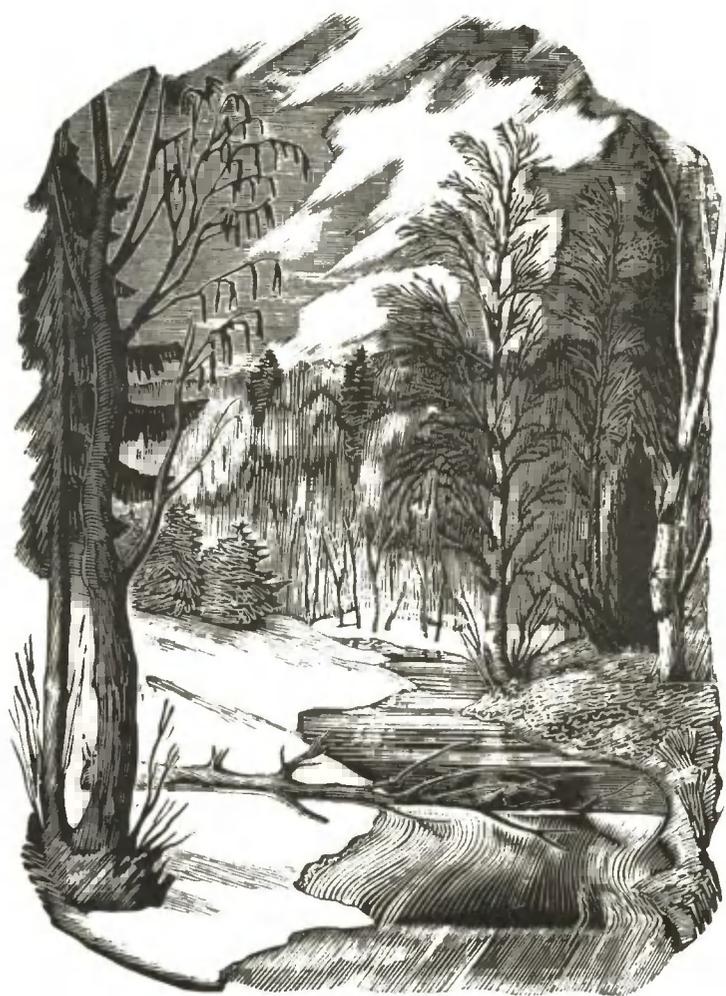


ПРИРОДА



1 1968

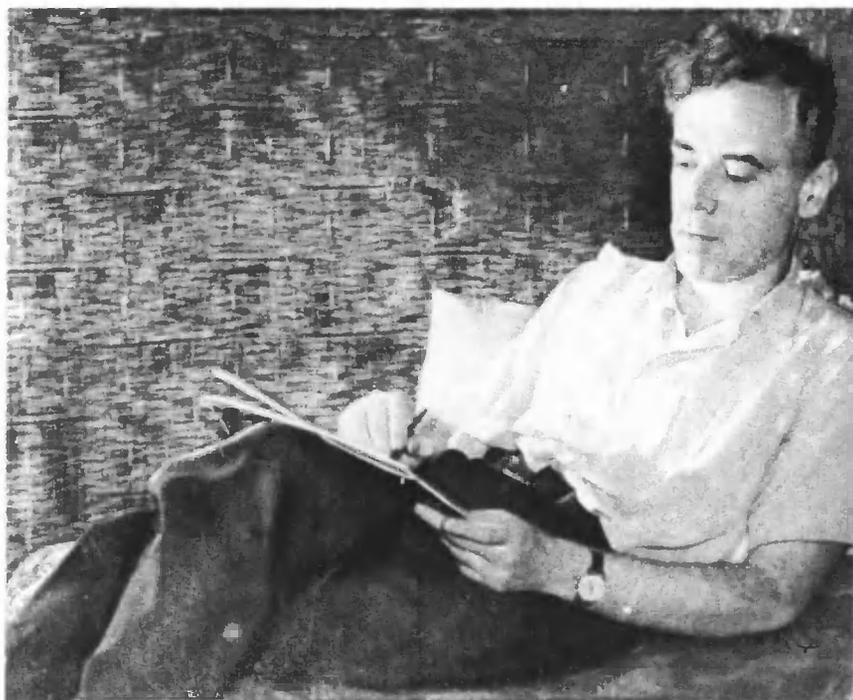
Основан в 1912 году

ПРИРОДА

*Ежемесячный
популярный
естественно-
научный журнал
Академии наук
СССР*

1 1968

январь
Издательство
„Наука“
Москва



*Лев Давидович Ландау
К 60-летию со дня рождения*

В НОМЕРЕ:

