. 105.

⁴ Drell S. D., Yan T.-M. «Phys. Rev. Lett.», 1970, v. 25, p. 316.

вручена премия этого общества за 1979 г.¹

Создание целого класса приборов и устройств, основанных на использовании поверхностных акустических волн, — результат бурного развития нового направления в физике и технике твердого тела, возникшего примерно 15 лет назад и получившего название акустоэлектроника. Одним из создателей этого направления является Гуляев. Акустоэлектроника изучает возбуждение, распространение и прием высокочастотных ультразвуковых (акустических) волн в твердых телах, взаимодействие этих волн с внешними электромагнитными полями и электронным газом в веществе.

Гуляев первым предложил использовать в акустоэлектронике поверхностные акустические волны; в качестве наилучших систем для осуществления взаимодействия этих волн с электронами проводимости в полупроводнике им были предложены слоистые структуры пьезоэлектрик — полупроводник², которые стали базовым элементом для создания различных приборов и устройств акустоэлектроники.

Из всех типов акустических волн с точки зрения практического применения наибольший интерес вызывают именно поверхностные акустические волны; кроме того, технология изготовления на их основе приборов в принципе совместима со стандартной планар-



Ю. В. Гуляев.

ной (плоскостной) технологией интегральных схем. Распространяясь вдоль поверхности пьезоэлектрика в сравнительно тонком приповерхностном слое, эти волны создают электрические поля, на которые легко воздействовать на всем пути распространения поверхностных акустических волн. Так как электрические поля выходят за пределы поверхности пьезоэлектрика, можно реализовать их взаимодействие с электронами проводимости полупроводниковой пленки (или монокристалла), примыкающей к поверхности пьезоэлектрика, т. е. создать условия, при которых акустическая волна распространяется в пьезоэлектрике, а взаимодействие электрических полей, сопровождающих волну, с электронами осуществляется в примыкающем к пьезоэлектрику полупроводнике.

Такие особенности поверхностных акустических волн позволили создать на их основе, помимо пассивных элементов (фильтров, линий задержки, устройств кодирования, декодирования, хранения информации и т. д.), целый ряд активных функциональных устройств — усилители ультразвука и радиосигналов в диапазонах ВЧ и СВЧ, активные линии задержки, чувствительные детекторы и т. д.

Создание таких устройств стало возможным в результате детальной разработки Гуляевым и его сотрудника-

ми теории взаимодействия так называемых рэлеевских поверхностных акустических волн с электронами в пьезополупроводниках и слоистых структурах. Ими был предсказан³ и экспериментально обнаружен поперечный акусто-электрический эффект — появление разности потенциалов в полупроводнике в направлении, перпендикулярном направлению распространения поверхностных акустических волн. Это стимулировало развитие работ по созданию нелинейных акусто-электронных устройств для считывания и преобразования оптических изображений, свертки и корреляции сигналов, быстрого Фурье-преобразования в реальном масштабе времени, устройств для записи и хранения информации и т. д.

Рэлеевские волны, с которыми связаны все перечисленные устройства, распространяются в тонком, порядка длины акустической волны $\lambda_{\text{ав}}$ поверхностном слое пьезоэлектрика. Это предъявляет высокие требования к обработке поверхности и практически исключает применение таких волн на частотах, больших 1—2 ГГц ($\lambda_{\text{ав}} \sim 1$ мкм).

Гуляевым было предсказано существование в пьезоэлектриках нового типа поверхностных акустических волн — чисто сдвиговых⁴. (Практически одновременно и независимо этот тип волн был предсказан американским физиком Дж. Блюштейном, поэтому в литературе эти волны получили название волн Гуляева — Блюштейна.) Чисто сдвиговые волны проникают гораздо глубже в кристалл, на расстояния, существенно превышающие $\lambda_{\text{ав}}$, поэтому они могут использоваться на частотах больше 1 ГГц.

Под руководством Гуляева был открыт также новый класс кинетических явлений в полупроводниках, связанный с различным увлечением звуком электронов разных энергий (акустомангнетно-электрический эффект); уста-

¹ Лауреатами премии 1979 г. за работы в этой области стали также Е. А. Аш (Университетский колледж, Лондон, Великобритания), Дж. Коллинз (Эдинбургский университет, Великобритания), Е. Пейдж (Оксфордский университет, Великобритания) и К. Ингебригтсен (Тронхеймский университет, Норвегия). О некоторых аспектах современной акустооптики и построенных на ее принципе приборах см.: Левин В. М., Маев Р. Г. Свет и звук: взаимодействие в среде. — «Природа», 1979, № 10.

² Гуляев Ю. В., Пустовойт В. И. «ЖЭТФ», 1964, т. 47, с. 2251.

³ Гуляев Ю. В. и др. «ФТТ», 1970, т. 12, с. 2595.

⁴ Гуляев Ю. В. «Письма в ЖЭТФ», 1969, т. 9, с. 63.

новлена возможность получения низких температур при прохождении акустической волны через границу двух полупроводников; дифракция электромагнитных волн на электронных волнах, сопровождающих акустическую волну в пьезополупроводниках, что позволило создать акустооптические устройства дальнего инфракрасного, субмиллиметрового и миллиметрового диапазона волн (дефлекторы, модуляторы, сканеры и т. д.).

Г. С. Лавицкий
Е. Н. Хазанов
Москва

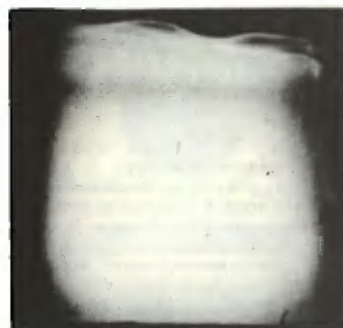
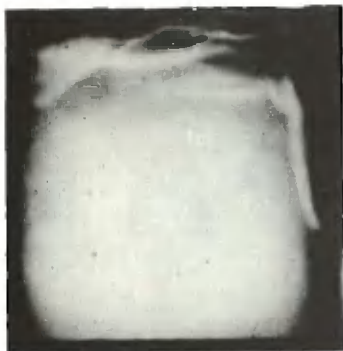
Физика

Кристаллизационные волны в ^4He

К. О. Кешишев, А. Я. Паршин, А. В. Бабкин (Институт физических проблем АН СССР) обнаружили кристаллизационные волны, обусловленные когерентной кристаллизацией ^4He .

Свойства квантовых жидкостей и кристаллов¹ связаны, как известно, с особым характером движения квантовых объектов. Внутренние процессы, происходящие в макроскопических квантовых системах, обладают многими особенностями, присущими волновому движению. Важнейшая из них — когерентность (термин заимствован из классической волновой оптики), означающая, например, в случае сверхтекучего гелия, совершенную согласованность движения отдельных атомов, включающую какой-либо беспорядок.

Гелий, в отличие от всех других веществ, может оставаться жидким вплоть до абсолютного нуля и затвердевает лишь при повышенных давлениях. На линии фазового равновесия (т. е. при давлении около 25 ат в случае ^4He) при



Кристаллизационные волны, возникающие на поверхности кристалла ^4He под воздействием вибраций криостата, в котором выращивается кристалл.

достаточно низких температурах будут сосуществовать, таким образом, два квантовых объекта — квантовая жидкость и квантовый кристалл. Фазовый переход, т. е. кристаллизацию (и обратно — плавление), можно рассматривать как особый вид движения квантовых частиц — атомов гелия — в такой системе. По-видимому, этот вид движения тоже должен обладать волновыми чертами. Действительно, как было показано сначала теорети-

чески², процесс кристаллизации квантовой жидкости (и процесс плавления квантового кристалла) при определенных условиях должен быть когерентным. В этом случае при малейшем нарушении фазового равновесия кристаллизация идет чрезвычайно быстро. Более того, любое локальное нарушение фазового равновесия приводит к возникновению волн, обусловленных периодическим плавлением и кристаллизацией, которые распространяются по всей межфазной поверхности. Такие волны и были названы авторами работы кристаллизационными.

Эти волны, а также некоторые другие явления, обусловленные когерентной кристаллизацией, и были недавно обнаружены экспериментально. Кристаллы гелия, выращенные при температурах ниже 1 К, отличаются рядом интересных особенностей, которые удалось наблюдать непосредственно, используя криостат с оптическими окнами. Растущий кристалл имеет более или менее ярко выраженную форму гексагональной призмы, постепенно заполняющей всю нижнюю часть контейнера (кристалл несколько тяжелее жидкости). После прекращения роста поверхность кристалла приобретает форму выпуклого мениска. При возобновлении процесса роста ориентация растущих граней призмы полностью восстанавливается.

При температурах ниже 0,6 К в равновесии на границе кристалл — жидкость наблюдается явление, принципиально отличающее кристалл гелия от любого другого твердого тела. На его поверхности хорошо заметны колебания, возникающие даже под действием незначительных вибраций криостата и внешне очень схожие с обычными волнами на поверхности жидкости.

Амплитуда колебаний поверхности кристалла при достаточно большом возму-

¹ Подробнее об этом явлении см.: Веркин Б. И. Квантовые кристаллы и квантовая диффузия. — «Природа», 1978, № 12; 1979, № 1, с. 97.

² Андреев А. Ф., Паршин А. Я. «ЖЭТФ», 1978, т. 75, вып. 3, с. 1511.

щении достигает 1—2 мм. Кристаллизационные волны определенной частоты можно возбуждать переменным электрическим полем, сосредоточенным в некоторой области вблизи поверхности кристалла. Измеренный спектр кристаллизационных волн (т. е. зависимость частоты колебаний кристаллизационной волны от длины волны: $\omega \sim \lambda^{-1/2}$) в точности соответствует предсказаниям теории. С ростом температуры амплитуда колебаний быстро уменьшается, и уже при 0,7 К колебания практически отсутствуют. Этот факт также хорошо согласуется с теорией.

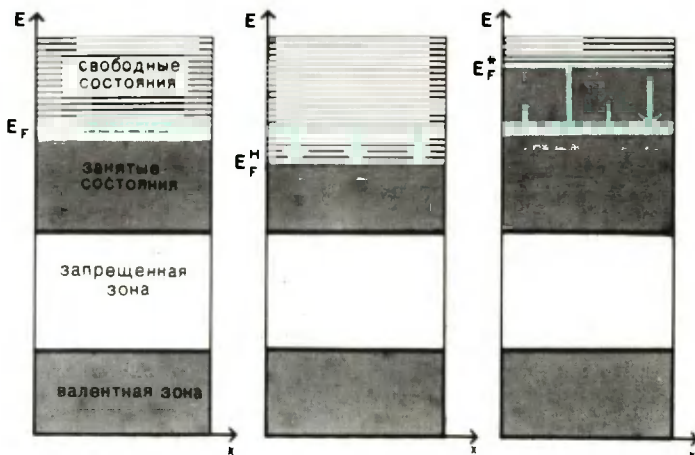
Кристаллизационные волны представляют собой еще один пример проявления квантовых закономерностей в макроскопических масштабах. Их существование, вместе с другими следствиями когерентности процесса кристаллизации гелия, открывает широкие возможности исследования поверхностных явлений в кристаллах, в том числе и таких явлений, которые до сих пор считались характерными лишь для жидкостей.

«Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 30, вып. 1, с. 63.