Наука. Ученый. Информация. 1. Г. Воробьев	2
Перестройка фауны Каспийского моря. Л. А. Зенкевич, Г. Б. Зевина	12
Эволюция квантовой теории поля. Д. И. Блохинцев, П. С. Исеев	23
Изучая землетрясения... Г. П. Горшков	33
Контрацептивные стероиды. А. А. Ахрем, Ю. А. Титов	40
Мерзлые толщи Земли. Н. А. Граев	46
Ультразвук и нелинейные волновые процессы. В. А. Красильников	54
Геология и точные науки. Б. П. Высоцкий	63
Гормоны и регуляторы растений. Дж. Ван-Овербек	67

ЛЮДИ НАУКИ

История открытия и объяснения сверхтекучести жидкого гелия. К 60-летию академика Л. Д. Ландау. Е. М. Лифшиц	73
10 «заповедей» Ландау. И. К. Кикоин	80

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Исследование нового резонанса. А. А. Кузнецов	82
Жизнь без микробов. Г. И. Подопригора	85
Тирокальцитонин — новый гормон щитовидной железы. Л. И. Стекольников, О. М. Тепелина	86
Горизонтальные осадки в горном Крыму. И. П. Ведь	88
Природный стронций в Каспийском море. В. И. Тимощук	90
Необычные тюльпаны. А. А. Иващенко	91

ЭКСПЕДИЦИИ, ПУТЕШЕСТВИЯ

Там, где была Мангазея. В. Н. Лиханов	92
---------------------------------------	----

ОХРАНА ПРИРОДЫ

Замечательная река Приамурья. Ф. Р. Штильмарк	100
---	-----

В ЗАЩИТУ НАУЧНОЙ ИСТИНЫ

Существует ли Гольфстрим? А. Д. Добровольский	105
---	-----

ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ (106—109)

НОВОСТИ НАУКИ (110—119)

ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ (120—123)

КНИГИ (124—126)

КАЛЕНДАРЬ ПРИРОДЫ (127—128)

Обложка художника П. М. Кузання

На обложке гравюра В. А. Фаворского «Зима»

НАУКА. УЧЕНЫЙ. ИНФОРМАЦИЯ

Г. Г. Воробьев

Кандидат геолого-минералогических наук

НАУКА И ИНФОРМАЦИОННЫЙ КРИЗИС

До сих пор очень многие представляют себе развитие науки в виде бесконечно ветвящегося дерева, каждая ветвь которого все более удаляется от других ветвей. Ученый, словно крот, все глубже и глубже уходит в свою область и за узкими профессиональными интересами часто не видит широких проблем современности. Академик Л. А. Арцимович по этому поводу сказал: «Спокойная и тихая жизнь в условиях предельно узкой специализации, при полном отсутствии интереса к тому, что делается у соседа, — вот, к сожалению, довольно распространенная картина в некоторых наших научных институтах. В этих условиях сделать крупное открытие так же трудно, как купить, скажем, лампу Аладдина или волшебную палочку в Мосторге». Известно, что за последние восемь лет специализация ученых и инженеров в среднем сузилась вдвое.

Описанный процесс известен под названием дифференциации научных знаний. Однако в последнее время, наряду с дифференциацией, начал широко проявляться противоположный процесс — интеграция, сначала в области «смежных» наук (биохимия, геофизика, геохимия), потом таких «синтетических» дисциплин, как математическая лингвистика, перебросивших мосты между далеко отстоящими областями. Сейчас уже трудно назвать специальности, для которых противопоставлено широкое научное сотрудничество. Идеи, методы и теории активно пытаются друг друга, влияя тем самым на ход научно-технического прогресса.

Прекрасным примером служит кибернетика, родившаяся за круглым столом научного сотрудничества и объединившая в своих рядах математиков и техников, психологов и филологов, медиков и экономистов.

В связи с процессом интеграции научная информация становится все более многоаспектной. Так, книга по химии очень часто оказывается полезной для физика, геолога, астронома, математика.

Разразившийся в последние десятилетия информационный кризис объясняется, в частности, тем, что большинство традиционных систем информации является одноаспектным, вследствие чего они вынуждены дублировать друг друга и работа их сопровождается большими информационными потерями. К числу типичных одноаспектных систем относятся учебники, справочники, библиотечные каталоги, универсальные (безадресные) реферативные издания, диагностические таблицы.

На информационном кризисе отражается также качественная сторона информации. Экспоненциальный рост промышленного производства сопровождается аналогичным увеличением ассигнований на исследовательские работы, числа ученых¹ и числа научных публикаций. Можно с уверенностью сказать, что современное поколение научных работников составляет 0,9 ученых, живших когда-либо на Земле, и написано ими 0,9 всех научных работ. Со времени,

¹ Во всем мире сейчас работает 2,5 млн. ученых, причем оптимальное соотношение между учеными и инженерами составляет 1:30.

когда появились первые научно-технические журналы, общее число их названий регулярно удесятывается каждые 50 лет; в настоящее время оно приблизилось к 200 тыс. и в недалеком будущем должно достигнуть астрономических величин.

К таким темпам роста современных системы информации, конечно, не подготовлены. Несмотря на большие финансовые затраты, с каждым годом ученые становятся все менее информированными. Отсюда — хроническое дублирование. Из опубликованных данных известно, что в США и Англии от 10 до 20% научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ вследствие дублирования выполняются впустую.

Возникает насущная необходимость в сплошной механизации и автоматизации всех сфер информационного обслуживания, с изменением форм работ и форм документов — книг, журналов, научных отчетов, полевых и лабораторных дневников и т. д.

С развитием информационного кризиса стало особенно популярным слово «информация», которым до сих пор пользовались как синонимом слов «сообщение», «новости», «данные», не вкладывая в него особого смысла. Статистическая теория информации К. Шеннона взволновала умы многих ученых, заставив посмотреть на привычные вещи совсем другими глазами. Благодаря сотрудничеству математиков и инженеров были выявлены интересные закономерности и сформулированы такие понятия, как единица информации, кодирование, информационный шум и др. Дальнейшее развитие этих идей привело к

расширению теории на основе процессов переработки, записи, преобразования, хранения, поиска, чтения и размножения информации.

В математическом смысле информация может быть представлена как многомерное пространство, отдельные функциональные участки которого сворачиваем на плоскость или в линию, создавая специализированные информационные системы — текущего учета, справочные, корреляционные, диагностические, учебные, игровые. В этих системах выделяются так называемые объекты информации, описываемые комплексом поисковых признаков, благодаря которым они расставляются в том или ином порядке, выявляются корреляционные связи, выбираются группы объектов с заданной комбинацией свойств или любой данный объект из множества других объектов.

Информация существует в двух состояниях — в виде потоков и массивов. В первом случае удобно сравнить ее с рекой, где какое-то количество объектов проходит мимо нас за единицу времени, причем скорость течения может меняться, как правило, в большую сторону (по закону экспоненциального роста — с удесятерением показателей через равные промежутки времени). Информационный массив — это резервуар, объем которого (количество объектов информации) меняется за счет потоков «входящей» и «исходящей» информации.

Кроме количественных характеристик, информация измеряется и качественно. Ее рассматривают в отношении полноты, полезности, правдивости, глубины, ценности и т. д.

УЧЕНЫЙ КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Любой умственный труд производителен. Продукт этого труда — информация, которая, как нам теперь известно, поддается качественным и количественным оценкам, и в экономических ситуациях она может играть роль товара.

Один человек в состоянии принять, переработать и передать другим определенные объемы информации. Рез-

кое отклонение от заданных пределов приводит к информационным болезням и даже к смерти. При этом «информационные вакуумы» так же вредны для нас, как концентрированная информация, «эссенция». Известно, как люди, томившиеся в одиночках, сохраняли свою жизнь лишь благодаря тому, что могли читать. С другой стороны, сидя на научно-технических конференциях, мы привыкли временно отключать свой мозг, чтобы предохранить его от слишком большого потока концентрированной информации, льющейся с трибуны выступлений.

В качественном отношении перерабатываемая человеком информация бывает совершенно различной. Не следует забывать, что объем информации, воспринимаемый научным работником в своей лаборатории и библиотеке, сопоставим с тем, что обыватель воспринимает у себя дома, от соседей, на улице и в магазине. Поэтому образованному и культурному человеку приходится регулировать свои личные контакты, ограждая себя от информационных потоков совсем иного уровня. Быть одновременно талантливым ученым и обывателем невозможно просто потому, что для этого нужно существовать за двоих.