Физика

Неравновесный металл

Б. А. Акимов, Н. Б. Брандт, С. А. Богословский, Л. И. Рябова и С. М. Чудинов (кафедра физики низких температур физического факультета МГУ) открыли эффект долгоживущего неравновесного металлического состояния¹ в кристалле сплава $Pb_{0.75}Sn_{0.25}Te(In)$. При нормальном давлении этот сплав, легированный индием до концентрации атомов $\sim 10^{19} \text{ см}^{-3}$, — диэлектрик с шириной запрещенной зоны 20 МэВ и концентрацией электронов проводимости не выше



слева — зонная структура кристаллического сплава $Pb_{0.75}Sn_{0.25}Te(In)$ до наложения магнитного поля. E_F — уровень Ферми. В центре — заполнение зон этого сплава в квантующем поле; стрелками показаны переходы «примесь» → «зона»; E_F^* — уровень Ферми. Справа — заполнение зон сразу после снятия магнитного поля; стрелками указаны переходы «зона» → «примесь»; E_F — уровень Ферми. Примесная подзона показана цветным пунктиром; всюду $p = 5,4 \text{ кбар}$.

10^2 см^{-3} . Такую концентрацию электронов создают атомы индия, образующие в запрещенной зоне сплава примесные уровни.

Металлическое состояние возникало при давлении 5,4 кбар и температуре кристалла 2 К. При этом донорные примесные уровни индия поднимались в зону проводимости на 10 МэВ выше ее дна. Равновесная концентрация электронов, перешедших в зону проводимости из примесных состояний, достигала $4 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, а их уровень Ферми E_F совпадал с примесной подзоной. Время перехода электронов из примесных состояний в зону проводимости и обратно оказалось очень большим и сильно зависело от температуры кристалла: при 2 К оно составляло несколько часов, при 20 К — около одной секунды. Причины столь малых скоростей этих переходов пока неясны.

Неравновесное металлическое состояние осуществ-

лялась в два этапа. Вначале электроны перекачивались из примесной подзоны в свободные состояния зоны проводимости. Перекачка возникала из-за понижения уровня Ферми (условная граница между занятыми и свободными состояниями в зоне проводимости) при наложении вдоль кристаллографического направления $\langle 100 \rangle$ образца квантующего магнитного поля $\sim 15 \text{ кЭ}$. Понижение уровня Ферми происходило из-за одновременного действия двух факторов: медленного нарастания числа электронов проводимости вследствие малой скорости перехода «примесь» → «зона» и большой плотности числа квантовых состояний в зоне при наличии сильного магнитного поля. Ввиду малой подвижности электронов в примесных состояниях магнитное поле не оказывало на них заметного влияния вплоть до напряженности 60 кЭ.

Напротив, движение электронов проводимости в магнитном поле свыше 15 кЭ квантовалось в направлении, перпендикулярном полю, с образованием так называемых подзон Ландау с плотностью состояний, пропорциональной напряженности поля. После наложения квантующего поля и возникновения подзон Ландау электроны проводимости быстро релаксировали в новые состояния под действием колебаний кристаллической решетки. Из-за большой скорости этой релаксации полное число электронов не успевало измениться,

¹ С. А. Богословский удостоен за эту работу ежегодной медали Президиума АН СССР «За лучшую студенческую научную работу» за 1979 г.

новый уровень Ферми E_F оказывался ниже первоначального E_F , и начинался переход электронов из примесных состояний в зону. Его скорость увеличивали наложением на кристалл 3-минутного теплового импульса: $2\text{ К} \rightarrow 20\text{ К} \rightarrow 2\text{ К}$. В итоге в зоне проводимости возникала новая, равновесная при 20 К концентрация электронов, равная при $60\text{ кЭ} \sim 10^{14}\text{ см}^{-3}$ и неравновесная при 2 К .

Неравновесность состояния увеличивалась еще больше на втором этапе, когда полностью или частично снималось магнитное поле. Уменьшалась плотность состояний в зоне проводимости, и уровень Ферми электронов E_F оказывался выше опустошенной примесной подзоны. В возникавшем сильно неравновесном металлическом состоянии начинался медленный обратный переход электронов из зоны на вакансии в примесных состояниях. Неравновесное состояние постепенно затухало со временем, равным времени перехода «зона-примесь». Эта релаксация сопровождалась медленным понижением уровня Ферми и соответствующим сокращением поверхности Ферми кристалла.

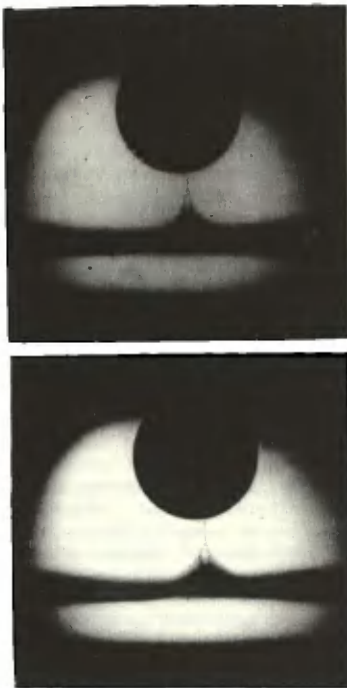
Понижение уровня Ферми регистрировалось по медленному смещению в область меньших полей осцилляций проводимости кристалла, наблюдаемых при снятии магнитного поля. Это смещение обнаруживалось при сравнении соответствующих кривых, снятых в различные моменты времени. Наблюдалась также релаксация холловской ЭДС при фиксированном магнитном поле: при 2 К и поле 60 кЭ она происходила со времени $\sim 100\text{ мин}$.

«Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 29, № 1, с. 11.

Физика

«Гейзеры» на поверхности сверхтекучего гелия

Известно, что над поверхностью жидкого гелия ($T = 4,2\text{ К}$) могут располагаться двумерные слои электронов, находящихся в связан-



Кинокадры, показывающие образование заряженного гейзера на поверхности сверхтекучего гелия. Катод (шар диаметром $2,5\text{ мм}$) находится на расстоянии $\sim 1,5\text{ мм}$ от поверхности гелия. На вершине гейзера различается слабая тень заряженной струи, достигающей катода. Второй кадр сделан через $\sim 0,3\text{ мс}$ после первого; за это время струя начала распадаться и волна гелия разбегается по поверхности.

ном состоянии внутри однородной потенциальной ямы¹. Сходная ситуация возникает, когда внутри жидкого гелия присутствуют его положительные ионы, которые можно создавать, например, ионизуя жидкий гелий с помощью β -радиоактивного источника. Если такой положительно заряженный жидкий гелий поместить между обкладками электрического конденсатора, положительные ионы локализуются вблизи поверхности со стороны жидкости.

А. П. Володин и М. С. Хайкин (Институт физических проблем АН СССР), исследуя процесс исчезновения электрического заряда положительно заряженной поверхности сверхтекучего гелия ($T = 1,2\text{ К}$), обнаружили, что разряд происходит путем выброса в сторону катода заряженных струй жидкого гелия, названных гейзерами.

Скоростная киносъемка и электрометрические измерения показали, что при наложении электрического поля, когда у поверхности образуется ионный слой, ее уровень повышается на десятые доли миллиметра. Когда поле превышает критическое значение $\sim 2\text{ кВ/см}$ (поверхностная плотность заряда $\sim 4 \cdot 10^8\text{ в/см}^2$, e — заряд электрона), поверхность становится неустойчивой и на ней возникают электрокапиллярные волны. На гребнях этих волн образуются струи — гейзеры, достигающие катода. Диаметр струй в их верхней части (у катода) составляет 10^{-3} см , время их жизни $\sim 10^{-3}\text{ с}$, и на катод за это время стекает заряд $\sim 10^8\text{ в}$.

По мнению авторов, образование струй происходит путем захвата потоком ионов не из нейтральной сверхтекучей жидкости. Поскольку подвижность таких ионов в сверхтекучем гелии примерно в 10^2 больше их подвижности в нормальном жидком гелии, ионы могут стекаться к струе с участка поверхности площадью $\sim 10\text{ мм}^2$, и, таким образом, непрерывно питать струю.

«Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 30, вып. 9, с. 608.

Физика

Ниобат германия — высокотемпературный сверхпроводник

А. И. Головашкин и Е. В. Печень (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) получили пленки ниобата германия (NbGe), которые при температуре $22,7\text{ К}$ полностью переходят в сверхпроводящее состояние. Пленки толщиной порядка

¹ Подробнее об этом см.: «Природа», 1980, № 3, с. 108.

0,4 мкм готовились методом катодного напыления при напряжении 1—2 кВ в обогащенной кислородом атмосфере. Оказалось, что максимальной температурой сверхпроводящего перехода обладали пленки, содержащие 25 ат.% германия.

Исследование поверхности пленок с помощью электронного микроскопа показало наличие у определенного типа образцов, полученных при высоких напряжениях, зернистой структуры. Высокотемпературная сверхпроводящая фаза находилась внутри зерен, окруженных аморфным слоем окислов.

«Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 30, вып. 9, с. 561.

Физика

Пучок релятивистских электронов создает алмазы

Современные высоко-точные импульсные ускорители электронов способны создавать пучки релятивистских электронов огромной мощности. В результате самофокусировки за счет собственного магнитного поля таких пучков в фокальном пятне на аноде ускорителя может достигаться плотность мощности, превышающая 10^{12} Вт/см². При длительности импульса тока пучка $\sim 10^{-7}$ с это приводит к тепловому взрыву на поверхности анода, причем давление и температура, развивающиеся внутри вещества мишени, на несколько порядков превышают соответствующие значения, достигаемые с помощью обычных взрывов или сверхскоростных ударов. Это обстоятельство открывает широкие возможности применения релятивистских электронных пучков для структурных и химических превращений веществ.

С. С. Бацанов, Б. А. Демидов и Л. И. Рудаков (Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова) с помощью сверхточного импульсного ускорителя «Кальмар» осуществили 10%-ное превращение

нитрида бора (BN) гексагональной структуры в нитрид бора алмазной структуры. Аналогичный результат был получен для графита, однако для получения 10%-ного выхода алмазной фазы к графиту пришлось добавить металлы — «холодильники» (медь, свинец), которые уменьшали отжигающее действие высокой температуры. Из-за кратковременности высокого давления алмазная фаза получалась мелкодисперсной.

В ходе эксперимента в фокальное пятно на аноде помещались таблетки соответствующего вещества. При энергии электронов 0,5 МэВ, площади пятна ~ 2 мм², глубине проникновения электронов в мишень $\sim 0,5$ мм объемная плотность энергии превышала $2,5 \cdot 10^6$ Дж/см³. Давление внутри облака возникшей плазмы достигало 2,5 Мбар, а температура 10^3 К. (T_a — температура внутри обычного взрыва). С помощью релятивистских электронных пучков была также успешно (со 100%-ным выходом) осуществлена реакция $\text{CuBr}_2 + \text{Cu} \rightarrow 2\text{CuBr}$, требующая большой энергии активации; легко образовывались также карбиды меди и железа. Таким образом, по мнению авторов, метод можно успешно применять для проведения подобных эндотермических реакций.

«Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 30, вып. 9, с. 611.



Генетика

Генетические последствия интенсивного применения пестицидов

Мутагенное действие пестицидов стало привлекать к себе внимание генетиков и специалистов по охране природы на рубеже 60—70-х годов, однако конкретных данных о степени влияния пестицидов на популяции диких и культурных видов животных и растений, а также на человека почти нет.

Один из простых способов оценки влияния химиче-

ских веществ на мутационный процесс — учет оптически видимых хромосомных мутаций. Уже в 1974 г. Министерство здравоохранения СССР разработало методические рекомендации по учету хромосомных aberrаций как биологического индикатора воздействия факторов внешней среды на человека. Работы по оценке мутагенного влияния некоторых пестицидов на человека начаты в последние годы во Всесоюзном научно-исследовательском институте гигиены и токсикологии пестицидов, полимерных и пластических масс Минздрава СССР (Киев) совместно с Институтом медицинской генетики АМН СССР (Москва). Московскими генетиками под руководством Н. П. Бочкова разработана система оценки химических веществ на мутагенность для человека¹.

Недавно опубликованы данные киевских цитогенетиков М. А. Пилинской и Т. С. Львовой о влиянии пестицидов на частоту хромосомных перестроек у населения двух соседних районов, отличающихся по интенсивности применения пестицидов². Частота хромосомных нарушений исследовалась у двух групп подростков 15—17 лет, оседло живущих на территории двух районов, удаленных друг от друга на расстояние 75 км. В «опытном» районе широко используется авиаобработка посевов пестицидами почти 20 типов (преимущественно стойкими хлорорганическими соединениями), в «контрольном» районе пестициды используются в ограниченном масштабе, хотя не исключено их применение в личных подсобных хозяйствах. В осталь-

¹ Бочков Н. П., Шрам Р. Я., Кулешов Н. П., Журков В. С. — «Генетика», 1975, т. 11, № 10, с. 156. О зарубежных исследованиях мутагенной опасности химического загрязнения для человека см., например: «Природа», 1980, № 1, с. 102.

² «Цитология и генетика», 1979, т. XIII, № 3, с. 228—231.

ных отношениях сравниваемые территории весьма сходны.

В районе интенсивного применения пестицидов установлено статистически достоверное увеличение частоты различных типов хромосомных мутаций: нарушение хромосом здесь встречалось почти в полтора раза чаще (8,78%), чем у подростков из района с низким уровнем применения пестицидов (6,13%). Однако, несмотря на внешнее благополучие ситуации в «контрольном» районе, и в нем частота некоторых типов хромосомных перестроек оказалась существенно выше среднегопуляционного уровня, установленного для населения страны. Авторы предполагают, что это может быть вызвано использованием пестицидов в личных

хозяйствах или частичным завозом продуктов питания из районов с интенсивным применением пестицидов. Следует отметить, что без использования методов дифференциальной окраски хромосом часть хромосомных мутаций (некоторые транслокации — взаимные обмены участками хромосом, инверсии участков хромосомы на 180°) не выявляется. Поэтому полученные данные несколько снижают истинную картину влияния пестицидов на хромосомы.

Эти результаты показывают, что расширение использования ядохимикатов в сельском хозяйстве должно идти по крайней мере синхронно с расширением исследований по оценке генетической опасности пестицидов для человека. Необходимо также накапливать данные по мутагенному влиянию пестицидов на домашних животных и культурные растения, на виды дикой фауны и флоры.

В современных условиях мероприятия по сохранению отдельных видов, а тем более целых биогеоценозов немислимы без проведения широких популяционно-генетических исследований. Быстрейшее развитие таких исследований на возможно большем числе фоновых для природных и искусственных биогеоцено-

зов видов — насущная задача охраны природы сегодня.

Н. Н. Воронцов,
доктор биологических наук
Москва

Генетика

Хромосомные аномалии у потомства облученных мышей

Значительная часть хромосомных аномалий у новорожденных обуславливается нерасхождением хромосом в родительских зародышевых клетках; в результате в клетках новорожденных либо не хватает одной хромосомы, либо, наоборот, в них находится одна лишняя хромосома. Анеуплоидия (отклонение от нормального, свойственного данному виду зеплоидного числа хромосом) приводит к хромосомным болезням. Наиболее часто (1 случай на 600—700 новорожденных) наблюдается синдром Дауна — сочетание врожденных уродств со слабоумием, — вызванный появлением у ребенка дополнительной маленькой хромосомы 21. И хотя с момента выяснения хромосомного происхождения этого заболевания прошло 20 лет, до сих пор не выяснены причины, вызывающие нерасхождение хромосом в половых клетках родителей больных детей. Так, до недавнего времени предполагалось, что важным фактором в рождении больного ребенка является возраст матери, причем одинаково неблагоприятным считался и слишком молодой (до 18 лет) и слишком «старый» (после 35 лет) возраст. Однако в последние годы все чаще больные дети рождаются у матерей, находящихся в «оптимальном» возрасте — от 20 до 30 лет. Не подтвердилось и предположение о связи между эпидемиями вирусного гепатита и учащением рождений детей с синдромом Дауна.

Поэтому значительный интерес представляют результаты работы исследователей из Института генетики человека в Геттингене (ФРГ), в которой установлено появление анеуп-

лоидных клеток у зародышей, полученных от скрещивания самцов мыши, облученных рентгеновскими лучами, с необлученными самками. И ранее неоднократно предпринимались попытки выявить влияние рентгеновского облучения на процессы, приводящие к нерасхождению хромосом у животных. Однако западноевропейские специалисты использовали методику изучения хромосом на самых ранних стадиях развития плода, что, по-видимому, и определило успех исследования.

«Nature», 1979, v. 280, № 5719, p. 228—229 (Великобритания).

Генетика

Клеточная система для промышленного получения интерферона

Животная клетка при взаимодействии с вирусом выделяет в окружающую среду интерферон — белковое соединение, препятствующее заражению этой клетки любым другим вирусом. Поэтому интерферон можно рассматривать как фактор неспецифического клеточного иммунитета. В последнее время интерферон широко используется для профилактики и лечения вирусных заболеваний, особенно во время эпидемий гриппа. Сейчас человеческий интерферон получают путем введения специального вакцинного (ослабленного) штамма вируса так называемой Ньюкастльской болезни в культуру человеческих лейкоцитов. Естественно, объемы таких культур не могут быть большими, поэтому ограничены и масштабы получения интерферона.

Новый подход к решению вопроса, как увеличить выход интерферона, наметен в работе английских исследователей А. Мигера, Х. Грейвса, Д. Бурке и Д. Своллоу (Университет Варвик, Ковентри, и Гальтоновская лаборатория, Лондон). Они получили доказательства того, что ген человека, ответственный за образование интерфе-

рона, расположен в хромосоме 9 (а не в 4-й или 5-й хромосоме, как считалось до сих пор). Установление местонахождения генов человека производилось с помощью гибридизации клеток: ядро человеческой клетки вводили в клетку мыши; в результате гибридизации образовывалось общее ядро, содержащее как человеческие, так и мышинные хромосомы. В процессе культивирования гибридной клетки происходила постепенная утрата человеческих хромосом мышинной клеткой. И когда в ядре осталась единственная хромосома человека, идентифицированная как хромосома 9, мышинная клетка в ответ на введение вируса ньюкастлской болезни выделяла человеческий интерферон. Таким образом, достаточно присутствия одной человеческой хромосомы в мышинной клетке, чтобы такие культуры вырабатывали человеческий интерферон.

Преимущества этой клеточной системы для промышленного получения интерферона состоят в том, что культуру мышинных клеток можно выделять практически в неограниченных количествах. Трудоемким остается лишь первоначальный этап гибридизации клеток.

«Nature», 1979, v. 280, № 5722, p. 493—494 (Великобритания).

Биохимия

Химический состав феромона тигра

Феромоны — вещества, используемые животными для передачи сигнала особям своего (реже другого) вида, — широко известны в мире насекомых, однако распространены они и среди млекопитающих. Так, многие хищные млекопитающие, например тигры, могут метить участки пахучими веществами со специфическим мускусным запахом. Таким запахом обладает липкая жидкость белого цвета, содержащая большое количество липидов, которую тигры выбрасы-

вают через мочевыводящие пути.

Индийские исследователи Р. Л. Брахмашари (Индийский статистический институт, Калькутта) и Дж. Дютта (Институт им. Бозе, Калькутта) исследовали химический состав феромонов тигра. Они отделили от липидов пахучие вещества и исследовали их с помощью тонкослойной хроматографии и масс-спектрометрии. Удалось установить, что вещество, обладающее специфическим запахом, представляет собой фенилэтиламин. Однако взятое в чистом виде, это вещество довольно быстро испаряется. Липиды же, входящие в состав выделений тигра, выполняют роль своеобразных консервантов, значительно увеличивая продолжительность действия феромонов. Благодаря таким фиксаторам запах феромона сохраняется в течение многих дней. Индийским исследователям удалось имитировать действие липидов, добавив к очищенному или химически синтезированному фенилэтиламину небольшое количество вазелина.

По мнению авторов, феромоны тигра, названные ими «тигровыми аминами» (tiger-amine) функционировать на уровне вида. Помимо фенилэтиламина, в составе пахучих веществ обнаружено также небольшое количество других аминов, содержание которых несколько различается у тигров разного возраста.

«Zeitschrift für Naturforschung», 1979, B. 34, № 7—8, S. 632—633 (ФРГ).

Медицина

Лечение рака яичников нейраминидазой

При перерождении нормальных клеток в злокачественные на их поверхности появляются чужеродные для организма вещества — антигены, вызывающие реакцию иммунной системы организма; и чем сильнее эта реакция, тем успешнее организм борется с возникшими опухолями. Однако находя-

щиеся на поверхности клеток мукополисахариды, в состав которых входят сиаловые кислоты, маскируют опухолевые антигены от распознавания их иммунной системой. Обработка клеток ферментом нейраминидазой¹, отщепляющим сиаловые кислоты от молекул мукополисахаридов, демаскирует эти антигены и делает их более доступными для распознавания иммунной системой.

Особенно эффективным оказалось введение клеток, полученных хирургическим путем у животных из их собственных опухолей и обработанных нейраминидазой. Удавалось достичь не только торможения роста неудаленных опухолевых клеток, но в некоторых случаях даже их полной регрессии. Причина такого эффекта — иммунологическая специфичность, основанная на общности антигенов поверхности удаленных и неудаленных опухолевых клеток.

Французские исследователи А. Додин и Б. Зильберберг (Институт им. Л. Пастера и Госпиталь им. М. Биша, Париж) сообщили результаты испытаний вначале на животных, а затем на людях противоопухолевого действия фермента нейраминидазы; препараты нейраминидазы вводили в смеси с собственными опухолевыми клетками больных.

При лечении животных, имевших в брюшной полости так называемую асцитную опухоль Эрлиха, или асцитную карциному 180, или опухоль Лююиса, в 6—12% случаев достигалось полное выздоровление (при 100% гибели контроля). Еще лучший результат удалось получить при одновременном введении животным асцитной жидкости, скапливающейся в их брюшной полости при этих видах опухолей, или лекарств, тормозящих деление клеток (так называемых антимитотиков, например, 5-фторурацила). Выживаемость в этих условиях увеличивалась в среднем до 25%. Лечение

¹ Подробнее об этом см.: Кобринский Г. Д. Фермент на службе онкологии. — «Природа», 1979, № 7.

одним только 5-фторурацилом было мало эффективным.