Однако знать, сколько и какую информацию воспринимает человек, — этого еще мало. Важно — как перерабатывается эта информация и какое количество принципиально новой информации создается при этом. Так мы вплотную подошли к одной из труднейших проблем — проблеме творчества. С точки зрения теории информации, творчество — генерация информации с производством качественно и количественно новой информации. Творческие способности человека определяются его талантом — умением ассоциировать идеи, т. е. генерировать информацию во многоаспектном плане, в соответствии с ее многоаспектной (многомерной) природой.

Чтобы хорошо представить себе это, попробуем смоделировать работу нашего мозга в информационном плане. Запоминающее устройство хорошо аппроксимируется матрицей, на-

Геннадий Григорьевич ВОРОБЬЕВ



по профессии геолог-исследователь. Вторая область его интересов — теория информации. В Научном совете по комплексной проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР он возглавляет комиссию по документалистике и имеет в этой области более 50 печатных работ. Не раз выступал на страницах «Природы». В 1968 г. издательство «Экономика» выпускает его книгу «Информация в работе [руководителя], которая развивает вопросы, поднятые в публикуемой статье.

считывающей некоторое количество ячеек, колеблющееся в пределах одного и того же порядка. Ячейка работает по двоичному коду, т. е., будучи соотносительной с каким-нибудь признаком, она фиксирует его наличие или отсутствие. Людей, мозг которых работает исключительно по такому принципу, называют «ходячими энциклопедиями»: они быстро запоминают разнообразные факты, долго держат их в своей памяти и выдают по первому требованию, поражая окружающих своей эрудицией. Но сопоставлять эти сведения и выдвигать новые оригинальные идеи они, как правило, не умеют или делают это с большим трудом.

Совсем иначе работает система, где признак закрепляется не за одной ячейкой, а за комбинацией нескольких ячеек. В этом случае общая емкость матрицы резко возрастает, но в каждый данный момент система знает не так уж много. Каждому творческому работнику, вероятно, знакомо чувство, когда он смотрит на свои более ранние произведения, как созданные кем-то другим. Творческие натуры, матрица мозга которых работает исключительно по комбинационному методу, с трудом запоминают и намеренно ограждают себя от информации, мешающей процессу творческих ассоциаций, вызывая тем самым в свой адрес иронические эпитеты — «рассеянный», «не от мира сего» или просто «чужак».

Разумеется, в жизни также крайности встречаются не часто и мы, как правило, имеем дело с системами, сочетающимися в разной степени прямой и комбинационный метод кодирования информации, что позволяет говорить о мере творческой способности человека.

ПОДГОТОВКА УЧЕНОГО

Теперь мы знаем, какие требования нужно предъявлять ученому и как в соответствии с этим говорить об организации подготовки научных кадров. К сожалению, положение в этой области сложилось крайне неудовлетворительное.

Начнем с того, что высшая и особенно средняя школа не успевают за темпами развития науки. Нет учебных заведений по «смежным» и «синтетическим» наукам. Поэтому,

например, в области биохимии работники по-прежнему делятся по образованию на химиков и биологов, в геохимии — на химиков и геологов и т. д. Негде готовить аспирантов и защищать диссертации по таким специальностям, как кибернетика, науковедение, научная организация труда, документалистика.

Школьная система обучения — одна из традиционных одноаспектных систем, где весь учебный материал словно нанизан на одну нитку и учитель ведет по этой нитке класс, согласуя темпы изложения материала со способностями среднего ученика. При этом много времени тратится на индивидуальный опрос, отсутствует постоянный контроль за успеваемостью и отстающие не подтягиваются автоматически до уровня средних.

Традиционная система образования предусматривает запоминание большого числа фактических данных. Это вполне понятно, если учесть, что триста и тем более тысячу лет назад книг и библиотек было очень мало и образованный человек не мог рассчитывать ни на что другое, кроме своей памяти. Таким средневековым архаизмом представляется нам метод экзаменационной проверки знаний: экзаменуемого помещают под информационный колпак, т. е. в обстановку, более отвечающую будущему робинзону, чем инженеру или ученому, у которых в жизни всегда под рукой окажутся соответствующие учебники и справочные пособия. Может быть, лучше посадить экзаменуемого в библиотеку или еще лучше отпустить его домой, предложив такое творческое задание, которое сможет выполнить в срок лишь тот, кто имеет хорошую подготовку, а простая подсказка здесь мало чему может помочь.

Но нужны ли вообще экзамены? С точки зрения кибернетики, экзамен — это запоздалая форма обратной связи в обучающей системе, когда выявленный брак, как правило, уже неустраним.