После проведения экспериментов на мышах, морских свинках, крысах, кроликах и обезьянах, в результате которых была установлена безвредность фермента нейраминидазы в используемых терапевтических дозах, его применили при лечении людей. Испытанию подверглись 14 женщин, страдавших аденокарциномами яичников, у которых традиционные средства лечения не дали результатов. Всем больным делали инъекции клеток их собственных опухолей (или асцитных жидкостей, содержащих такие клетки), обработанных препаратами нейраминидазы. Трем больным, опухоли которых не удалось получить, вводились опухолевые клетки других больных, обработанные нейраминидазой. Первые три инъекции всем больным делали подкожно; последующее введение препарата проводили внутривенно. Клетки, обработанные ферментом нейраминидазой, вводили в асцитную жидкость брюшной полости или в свободную полость брюшины 2 раза в неделю в сочетании с митомycinом или 5-фторурацилом; дозы фермента постепенно увеличивали. 5 больных отказались от нового вида лечения и служили невольным контролем. Срок их жизни составил от 7 недель до 6 месяцев.

У 4 из 14 женщин лечение оказалось неэффективным, продолжалось увеличение размеров опухолей, хотя явления асцита уменьшились. Смерть этих больных наступила через 7, 9, 10 и 14 месяцев соответственно. У других трех больных был достигнут частичный успех: после исчезновения асцита и уменьшения размеров опухолей на 50% снова наступил рецидив заболевания (при лечении их в течение 8, 15 и 22 месяцев).

В остальных 7 случаях лечение прошло успешно, полностью исчезли опухоли и явления асцита. Больные оставались живы при наблюдении за ними от 6 месяцев до 3 лет. Важно подчеркнуть, что в успешных случаях лечения после первой же инъекции нейрами-

нидазы из асцитной жидкости исчезали опухолевые клетки, тогда как сама опухоль еще не регрессировала.

Остается много вопросов, касающихся путей введения лекарственных препаратов, и в частности фермента нейраминидазы. Так, при раке яичников наилучшие результаты были получены при внутривенном методе введения. Для других видов опухолей следует еще определить оптимальные дозы, частоту введения лекарств, выбор наиболее эффективных антимитотических средств, длительность лечения и пр.

«La Nouvelle Presse Medicale», 1979, v. 8, № 6, p. 437 (Франция).

Медицина

Морские продукты в лечебном питании

Химический состав морских беспозвоночных и водорослей выгодно отличается от многих традиционных продуктов питания человека. В частности, высокое содержание йода, марганца, кобальта, магния, железа, натрия, кальция и других микро- и макроэлементов, а также незаменимых аминокислот и витаминов (особенно группы В) явилось предпосылкой для изучения реакций организма на различные морские продукты при заболеваниях, относящихся к группе метаболических болезней. На XIV Тихоокеанском научном конгрессе был представлен ряд интересных сообщений, свидетельствующих о перспективности разработки этого нового направления диетотерапии.

М. Г. Маслова с соавторами (Владивостокский государственный медицинский институт) рассказали о некотором опыте применения морских продуктов в питании больных со злокачественными новообразованиями, развитие которых сопровождается постепенной потерей белка в организме. Поскольку при многих радикальных методах лечения (оперативное удаление

части органа, лучевое воздействие и др.) нарушения белкового обмена возрастают, для онкологических больных были разработаны пищевые рационы, включающие морские продукты с высоким содержанием полноценных белков и минеральных солей (китовое мясо, кальмары, мидии). Для пациентов, оперированных по поводу рака пищевода, желудка и кишечника, готовились специальные питательные смеси из этих продуктов, успешно применяемые в эмульгированном состоянии. С целью наблюдения за результатами диетотерапии, было отобрано 125 больных, особо нуждавшихся в общеукрепляющем лечении. Эффективность терапии оценивали по общему состоянию, весу больных, биохимическому анализу крови и тестам иммунного статуса.

Лечебное питание благоприятно влияло на самочувствие пациентов, быстрее приводило к восстановлению веса тела. Показатели белкового обмена, содержание холестерина в крови нормализовались быстрее, чем у контрольной группы, получавшей традиционное питание. Тесты, характеризующие аутоиммунные процессы (реакция Уанье, Эрне, С-реактивный белок), чаще были нормальными у лиц, получавших продукты моря. Применение питательных смесей в послеоперационном периоде позволило сократить число внутривенных вливаний крови и белковых продуктов тяжелобольным.

М. А. Самсонов с соавторами (Институт питания АМН СССР) провели клиническое обследование 145 больных коронарным атеросклерозом, перенесших в прошлом инфаркт миокарда. Они регулярно получали блюда из морских беспозвоночных (кальмаров, морских гребешков, креветок и мидий) по 75—100 г в день. Кроме того, в отрубный хлеб добавлялась сухая морская капуста (2% от всей муки). У абсолютного большинства таких пациентов наступали положительные сдвиги в липидном обмене, уменьшалась повышенная до лечебного питания проницаемость

капилляров, снижалась активность свертывающей и повышалась активность противосвертывающей систем крови, заметно улучшалось общее состояние.

Как показали специальные экспериментальные исследования на лабораторных животных, наибольшим терапевтическим эффектом в профилактике и лечении атеросклероза обладают общие липиды, выделенные из тканей морских беспозвоночных. Так, П. А. Манасова (Владивостокский государственный медицинский институт) установила, что уже 10-кратное внутривенное введение общих липидов дальневосточного трепанга *Stichopus Japonicus* кроликам с развитым атеросклерозом приводит к нормализации показателей липидного и белкового обмена в крови и печени животных. В мышце сердца и печени значительно возрастает активность поглощения кислорода, что указывает на интенсификацию окислительно-восстановительных процессов, резко сниженных в организме больных атеросклерозом животных.

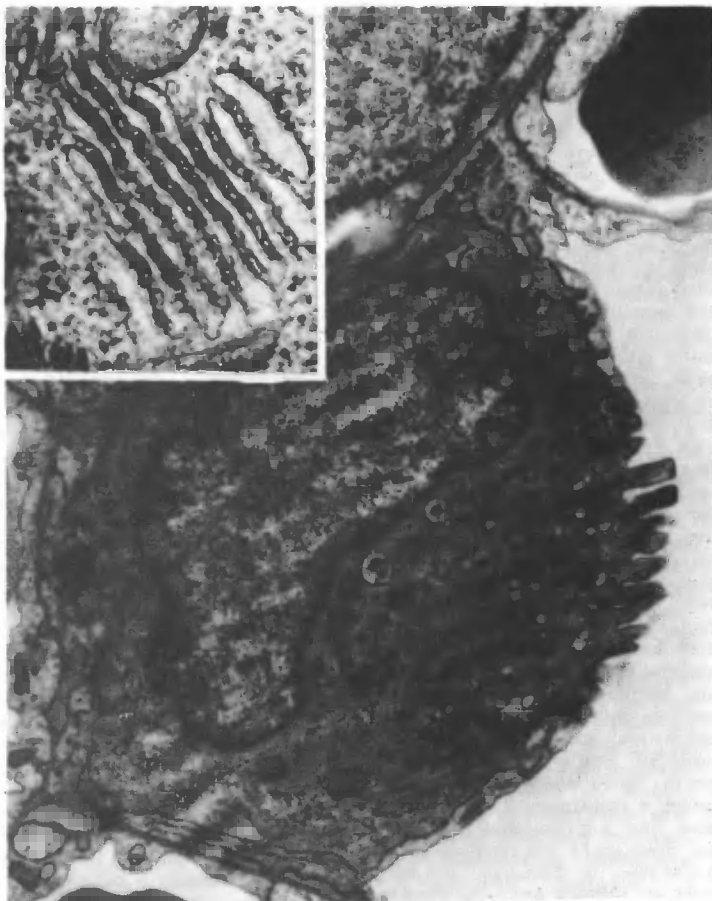
Эти данные полностью согласуются с результатами исследования З. И. Куракина и Л. А. Гусева (тот же институт), которые вводили больным животным липиды тихоокеанского кальмара *Todarodes Pacificus steenstrupi* и обнаружили достоверное снижение в крови холестерина, липопротеидов и липидного фосфора — ведущих показателей патологического обмена при атеросклерозе.

Тезисы докладов
XIV Тихоокеанского научного
конгресса. Хабаровск, 1979,
с. 90, 93—95, 99—100.

Цитология

Новый тип клеток в альвеолярном эпителии млекопитающих

Долгое время считалось, что в состав эпителия, выстилающего просвет альвеолы легкого, входят клетки двух типов. Большую часть внутренней альвеолярной поверхности покрывают вытяну-



Электронная микрофотография нового типа клеток — щеточного альвеолоцита в альвеолярном эпителии крысы (увел. в 17 тыс. раз). Большую часть клетки занимает ядро; в цитоплазме видны скопления светлых вакуолей; справа, на наружной поверхности клетки, которая обращена в просвет альвеолы, имеются характерные микроворсинки, образующие щетку. Вверху, слева показан фрагмент цитоплазмы — слои эндоплазматической сети (увел. в 36 тыс. раз) — еще одна характерная особенность этих клеток.

тые сильно уплощенные альвеолоциты I типа, содержащие небольшое количество органоелл и обеспечивающие беспрепятственный газообмен между воздухом и кровью. В отличие от них, альвеолоциты II типа значительно толще и имеют хорошо развитую внутриклеточную структуру, характерную для секреторных

клеток. Эти альвеолоциты синтезируют липиды, которые выделяются на поверхность эпителия и образуют здесь непрерывную тонкую пленку с определенным поверхностным натяжением, препятствующим спаданию альвеол на выдохе. В свое время в литературе появилось сообщение английских исследователей Б. Мейрик и Л. Рида о наличии в составе альвеолярного эпителия крыс еще одного — III типа альвеолоцитов¹. В обычных альвеолах они встречаются крайне редко и поэтому детально описать ультраструктуру достаточного количества таких клеток и установить их функцию до сих пор не удавалось. Многие морфологи по-прежнему в

¹ J. Ultrastruct. Res., 1968, v. 23, p. 71—82.

альвеолярном эпителии выделяют только два типа альвеолоцитов.

Недавно Л. Н. Филиппенко (Центральный НИИ туберкулеза МЗ СССР) и Л. К. Романова (НИИ морфологии человека АН СССР), изучая под электронным микроскопом реакцию альвеолоцитов правого легкого крыс после хирургического удаления его левой половины, обратили внимание на интересный факт: в альвеолярном эпителии оперированных животных количество альвеолоцитов III типа резко возрастает. Это дало возможность собрать большую коллекцию фотоснимков указанных клеток и детально изучить их ультраструктурную организацию.

Альвеолоциты III типа имеют овальную или коническую форму, располагаются поодиночке или парами на одном уровне с другими альвеолоцитами, тесно соприкасаясь с ними. При этом цитоплазматические отростки соседних альвеолоцитов I типа как бы наползают на тело клетки с одной или двух сторон, частично прикрывая ее апикальную поверхность, обращенную в просвет альвеолы. Свободными остаются лишь цилиндрические равновелкие микроворсинки, образующие своеобразную «щетку» (отсюда и название, данное авторами этому типу клеток, — «щеточный альвеолоцит»).

В цитоплазме щеточного альвеолоцита помимо обычных органелл (митохондрий, эндоплазматической сети, аппарата Гольджи) имеются характерные образования, составляющие особенность этих клеток. К ним относится своеобразная «слоистая» разновидность эндоплазматической сети, у которой канальцы как бы «слипаются» друг с другом, так что расположенные между ними рибосомы выстраиваются в один ряд. Другая особенность — наличие в верхушечных участках цитоплазмы небольших вакуолей и везикул со светлым содержанием.

Особенно большое количество щеточных альвеолоцитов, богатых вакуолями и

слоистой эндоплазматической сетью, появлялось в альвеолах на 5—7 сутки после левостороннего удаления легкого, когда в оставшемся правом легком происходит резкое компенсаторное увеличение размеров альвеол (почти вдвое), а в альвеолоцитах II типа усиливается синтез и секреция дополнительного количества липидов, выстилающих возросшую альвеолярную поверхность. Обращив внимание на совпадение этих событий по времени и учитывая особенности ультраструктурной организации (наличие специализированных микроворсинок, везикул, слоистой эндоплазматической сети), форму и топографию щеточных альвеолоцитов, авторы заключили, что эти клетки являются хеморецепторами, улавливающими изменения в составе альвеолярной внеклеточной выстилки и регулирующими выработку липида в альвеолоцитах II типа.

Таким образом, наличие в составе альвеолярного эпителия лабораторных млекопитающих трех самостоятельных типов альвеолоцитов можно считать доказанным. У человека эти клетки пока не обнаружены. Необходимо дальнейшее изучение функции щеточных альвеолоцитов, особенно при различных патологических состояниях легкого, так как, являясь внутриальвеолярными рецепторами, эти клетки, возможно, играют важную роль в регуляторных механизмах, обеспечивающих нормальную динамику дыхания.

«Архив анатомии, гистологии и эмбриологии», 1979, т. 76, вып. 6, с. 21—28.



Микробиология

Роль микроорганизмов в очистке морской воды

О. Н. Трунова (Мурманский морской биологический институт) изучала роль биологических факторов в самоочищении морской воды от промышленно-бытовых, биологиче-

ских и нефтяных загрязнений в условиях акваторий высоких широт. Эта проблема приобретает важное значение в связи с предстоящим использованием незамерзающего шельфа Баренцева моря для организации аквакультуры.

На большом экспериментальном материале установлено, что гетеротрофные микроорганизмы, обитающие в Баренцевом море, обладают разносторонней биохимической активностью, проявляющейся при разложении белковых соединений, сложных и простых углеводов, минеральных соединений азота. Однако при температуре 5°C (среднедоновая температура воды незамерзающего шельфа Баренцева моря) биохимическая активность микроорганизмов несколько меньше, чем при 18°C. Наибольшей активностью обладают штаммы, выделенные из самых загрязненных участков моря. Наличие в составе морского микробного населения видов с разносторонней биохимической активностью свидетельствует о высоких потенциальных способностях бактерий к расщеплению различных органических компонентов, содержащихся в сточных водах.

Освобождение морской воды от аллохтонных (привнесенных) микроорганизмов сточных вод осуществляется целым комплексом биологических факторов; один из них — антимикробное действие бактерий-антагонистов. Из 300 выделенных из Баренцева моря штаммов микроорганизмов 195 обладали антибиотической активностью по отношению к кишечной палочке, энтерококкам, стафилококкам, шигеллам, нескольким видам сальмонелл.

В утилизации промышленно-бытовых загрязнений и освобождении их от аллохтонных микроорганизмов большую роль играют двусторчатые моллюски. Чтобы понять механизм антимикробного действия мидий, автор изучала действие на аллохтонную микрофлору микробов-антагонистов, выделенных из органов мидий, а также антимикробное действие тканевых экстрактов этих

гидробионтов. Из 200 штаммов 137 обладали антибиотической активностью по отношению к целому ряду аллохтонных микроорганизмов. Тканевые экстракты моллюсков также отличались бактерицидными свойствами. Автор предполагает, что антимикробная активность мидий складывается из действия антибиотических веществ, выделяемых микроорганизмами-антагонистами, и веществ, выделяемых тканями этих гидробионтов.

При изучении роли морских водорослей в процессе самоочищения морской воды автор также выявляла их антибиотическое воздействие на аллохтонную микрофлору. В эксперименте использованы 15 видов макрофитов (4 вида зеленых, 9 — бурых и 2 вида красных водорослей); в качестве аллохтонных тест-микроорганизмов были взяты кишечная палочка, 2 вида шигелл, 5 видов сальмонелл, белый стафилококк. Установлено, что наибольшей антибиотической активностью обладают бурые водоросли, особенно фукусовые и ламинариевые. С другой стороны, отмирающие водоросли представляют собой труднорасщепляемый субстрат. В связи с этим автор изучала деятельность целлюлозорасщепляющих микроорганизмов. Из 300 штаммов бактерий, выделенных из морской воды, только 36 хорошо разлагали клетчатку, причем при температуре 18°C разложение происходило за 15 сут, а при 5°C целлюлозорасщепляющая активность проявлялась через 40 сут.

Из различных районов Баренцева моря О. Н. Труновой в сотрудничестве с Т. И. Молчановской (тот же институт) было выделено 300 штаммов микроорганизмов, способных утилизировать нефть в качестве единственного источника углерода и энергии. В ходе экспериментов установлено, что при температуре 5°C деятельность нефтеокисляющих бактерий резко снижается, в связи с чем при выборе акваторий для организации аквакультуры необходимо особое внимание обращать на гидрологический

режим, обеспечивающий освобождение от нефтяного загрязнения.

Тезисы докладов II Всесоюзной конференции «Микробиологические методы борьбы с загрязнением окружающей среды», Пушкино, 1980, с. 6—8.

Микробиология

Биологическая деструкция загрязняющих неприродных соединений

Р. П. Наумова, Н. Г. Захарова, Н. А. Шишкова и С. Ю. Захарова (Казанский государственный университет), изучая проблему обезвреживания химических веществ, содержащихся в сточных водах предприятий химической, нефтяной и других отраслей промышленности, разработали метод биологической деструкции особой группы неприродных соединений — синтетических лактамов и ω -аминокислот. Эти соединения (ϵ -капролактамы, ϵ -аминокапроновая и ξ -аминоэнантовая кислоты) широко используются для производства различных полимерных материалов — пластмасс, полиамидных пленок, заменителей черных и цветных металлов, шинного корда, технической ткани, предметов народного потребления. Синтетические лактамы и ω -аминокислоты, отличающиеся выраженной токсичностью, различными путями (с промышленными стоками, при разрушении изделий из полимеров) попадают в окружающую среду. Учитывая их устойчивость к физико-химическим воздействиям, авторы поставили задачу найти микроорганизмы, которые оказались бы способными использовать эти мономеры в качестве источника питания и активно превращать их в нетоксичные соединения.

В результате целенаправленного поиска из активного ила, очищающего сточные воды промышленных предприятий органического синтеза, были выделены микрооргани-

змы (*Pseudomonas dacunhae*, *Pseudomonas perolensis*), использующие ϵ -капролактамы, ϵ -аминокапроновую и ξ -аминоэнантовую кислоты в качестве единственного источника азота и углерода. Исследования физиолого-биохимических свойств найденных бактерий показали, что наиболее эффективно утилизация неприродных соединений выделенными штаммами идет при pH среды 6,0—6,5 и температуре 28—30°C.

Среди широкого круга прокариотов (88 видов), принадлежащих к семействам *Bacteriaceae*, *Bacillaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Coccaceae*, *Mycobacteriaceae*, *Actinomycetaceae*, самым активным деструктором всех трех названных соединений оказался штамм *Ps. dacunhae*, способный утилизировать их при концентрации ~10 г/л.

Для очистки сточных вод от ξ -аминоэнантовой кислоты наиболее перспективен штамм *Ps. perolensis*, активно разрушающий ее при концентрации до 25 г/л. При оптимальных условиях культивирования достигается полная утилизация ξ -аминоэнантовой кислоты. Несколько менее активны в отношении этой кислоты *Bacillus polymyxa*, *Bacillus anthracoides*, *Brevibacterium brunneum*, утилизующие ее при концентрации до 20 г/л. Некоторые группы микроорганизмов (например, актиномицеты) совершенно неспособны вовлечь ξ -аминоэнантовую кислоту в свой метаболизм.

Авторы установили, что включение синтетических лактамов и ω -аминокислот в нормальный обмен микробной клетки обеспечивается набором необходимых ферментов, прежде всего — специфических гидролаз и трансминаз. Процесс деструкции идет по следующей схеме: синтетический лактам ω -аминокислота; ω -аминокислота + кетоглutarовая кислота $\rightarrow$ полуальдегид дикарбоновой кислоты + $\rightarrow$ глутаминовая кислота. В результате двух этих ферментативных актов происходит не только полное обезвреживание синтетических мономеров, но

и синтез важнейшего природного метаболита — глутаминовой кислоты, обеспечивающей жизнедеятельность организма-деструктора.

Тезисы докладов II Всесоюзной конференции «Микробиологические методы борьбы с загрязнением окружающей среды», Пушкино, 1980, с. 70—72; «Микробиология», 1978, т. XLVII, с. 689—692.

Геология

67-й рейс «Гломара Челленджера»

С 8 мая по 27 июня 1979 г. научно-исследовательское буровое судно «Гломар Челленджер» проводило работы в Тихом океане, в районе Центрально-Американского желоба. Эта экспедиция, как и несколько предыдущих, была запланирована для изучения тектонически активных окраин океанов. На борту судна находились специалисты из США, Франции, ФРГ, Японии; от СССР участником рейса был автор этого сообщения; научное руководство осуществляли Р. фон Хюне (США) и Ж. Обуэн (Франция).

Выбор для района работ Центрально-Американского желоба был связан с проверкой общей геодинамической модели, построенной с позиций тектоники литосферных плит. Существенно было, в частности, выяснить, происходит ли здесь, согласно аккреционной модели, наращивание континента за счет накопления в желобе океанических осадков, которые в результате пододвигания океанической коры под континентальную напользуют в виде чешуй на приматериковый склон желоба.

Из семи пробуренных в рейсе скважин четыре расположены на внутреннем склоне желоба, две — на его дне и одна — на его внешнем склоне. Глубина водной толщи над устьем скважин составляла от 2049 до 6105 м; наибольшая глубина проникновения в осадки — 446,5 м.

Самые интересные дан-

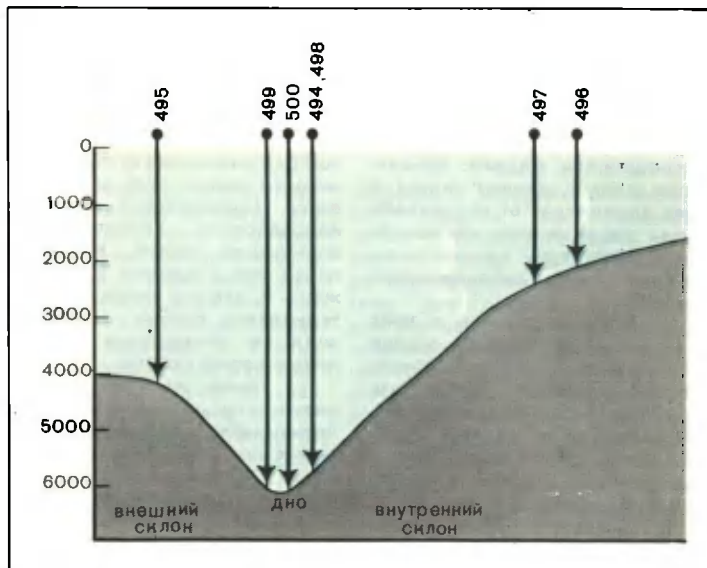
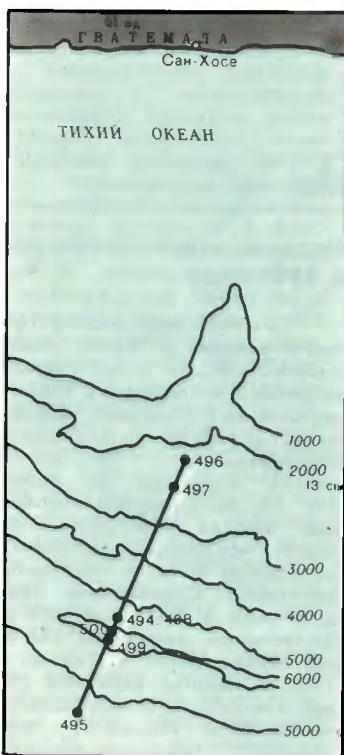


Схема расположения скважин, пробуренных в 67-м рейсе «Гломара Челленджера».