Такое обучение импонирует только людям, матрица мозга которых работает по прямому методу. Причем статистика подтверждает это: большинство школьных медалистов в стенах вуза ничем не проявляет себя и служит не лучшим пополнением

для науки. Напротив, потенциальные исследователи, в раннем возрасте проявившие свои способности по нескольким школьным предметам, обычно хуже успевают по другим предметам и, естественно, испытывают трудности при поступлении в вуз.

Развитие науки и внешних органов памяти человека должно несомненно найти отражение в педагогике: учить теперь надо не только фактам, которых стало известно слишком много, чтобы поместиться в одной голове, а методам обработки этих фактов, умению рассуждать, сопоставлять, мыслить.

Оптимальный способ обучения, известный сейчас как программированное обучение, предусматривает повышение квалификации педагогов за счет сокращения их численности, объединение всех параллельных классов и учебных групп в одну аудиторию, замену группового подхода индивидуальным обучением. Разветвленная программа позволит выбрать в лабиринте знаний оптимальный для ученика путь, причем постоянно действующий механизм обратной связи в зависимости от формы и степени усвоения материала направит его каждый раз на лучший участок этого пути. В соответствии со своими склонностями учащийся на одни предметы и разделы потратит меньше времени, на другие больше, но в целом курс обучения будет пройден в два раза быстрее, чем теперь. При этом учитель сможет подчеркнуть склонности каждого из своих питомцев и уделить особое внимание выявленным талантам. Реализуется это и самыми простыми, и самыми сложными средствами, вплоть до электронных вычислительных машин.

Новая система образования особенно важна и потому, что позволит устранить диспропорцию между сроками подготовки научных кадров и периодом творческой активности ученого, которая обычно достигает максимума к 30—40 годам. В этом возрасте каждый специалист, проявив свои способности, должен иметь ученую степень и все права, необходимые для плодотворной работы. А результаты этой деятельности в будущем послужат основанием для административного и материального

поощрения. В этом отношении вполне применима поговорка «встречать по одежке — проворка по уму», где под одежкой понимаете кандидатскую или докторскую степень¹.

УЧЕНЫЙ СРЕДИ УЧЕНЫХ

Творческий процесс ученого происходит не только при глубокомысленном сидении за письменным столом, прибором или книгой, но также в непринужденном обмене мнениями с коллегами в лаборатории, на семинарах и конференциях. Поэтому важным условием для плодотворной работы должны быть постоянные прямые контакты между работниками одной лаборатории, разных лабораторий одного института, разных институтов и разных стран.

Остановимся более подробно на взаимоотношениях внутри одного коллектива.

Научный коллектив состоит из лиц, различающихся по возрасту, специализации, уровню подготовки, творческим способностям и творческой активности. В соответствии с этим распределяются обязанности, утверждаются авторитеты и выдвигаются научные руководители.

В возрастном отношении в коллективе всегда должно существовать равновесие между неопытной молодежью, активность которой направляется товарищами среднего возраста, увлекающими коллектив новыми творческими идеями и разумно использующими опыт старшего поколения. Таким образом, научный коллектив должен быть в среднем достаточно молодой. Увеличение со временем его среднего возраста неизменно сопровождается понижением научной результативности. Предотвращают это путем постоянного прироста числа сотрудников.

Еще один залог долголетия коллектива — забота о творческом росте каждого сотрудника и оформление этого роста соответствующими перемещениями по работе. К сожалению, очень часто ученый напоминает рака-отшельника, вынужденного вся-

кий раз менять свою раковину. В. В. Налимов образно говорит о такой ситуации: «Представьте себе, что 5—10 лет назад в лабораторию пришел молодой сотрудник Петр Иванович, в просторечии Петя. Когда-то это был хотя и талантливый, но еще мало подготовленный работник. Прошли годы — и он неузнаваемо изменился. С большим интересом стали относиться к его работе и идеям сотрудники других коллективов. А в своем коллективе он по-прежнему Петя: «Что можно ждать от Пети — ведь мы его хорошо знаем?!» Тогда неудовлетворенный ученый уходит из коллектива и при благоприятных обстоятельствах создает новый коллектив, привлекая в него своих старых товарищей. Разумеется, в этом нет ничего плохого. По-видимому, любой коллектив должен прожить определенное время, и, заботясь о его сплоченности и продуктивности, не следует стремиться к излишнему долголетию и препятствовать естественной текучести кадров, рождению и росту других коллективов».

Взаимоотношение начальников и подчиненных — еще один важный вопрос в жизни коллектива. Мы рассмотрим его с точки зрения одного из качественных критериев — глубины информации. Каждая научная проблема расслаивается на несколько информационных уровней, в соответствии с которыми строится система административного управления. Каждый научный работник проводит исследования на своем уровне, планируя и направляя работу подчиненных и вместе с тем поддерживая их авторитет как специалистов в более узких областях. Если начальник не отвечает своему назначению, он опускается в исследования на более низкий уровень, «путаясь под ногами» подчиненных и превращая научное руководство в администрирование. Характерным симптомом описанного «недуга» является навязываемое соавторство в научных статьях: замечали ли вы, как несколько авторских коллективов неизменно возглавляет одно и то же лицо, играющее роль не более чем научной марки?

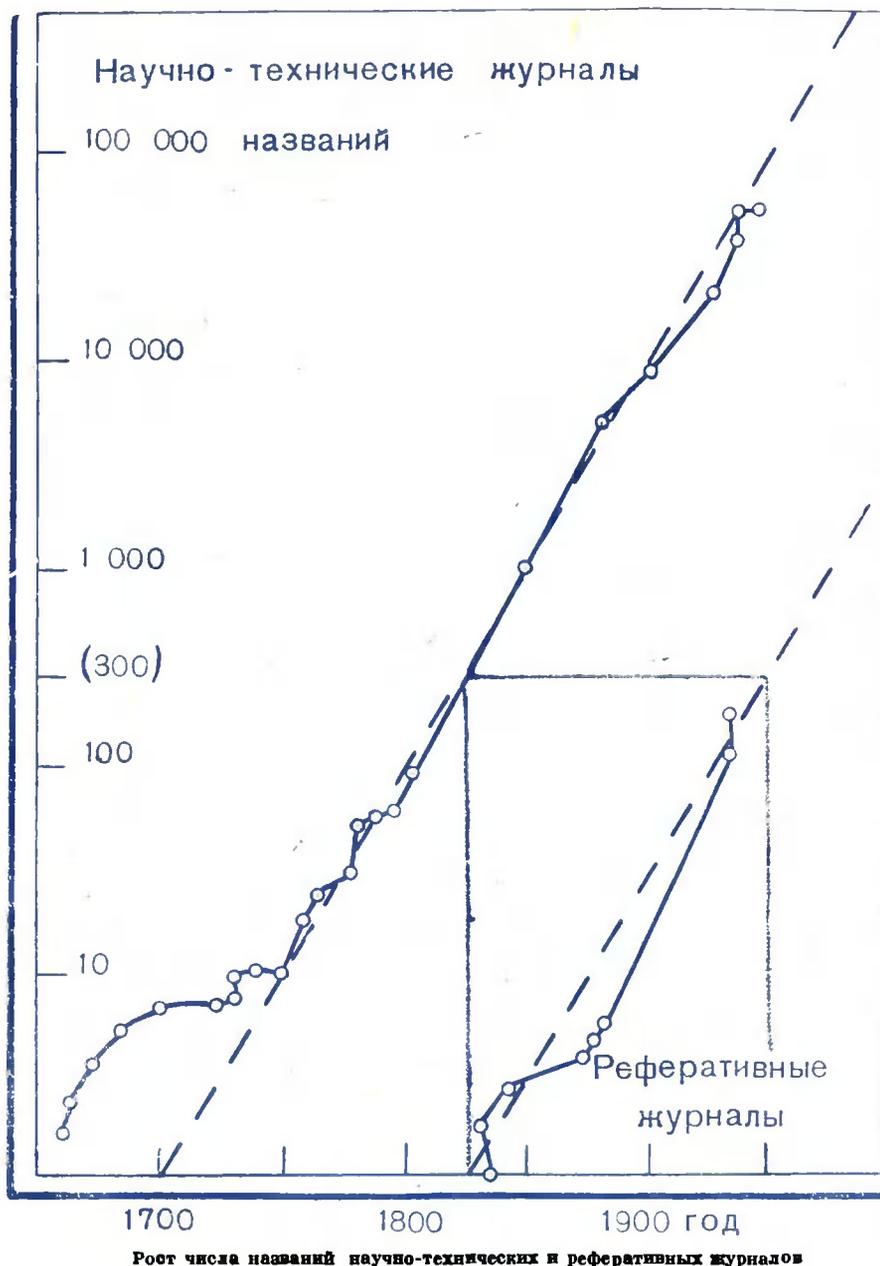
Один из способов демократизации в системе научного управления — ре-

гулярный сбор анонимных анкетных данных у всех членов коллектива: путем наводящих вопросов каждый высказывает свое мнение о сотрудниках и руководителях. Обработка этих данных позволяет вовремя указать руководителю на отдельные его недостатки, произвести изменения в руководстве и выдвинуть на руководящую работу лиц, пользующихся наибольшим авторитетом. Таким образом осуществляется постоянная обратная связь в системе управления.