Схематический профиль через Центрально-Американский желоб и положение на нем скважин.

ные получены при бурении скважины 494, расположенной в нижней части внутреннего склона желоба. Она вскрыла следующую стратиграфическую последовательность осадков:

— темно-серые диатомовые илы (213 м), голоцен — плейстоцен;

— голубовато-серые гемипелагические глины¹ (27 м), средний миоцен — верхний олигоцен;

— темно-серые песчанистые аргиллиты (54 м), эоцен;

— следующие 19 м — это темно-серые аргиллиты (эоцен), перемешанные, возможно в результате бурения, с голубовато-серыми известняками (верхний мел);

— серые известняки (9 м), верхний мел;

— следующие 45 м пройдены с небольшим выходом керна; здесь обнаружены обломки измененных тонкозернистых изверженных пород, первоначально базальтового или андезитового состава, включенные в глинистую буровую брекцию. Ниже вскрытых ска-

¹ Гемипелагические осадки образуются в зоне перехода континентального склона к океаническому ложу на глубинах 2—4 (иногда до 5 км) и содержат примесь терригенного материала.

жиной отложений, по данным сейсмопрофилирования, прослеживается слоистая толща мощностью не менее 1500 м.

Эти данные оказались неожиданными с точки зрения аккреционной модели: присутствие верхнемеловых пород в трех километрах от оси желоба никак не указывает на чешуйчатую структуру приконтинентального борта глубоководного желоба.

Бурение остальных трех скважин на внутреннем склоне Центрально - Американского желоба пришлось прерывать в молодых (миоценовых) отложениях из-за их пересыщения природным газом, который может выбросить буровой инструмент.

Скважина 495, расположенная на внешнем склоне желоба, была заложена для получения опорного разреза осадков океанической плиты, который оказался следующим:

— гемипелагические био-генные илы (171 м), голоцен — верхний миоцен;

— бурые абиссальные глины (7 м), средний миоцен;

— желтоватые и коричневые глубоководные илы (250,5 м), средний — нижний миоцен;

— базальты (6,8 м).

Этот разрез содержит практически полную последовательность комплексов микрофауны и микрофлоры для неогена и плейстоцена. В его верхней части (171 м) наиболее многочисленны диатомеи и радиолярии, ниже встречается преимущественно наннопланктон и фораминиферы. Существенно, что благодаря бурению этой скважины удалось установить возраст океанических базальтов (по перекрывающим их осадкам) — ранний миоцен.

Неожиданной оказалась находка в разрезе гемипелагических илов позднемiocенового — голоценового возраста. Скважина расположена почти в 20 км от желоба. Если принять скорость движения океанической плиты в неогене и четвертичном периоде равной современной — 9 см/год, придется допустить маловероятное: возможность формирования гемипелагических осадков на удалении 900 км от суши.

Скважины 499 и 500, пробуренные на дне желоба, также вошли в базальты. Полученные здесь разрезы практически идентичны разрезу на внешнем склоне. Единственное (и ожидавшееся) отличие — мощная толща (120 м) турбидитов голоценового — верхнеплиоценового возраста, заполняющая желоб. Несмотря на то что скважина 500 заложена у самого основания материкового склона, в отложениях не обнаружено никаких деформаций сжатия.

Таким образом, общие результаты рейса оказались чрезвычайно интересными. Поставив под сомнение существование аккреционных чешуй в зоне пододвигания океанических плит под континентальные, они заставляют искать более совершенные модели тектонических взаимоотношений континентальных окраин и океанического ложа.

Н. Г. Музылев,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва



Охрана природы

Носорог может исчезнуть в 1980 году

Ранние европейские путешественники в Кении неизменно сообщали о постоянных встречах с носорогом; в 1902 г. англичанин Б. Персивал, направляясь из Найроби к подножию Килиманджаро, расстояние между которыми не более 200 км, насчитал 150 носорогов, прежде чем сбился со счета; «спортсмены»-охотники из Европы убивали носорогов десятками. Отрезвление пришло лишь в 50-х годах XX в. Заместитель директора системы парков Кении Н. Саймон в 1962 г. обратил внимание общественности, что сокращение численности носорогов идет невероятно быстрыми темпами (сравнимыми разве лишь с темпами исчезновения африканских львов). И все же еще 10 лет назад в Кении насчиты-

валось от 16 до 20 тыс. черных носорогов (*Diceros bicornis*). Ныне положение настолько осложнилось, что не исключено их полное исчезновение уже в текущем году.

По сведениям, собранным зоологом К. Хиллманом (председатель группы по африканскому носорогу при Международном союзе охраны природы и природных ресурсов), в 1979 г. на территории Кении обитало всего 1,5 тыс. носорогов. Правительство Кении до сих пор оказывалось бессильным бороться с браконьерами, подстрегаемыми невероятными высокими ценами на рог этого животного в странах Ближнего и Дальнего Востока. По подсчетам специалистов, лишь за один год (1975—1976) в Северный Йемен было незаконно вывезено из Африки 8300 кг рога, что означает убийство более 2 тыс. носорогов.

Помимо Кении, аналогичное положение и в других странах. Национальный парк Нгоронгоро — крупнейший в Танзании — с 1973 г. потерял около 70% своей популяции носорогов, а в других районах страны их убыль достигает 80—85%. Только героическими усилиями общественности удалось приостановить убийство последних белых носорогов (*Ceratotherium simum*) в заповеднике Умфолози (Южная Африка). Еще хуже обстоит дело с тремя азиатскими видами: яванских носорогов осталось всего 55, а суматринских (оба — в Индонезии) — менее 300 особей. Когда-то многочисленные индийские носороги ныне насчитывают около 1200 голов.

В 1979 г. специальным указом в Кении приняты новые меры, предусматривающие ужесточение средств защиты носорога, переселение стад в районы, где их легче охранять. Одновременно правительство этой страны обратилось к другим правительствам и международным организациям с просьбой ликвидировать торговлю рогом этого животного.

«New Scientist», 1979, v. 82,
№ 1158, p. 843—844
(Великобритания).

Генетика нашего времени

В. А. Ратнер,
доктор биологических наук
Новосибирск



С. М. Гершензон. ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ГЕНЕТИКИ. Киев, «Наукова думка», 1979, 506 с.

Сегодняшнюю генетику почти невозможно втиснуть в книгу умеренного размера. И тем не менее, помимо книг, посвященных отдельным специальным проблемам, по-прежнему нужны монографии, интегрирующие все наиболее принципиальное и существенное в генетике, сжато отображающие современную генетику в целом.

С. М. Гершензон написал книгу, которая в полной мере соответствует этой задаче. Это и история, и современность, и связь времен, и теория, и приложения, и, наконец, авторский взгляд на единые принципы генетики. Как часто в последние годы, восхищаясь

красотой генетики молекулярной, мы склонны забывать, что она плоть от плоти классической генетики, что она подготовлена ею и выросла из нее. Автор прошел через все этапы участия в развитии современной генетики. Ученик Н. К. Кольцова и С. С. Четверикова, С. М. Гершензон начинал как классический генетик-экспериментатор, дрозофил и популяционист, а в последние годы внес немалый вклад в молекулярную генетику. Иными словами, он не только свидетель развития генетики за последние 50 лет, но активный его участник, который все попробовал своими руками и обо всем имеет собственное мнение. Тем ценнее для нас авторское отношение к предмету.

Общая структура монографии не вполне традиционна: гибридология; клеточные механизмы наследования; генетические процессы; молекулярные механизмы; индивидуальное развитие; эволюция; приложения. Большую часть книги все же составляет материал, относимый к классической генетике, цитогенетике и эволюции эвкарриот, а молекулярные принципы и механизмы приводятся либо для обоснования общих законов генетики, либо как варианты единных закономерностей для эвкарриотических и прокариотических объектов (генетика пола, построение генетических карт, цитоплазматические гены и т. д.), либо как современные области приложений (генная инженерия и др.). Тем не менее очевидно, что такой подход оправдан, он сохраняет цельность восприятия генетики.

Общий стиль изложения диктуется, конечно, общирностью задачи. Автор стремится ясно сформулировать принципы и суть явлений и проиллюстрировать их на примере ряда фундаментальных экспериментов. Это позволяет читателю, не погружаясь в

тонкости и исторические детали, следить за главной нитью — логикой генетики нашего времени, когда многие ранние представления и гипотезы уже отсеяны, устарели или уточнены, а многие прежде «слабые намеки» стали принципиальными фактами и закономерностями. Автор выявляет корни многих открытий последних лет, идущие из недр классической генетики (тонкое строение гена, механизмы рекомбинаций и синапсиса, нестабильность генов и т. д.). К сожалению, С. М. Гершензон в ряде случаев не упоминает своего собственного участия в постановке и решении принципиальных проблем молекулярной генетики (обратная транскрипция, мутагенез при помощи фрагментов нуклеиновых кислот¹ и т. д.) А следовало бы!

Книга С. М. Гершензона хороша для первого капитального знакомства с генетикой. Она удобна как учебник для студентов или специалистов из смежных областей, которым предстоит «погрузиться» в глубины конкретных направлений генетики. Тем же, вероятно, определяется и характер иллюстраций. Преимущественно это схемы и фотографии, в меньшей мере — таблицы и экспериментальные кривые.

На одной из иллюстраций хочется остановиться особо. Это лингвистическая аналогия. На с. 277—278 автор приводит фразу: «ВОТ ЛЕС ВЯЗ ДУБ БУК ИВЫ ТУТ БЫЛ ПАЛ ДЫМ ШЕЛ ТРИ ДНЯ». Выбрасывая и вставляя буквы, автор ярко демонстрирует «мутационную» утрату и восстановление смысла этой фразы. Конечно, эта аналогия — не просто ука-

¹ См., например: Гершензон С. М. Прыгающие гены. — «Природа», 1979, № 1.

ный на системном сходстве. Однако автору не откажешь в остроумии.

Ряд страниц книги посвящен разбору догм Т. Д. Лысенко: наследования приобретенных признаков, переделки яровых культур в озимые, вегетативной гибридизации и т. д. Иногда может показаться, что теперь это уже не нужно. Однако уроки эпопеи Т. Д. Лысенко поучительны, о них надо помнить, и автор, без сомнения, прав, уделяя этому вопросу определенное внимание.

Особую роль для построения теории современной генетики играет формулировка некоторых основных ее понятий. Понятия должны быть не только фундаментальными, но и операбельными и гибкими. Это очень непростая задача. Нет пока общепринятых определений таких понятий, как «ген», «популяция» и др. С. М. Гершензон выходит из положения, определяя эти понятия не формально, а несколько расплывчато, делая дополнительные разъяснения и приводя примеры. Это вполне приемлемо в пределах задач рецензируемой книги, но при решении более тонких вопросов может привести к некоторым неувязкам.

Так, на с. 332 говорится: «ген — это участок молекулы геномной нуклеиновой кислоты, характеризующий специфической последовательностью нуклеотидов, представляющий единицу функции, отличной от функции других генов и способный изменяться путем мутирования». Мне кажется, что способность мутировать не обязательно вводить в определение гена (как же быть с рекомбинированием?), а вот непрерывность участка (локус) и дискретность в разных отношениях — обязательно надо. Но тогда генами следует считать также опероны и репликоны. Кроме того, в этом случае не избежать иерархичности системы генов.

На с. 389 понятие «популяция» не формируется, а описывается в частном случае для видов с половым размножением: «это совокупность особей данного вида, в течение длительного времени (большого числа поколений) населяю-

щих определенное пространство, состоящая из особей, могущих свободно скрещиваться друг с другом, и отделенная от таких же соседних совокупностей одной из форм изоляции...» Мне такое определение представляется слишком жестким и частным, так как свобода скрещиваний наблюдается в популяциях далеко не всегда, равно как не всегда обязательна и изоляция. По-моему, определение этого термина должно быть ближе к исходному смыслу слова: популяция — население, видовое население некоторой территории.

Итак, центральные понятия генетики пока не сформулированы достаточно строгом и общепринятым образом и эта незавершенность нынешней генетической теории отражена в книге С. М. Гершензона. Вряд ли это можно считать недостатком книги.

Разумеется, рецензируемая книга имеет и такие погрешности, которые я объясню авторским недосмотром. Например, на с. 162 приведена последовательность переноса генов кишечной палочки, а локусы обозначены буквами русского алфавита, хотя перед этим была приведена обычная карта кишечной палочки. Вряд ли стоило так делать. В названном выше блестящем примере «генетического текста» (с. 277—278) допущена неточность. Утверждается, что между кодонами нет каких-либо специальных разделительных знаков, но тут же трехбуквенные слова (аналоги кодонов) разделены интервалами. Это несколько дезориентирует читателя. На с. 275 указано, что генетический код экспериментально исследован Криком с сотрудниками, Ниренбергом, Очоа и Корнбергом (?). Очевидно, что Корнберг попал сюда вместо Г. Хораны. Неправильно указан год рождения Б. Л. Астаурова (с. 19). Есть и некоторые другие огрехи, впрочем, легко устранимые.

Резюмируя сказанное, следует отметить еще раз, что книга С. М. Гершензона имеет большое общеобразовательное значение. Она вышла не в качестве учебного пособия, но

мне представляется, что ее следует рассматривать как лучший учебник современной генетики, имеющийся в нашей стране. Будучи издана довольно малым для нашей страны тиражом (5 000 экз.), она быстро разошлась и не дошла до многих вузов. Было бы целесообразно перевыпустить книгу в издательстве «Высшая школа» тиражом, покрывающим дефицит учебных пособий по общей генетике.

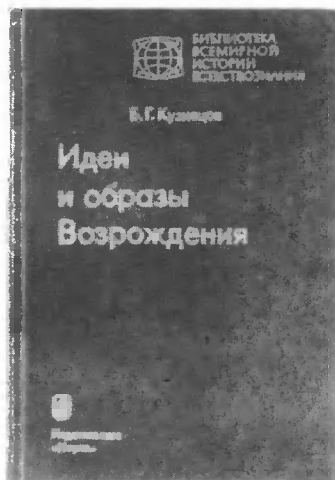
Мне хотелось бы закончить рецензию «генетической фразой», по С. М. Гершензону (с учетом сделанного выше замечания):

НАШГЕНТАКМАЛ
ТАКЛИХНАШКОД
БЫЛДЫМБЫЛПАЛ
НЕТЖИВНАШРОД

Первая книга «Библиотеки всемирной истории естествознания»

Г. К. Цверева

Бокситогорск



Б. Г. Кузнецов. ИДЕИ И ОБРАЗЫ ВОЗРОЖДЕНИЯ. М., «Наука», сер. «Библиотека всемирной истории естествознания», 1979, 280 с.

Автора нет надобности представлять читателю. Широко известны его труды по истории и философии естествознания, жизнеописания Галилея и Эйнштейна.

Ключом к его новой книге «Идеи и образы Возрождения» может служить ее подзаголовок «Наука XIV—XVI веков в свете современной науки». Состоит книга из пяти глав: «Квантово-релятивистская ретроспекция», «Идеи», «Образы», «Резонанс», «Коллизии».

Из предисловия автора следует, что импульсом, побудившим его поделиться с читателем мыслями о Возрождении, явилось посещение им Флоренции, где когда-то прозвучали первые такты величественной и, мы бы сказали, несколько синкопированной Ренессансной симфонии, где, по утверждению автора, ощущался не повторяющийся более градиент «крутого подъема интеллектуализма» (с. 9).

Б. Г. Кузнецов не одинок в апологии Флоренции. Так, цитируемый им французский историк Ф. Беранс высказывается о «Флоренции как об исходном центре Возрождения» (с. 207). Не менее категоричен и другой французский исследователь Р. Марсель, писавший, что «нигде и никогда» условия для такого возрождения не созрели и что, будучи центром гуманизма в течение полувека, город этот своим благосостоянием и престижем смог, как «очаг света», привлечь к себе элиту человеческого духа. Характерно, что в тогдашнем Риме, средоточии христианского мира, весьма пренебрежительно относились к людям науки и искусства, не пользовавшимся тосканской речью. Но на вопрос о том, почему именно «нигде и никогда» не складывались условия, подобные флорентийским, однозначного ответа автор не дает. Да, может быть, его и нет.

Возможно, что итальянские впечатления были столь сильными, что они заслонили автору не отрицаемое теперь многими существование Восточного Возрождения, силовое поле которого, судя по содержанию книги, выпало из рас-

смотрения. Встречающиеся же иногда ссылки на Аверроэса, единственного из восточных мыслителей, упоминаемого автором, даны лишь в контексте рассуждений об инверсии аристотелизма. Создается впечатление, что главная причина такой элиминации кроется в том, что Б. Г. Кузнецов не склонен видеть в идеологии Восточного Возрождения, исламского по преимуществу, той революционизирующей доминанты, которая могла бы породить как переход, так и само становление нового миропонимания.

Читая книгу, все более убеждаешься в том, что стационарное переходное состояние весьма присуще Ренессансу. Автор пишет: «Возрождение отличается от Средневековья не только тем, что сближает его с Новым временем, а от Нового времени не только своей близостью к Средним векам. В нем есть нечто специфическое, специфическое именно для перехода, то, чего нет ни в культуре Средневековья, ни в культуре Нового времени» (с. 202). Есть еще более важная характеристика Возрождения. С точки зрения автора, «гениальная поэзия XIV века и гениальная живопись XV—XVI веков рассматриваются как компонента единого необратимого процесса, который привел, уже за пределами Возрождения, к веку гениев науки — к веку Галилея, Кеплера, Декарта и Ньютона» (с. 191).

Все это бесспорно. Но в другом месте Б. Г. Кузнецов пишет, что в эпоху Возрождения произошла научная революция. Правда, при этом ему приходится включать в эту эпоху и XVII век. Читаем: «Если иметь в виду не только положительные знания, но и наиболее общие стилевые особенности научного мышления и включить в Возрождение его научное завершение — XVII век (Галилей, рационализм, динамизм, идея бесконечно малых), то получим четырехвековую последовательность необратимого перехода в одном и том же, новом по сравнению с прошлым круге спирали познания... По-видимому, применительно к Возрожде-

нию такое понимание научной революции имеет некоторые резоны, оно определяет эту эпоху как революционный переход к классической науке» (с. 27).

Анализируя внутренние коллизии науки и культуры Возрождения, иллюстрируя трагедией последних лет жизни Галилея мрачную действительность контрреформации, автор почему-то не подчеркнул одного важного момента, пожалуй, самого драматичного для самосознания человека той эпохи. Это вызванное учениями Коперника и Бруно низведение Земли и человека на ней до каких-то мельчайших элементов Вселенной.

В настоящих заметках нет возможности хотя бы вкратце остановиться на аспектах книги, касающихся эстетики, морали и общественных движений Ренессанса. Все эти традиции, включая, конечно, природопознавательную тенденцию, возращенные на почве Италии и ходом истории привившиеся в других странах, обусловили, как справедливо указывает автор, необратимую линию науки, идущую от Возрождения и сводимую к синтезу сенсуализма и рационализма (с. 268).

В целом монография Б. Г. Кузнецова достойно открывает новую серию «Библиотека всемирной истории естествознания», издаваемую под эгидой Института истории естествознания и техники АН СССР. К этой книге не раз будет обращаться благодарный читатель.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

ОБРАЗОВАННЫЙ УЧЕНЫЙ. Сборник. Пер. с англ. А. В. Митрофанова. М., «Наука», 1979, 160 с., ц. 30 к.

Цель сборника — познакомить советского читателя с некоторыми аспектами преподавания общей физики в Великобритании, в частности, во всемирно известной Кавендишской лаборатории, с которой связаны научные судьбы таких ученых, как Дж. Максвелл, Дж. Рэлей, Дж. Дж. Томсон, Э. Резерфорд, П. Л. Капица и многих других.

В сборник вошли статьи нынешнего директора Кавендишской лаборатории А. Пипарда — «Традиция Кавендиша» и «Образованный ученый», в которых увлекательно рассказывается о роли ученого в современном мире, о взаимодействии науки и общества, о проблемах, касающихся преподавания и организации учебного процесса на естественных факультетах университетов. Однако основная часть книги — это задачи по общей физике, которые предлагались студентам Кавендишской лаборатории и британских политехнических вузов. Всего в сборнике около 400 задач и вопросов. Материал подобран так, что книга может привлечь всех, кто интересуется физикой.

Астрономия

В. А. Бронштэн. ПЛАНЕТЫ И ИХ НАБЛЮДЕНИЕ. М., «Наука», сер. «Библиотека любителя астрономии», 1979, 240 с., ц. 45 к.

Этой книгой, посвященной природе планет Солнечной системы и их спутников, открывается новая серия «Библиотека любителя астрономии», которую начинает издавать Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука» и Всесоюзное астрономо-геодезическое общество. Задача серии — не только сообщить любителю астрономии основ-

ные сведения о предмете (небесном светилах, группе небесных тел, небесном явлении и т. д.), но и дать ему руководство для наблюдений этих объектов и для обработки этих наблюдений.

Биология

Б. Гржимек. МЫ ЖИЛИ СРЕДИ БАУЛЕ. Пер. с нем. М., «Мысль», 1979, 192 с., ц. 1 р. 60 к.

В новой книге известного зоолога из Франкфурта-на-Майне Бернгарда Гржимека рассказывается о его поездках в Западную Африку, в республику Берег Слоновой Кости. «Здесь можно встретить людей, — пишет автор, — которые, подобно нашим далеким предкам, еще живут патриархальной деревенской жизнью, большими семьями прямо посреди леса, буша, и со своими богами. Такой образ жизни скоро канет в вечность, и я рад, что еще успел познакомиться и подружиться с этими интересными людьми — исконными жителями Берега Слоновой Кости».

Живо и интересно, как всегда, автор повествует также о млекопитающих и птицах Западной Африки, их поведении и связях с ландшафтом. Книга богато иллюстрирована цветными и черно-белыми фотографиями.

Биология

М. М. Камшилов. ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ. М., «Наука», изд. 2-е, доп., 1979, 256 с., ц. 45 к.