Разделение труда в пределах одного информационного уровня и одной специальности подчиняется строгому рационализму: «белую» работу выполняет тот, у кого более высокие творческие способности и творческая активность, мерой чему служат результаты его предыдущих исследований. Одновременно эти лица получают и большую свободу в отношении режима рабочего дня. В ряде высокоразвитых промышленных стран некоторые фирмы в этом отношении пошли очень далеко, создав институты думающих инженеров. К этой высокооплачиваемой работе привлекаются особенно талантливые производственники и ученые. Они пользуются абсолютной творческой свободой и приносят фирме большие прибыли. Как правило, экономическая эффективность институтов со строгой дисциплиной, регламентирующей время прихода и ухода с работы, на обед, курение, личные телефонные разговоры и встречи в коридорах, оказывается много ниже. По данным недавнего обследования в Новосибирске, 1/5 лабораторных работ и более 1/2 литературной работы докторов и кандидатов наук — мужчин выполняется дома, с другой стороны 1/3 бездеятельного отдыха у них приходится на рабочие часы в институте. Женщины по известным причинам дома наукой не занимаются, и поэтому общая эффективность их работы в среднем несколько ниже.

В связи с этим следует подчеркнуть влияние на творческий процесс информационной среды — на работе и дома. Только личные симпатии и антипатии к своим коллегам влияют на эффективность творчества в пределах $\pm 18\%$. Прибавим к этому взаимоотношения в семье, вопросы, ре-

¹ По данным Г. М. Доброва, с 1954 по 1964 г. в СССР число лиц, получающих докторскую степень в возрасте старше 60 лет, возросло с 5% до 15,5%.



связанные с коммунальным, торговым, медицинским и культурным обслуживанием, разъездами на городском транспорте и т. д. Анализ таблицы, приведенной на стр. 10, выявляет большие информационные резервы за счет повышения общей культуры и улучшения бытовых условий; при этом номинального увеличения времени на творческий процесс может и не быть.

Но коллектив как информационная система не существует изолированно и тесно взаимодействует с дру-

гими коллективами. Поэтому нужно признать нормальным и поощрять разные формы встреч ученых: командировки по обмену опытом, стажировки, временный обмен специалистами, участие в семинарах, конференциях и конгрессах. Польза от последних заключается не столько в возможности механического прослушивания всех докладов, о которых через год можно прочесть в трудах конференций, сколько в отработке ораторских способностей у молодых

ученых, установлении ими обратной связи со своими коллегами, а также в кулуарных встречах — знакомствах, обсуждениях, дискуссиях. К сожалению, некоторые руководители этого не понимают и относятся к командировкам как к чему-то лишнему. В. В. Налимов иронически замечает: «Если бы в лабораториях вместо людей работали вычислительные машины, то их не нужно было бы посылать на конференции».

Иногда ученые собираются систематически для обсуждения так называемых междотраслевых проблем и проводят совместные исследовательские работы, не входящие в прямую компетенцию существующих институтов. Так возникают незримые коллективы, роль которых в развитии науки очень велика и которые зачастую вступают в противоречия с постоянными, юридически оформленными коллективами — по поводу командировок, ассигнований, проведения внеплановых работ, издания трудов, а также режима секретности.

Существует и третья, промежуточная, форма — так называемые временные коллективы, которые за рубежом получили широкое распространение. Так, для решения какой-либо научной проблемы выделяются средства и формируется коллектив ученых, который после окончания работ распадается. Подобная форма организации позволяет талантливым ученым в полной мере раскрывать свои способности, занимаясь только интересными для себя исследованиями и подсказывая финансирующим ведомствам идеи для их практической реализации. С другой стороны, у рядовых сотрудников не нужно поддерживать искусственно высокий эмоциональный уровень, когда проблема уже решена и в плане стоит новая, может быть, совершенно другая тема.

На всех перечисленных примерах проявляется многоаспектная природа информации, которая не входит в прокрустово ложе двумерной административной иерархии.