Вопросы эволюции биосферы неразрывно связаны практически со всеми крупными общебиологическими проблемами. Со времен обобщающих работ В. И. Вернадского различные аспекты развития биосферы находятся постоянно в фокусе внимания ученых. Этой же теме посвящена книга М. М. Камшилова, вышедшая вторым изданием. Как пишет

автор, «второе издание... не повторяет первое. Значительно большее внимание уделено абиотическому компоненту биосферы. Это нашло отражение в заново переработанных главах о факторах и закономерностях ее эволюции. Переработана и глава об эволюции, управляемой человеком, — ноогенезе. Становится все более очевидным, что ноогенез — не только способ преодоления экологического кризиса и, следовательно, предпосылка процветания человеческого общества, но и необходимое условие неограниченного времени существования биосферы...»

Книга содержит обширные фактические данные по палеонтологии, биоценологии, генетике, молекулярной биологии. Она интересна для представителей этих областей науки, а также для всех, кого интересуют кардинальные проблемы современных наук о Земле и ее обитателях.

Биология

L. Gozmány. VOCABULARIUM NOMINUM ANIMALIUM EUROPAE SEPTEM LINGUIS REDACTUM. Európa Állatvilága Hétnyelvű Névazonótár. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1979, v. I—II.

Семязычный словарь названий европейских животных, вышедший под редакцией Ласло Гозманы в Будапеште, является плодом кропотливой работы коллектива авторов в течение нескольких десятилетий. По своему содержанию и структуре это качественно новый тип словаря. В него включены названия коренных животных Европы, а также животных, переселившихся в Европу естественным путем. Словарный состав первого тома содержит научные термины на семи языках (латинском, немецком, английском, французском, испанском, венгерском, русском). Второй том словаря составляет шесть (по языкам, кроме латинского) алфавитных указателей названий

животных, встречающихся в словарных статьях первого тома на латинском языке.

Строгая система отсылок позволяет читателю, знающему название зоосистематической единицы на каком-либо языке, отыскать научное латинское название и таким образом получить информацию о том или ином животном. Каждая из статей словаря содержит (помимо языковых) сведения о месте вида в систематике животных, его родственных отношениях и даже его филогенетической истории.

Геология

Гущенко И. И. ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНОВ МИРА. Каталог. М., «Наука», 1979, 474 с., ц. 5 р. 70 к.

Попытки привести в систему сведения об извергающихся вулканах предпринимались неоднократно. Так, за последние десятилетия были изданы каталоги извергающихся вулканов по многим регионам. Настоящий же каталог включает сведения об извержениях вулканов всего мира.

В первой его части собраны данные о строении 993 вулканов, размерах их кратеров и кальдер, координатах, абсолютных и относительных высотах, составе пород и датах извержений.

Вторая часть каталога представляет собой хронологию извержений с 1500 г. до н. э. по настоящее время. Компановка извержений в хронологической последовательности позволяет анализировать их как часть единого планетарного процесса. В частности, хронология извержений важна для изучения воздействия вулканизма на изменение климата Земли.

Геология

ДЕЛЬТЫ — МОДЕЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ. Сборник статей под ред. М. Бруссард. Пер. с англ. под ред. Р. Б. Сейфуллы-Мулюкова. М., «Недра», 1979, 324 с., ц. 1 р. 80 к.

За последние годы в нашей стране и за рубежом появилось много работ, показавших большое значение изуче-

ния речных дельт, осадочные формации которых нередко содержат скопления нефти и газа. В сборник, состоящий из трех частей, вошли статьи, содержащие разнообразную информацию о современных и древних дельтах рек. В первой части рассматриваются методологические вопросы изучения дельт и их нефтегазовости. Во второй части собраны материалы о процессах накопления осадков в современных дельтах крупнейших рек мира — Миссисипи, Меконга, Иравади, рек севера Аляски и др. В третьей части описаны древние дельты некоторых рек Северной Америки, Шотландии и Мексики. Авторы статей выделяют в дельтах рек структурные палеогеоморфологические зоны, позволяющие определить нефтегазовые районы. Книга снабжена графиками, схемами, таблицами. Она предназначена для широкого круга геологов и географов.

География

Я. М. Свет. ДЖЕМС КУК. М., «Мысль», сер. «Замечательные географы и путешественники», 1979, 110 с., ц. 25 к.

Десяти лет назад на морских путях Старого и Нового Света шла кровопролитная борьба между Англией и ее восставшими североамериканскими колониями (в союзе с Францией). На море американские и французские суда топили и брали в плен британские корабли, военные и торговые, и только суда третьей экспедиции английского мореплавателя Джемса Кука были единодушно объявлены воюющими сторонами неприкосновенными. Этот случай так и остался в истории беспримерным, зримо свидетельствуя о прижизненной славе Кука, отважного морехода, которого современники сравнивали с Колумбом и Магелланом. В век просвещения, в эпоху великих энциклопедистов, Кук своими открытиями совершил переворот в географической науке, в которой по инерции удерживались метафизические концепции давнего прошлого. Не вера в авторитеты, не слепая удача, а точный

расчет, воля и настойчивость позволили Куку стереть те белые пятна, которые не могли свести с мировой карты семь поколений европейских мореплавателей.

В книге рассказывается об удивительной судьбе выдающегося мореплавателя. Сын батрака-поденщика, он, пройдя суровую морскую службу, стал командиром трех крупнейших для своего времени экспедиций, в которых были открыты неизвестные ранее земли. Особенно интересны и ценны открытия и путешествия Джемса Кука в Южном полушарии.

География

Ю. Д. Дмитриевский, И. Н. Олейников. ОЗЕРА АФРИКИ. Л., Гидрометеоиздат, 1979, 184 с., ц. 65 к.

В этой книге в занимательной форме рассказывается о происхождении африканских озер и возникновении в них органической жизни, о судьбе этих озер в прошлом и их современных изменениях. Читатель узнает много интересного о приключениях знаменитых путешественников в Африке, о том, как были открыты, нанесены на карту и исследованы африканские озера. Большое внимание уделено «современным политическим и экономическим проблемам Африки и вытекающим из них задачам изменения русел некоторых рек, проектам мощных водохранилищ, крупных плотин и разветвленной сети оросительных каналов. Книга снабжена большим числом фотографий.



Экология

ПРОГРАММА «ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА» В СТРАНАХ СОЦИАЛИЗМА. Сб. статей под ред. Д. М. Гвишиани и В. Е. Соколова. М., ВНИИТИ, 1979, 239 с., ц. 87 к.

Сборник представляет собой труды I Совещания по координации деятельности национальных комитетов социалистических стран по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАБ), которое состоялось в Москве 14—18 марта 1977 г.

Межправительственная программа МАБ, начатая

ЮНЕСКО в 1970 г., направлена на разработку научных основ рационального использования и сохранения ресурсов биосферы, на улучшение взаимоотношений человека с окружающей природной средой. Для достижения этих целей программа использует комплексный экологический подход, характерный для всех 14 основных международных проектов, входящих в состав программы.

Как указывается в предисловии, «сборник включает доклады, посвященные общим принципам координации исследований в области охраны окружающей среды в рамках МАБ, формулировке основных задач научных исследований по программе МАБ, а также сообщения о конкретных результатах изучения воздействия человека на естественные процессы в биосфере... Представленные материалы — первая попытка специалистов разных областей науки из СССР и других стран социалистического содружества найти оптимальные пути координации исследований состояния окружающей среды в рамках соответствующих проектов программы МАБ на национальном, региональном и глобальном уровнях». В сборник включены также Коммюнике о первом совещании, рекомендации этого совещания и список участников.



Охрана природы

ЛАЗЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ АТМОСФЕРЫ. Под ред. Э. Д. Хинкли. Пер. с англ. под ред. В. Е. Зуева. М., «Мир», 1979, 416 с., ц. 4 р. 30 к.

Контроль за состоянием окружающей среды приобретает в последние годы все большее значение. Среди разнообразных методов измерения параметров атмосферы дистанционное зондирование с помощью лазеров отличается высокой точностью, оперативностью и способностью охватывать большие пространства. В книге последовательно описываются основные принципы, методы и аппаратура лазерного зондирования газов и аэрозолей, а также способы определения концентраций загрязняющих воздушную среду примесей. Каждая глава книги содержит примеры полевых измерений параметров атмосферы и математическое их описание. Приведены также типичные значения этих параметров. Книга может быть полезна в качестве справочника.

разных методов измерения параметров атмосферы дистанционное зондирование с помощью лазеров отличается высокой точностью, оперативностью и способностью охватывать большие пространства. В книге последовательно описываются основные принципы, методы и аппаратура лазерного зондирования газов и аэрозолей, а также способы определения концентраций загрязняющих воздушную среду примесей. Каждая глава книги содержит примеры полевых измерений параметров атмосферы и математическое их описание. Приведены также типичные значения этих параметров. Книга может быть полезна в качестве справочника.

Археология

А. С. Русаева. ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИЕ КУЛЬТЫ В ОЛЬВИИ ДОГЕТСКОГО ВРЕМЕНИ. Киев, «Наукова думка», 1979, 172 с., ц. 2 р. 20 к.

Проблемы культуры и идеология античных городов Северного Причерноморья до сих пор относятся к числу малоразработанных. С их изучением тесно связаны история философии и мифологии древнего мира, его западных и восточных окраин, оказавшая огромное влияние на судьбы современных народов.

На основе многообразных археологических памятников, письменных источников и мифологических сопоставлений автор раскрывает экономическую и социально-политическую основу культов, религиозных взглядов местного земледельческого общества, устанавливает конкретные особенности культов и показывает роль Ольвии, одного из крупнейших центров северной периферии античного мира, среди других

городов-колоний. Здесь особенно важным оказывается взаимосвязь и взаимодействие греческой культуры с варварской, скифской, описание городского и сельскохозяйственного быта, обрядов, указание на их восточные архетипы.

Это первое в отечественной литературе исследование культов в Ольвии первых веков до н. э., прекрасно иллюстрированное, снабженное именным, мифологическим и географическим указателями, рассчитано на историков, археологов, краеведов и читателей, интересующихся прошлым нашей страны.

История науки

ИСТОРИЯ ВИЛЬНЬЮССКОГО УНИВЕРСИТЕТА (1579—1979). Вильнюс, «Моклас», 1979, 373 с., ц. 2 р. 50 к.

Книга выпущена в ознаменование 400-летия со дня основания Вильнюсского государственного университета им. В. Капсукаса, сыгравшего значительную роль в истории развития культуры и науки литовского, белорусского, украинского и польского народов, в деле формирования их национального самосознания. Она знакомит широкие читательские круги с основными этапами жизни и деятельности старейшего высшего учебного заведения СССР, отражает его структуру, административные принципы руководства, материальную базу. В книге даны подробные биографические сведения о виднейших профессорах университета, обрисована их научная деятельность, определен вклад в мировую науку.

Прекрасно иллюстрированная, книга является великолепным справочным изданием по истории образования в СССР.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:
Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС

Адрес редакции:
117049 Москва, В-49,
Мароховский пер., 26.
Тел. 237-50-30, 237-22-97.

Сдано в набор 30.01.80
Подписано к печати 6.03.80
Т-02556
Формат бумаги 70х100 1/16.
Офсет
Усл.-печ. л. 10,4 Уч.-изд. л. 14,3
Бум. л. 4
Тираж 85 000 экз. Зак. 291

Чеховский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
г. Чехов, Московской области.



Цена 50 коп.
Индекс 70707