УЧЕНЫЙ В БИБЛИОТЕКЕ

Внешне в любой институтской библиотеке все обстоит благополучно: собирается большая литера-

тура по данной отрасли знания, библиограф индексирует поступающие книги и ведет три каталога — авторский, предметный и систематический, время от времени выходят печатные библиографические указатели. В библиотечных кругах оживленно обсуждается новшество: свободный доступ к литературе, благодаря которому ученый получил право сам карабкаться на полки и копаться в книгах, расставленных в соответствии с систематическим каталогом.

Основным показателем работы библиотеки считается оборачиваемость книжного фонда: общее число книг делят на число книговыдач, и получается, что каждая книга в среднем читается раз в один, два или три года. В действительности, дело обстоит значительно хуже: обычно по многу раз спрашивают одни и те же

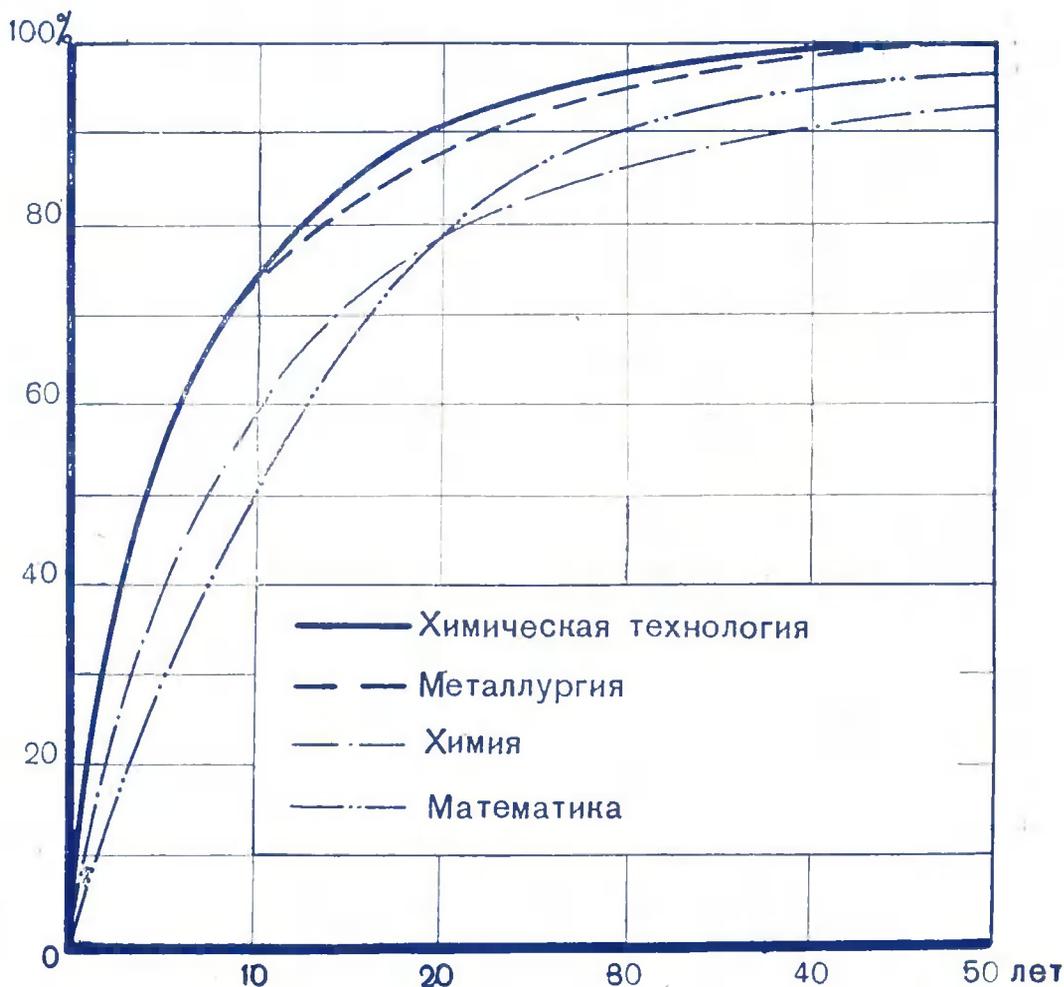
книги (классиков, напумевшие новинки, учебники и справочники), тогда как большая часть фонда лежит без движения, представляя, по меткому выражению одного из документалистов, склад листованного целлюлозного сырья. Даже в Государственной библиотеке им. В. И. Ленина в Москве, например, больше половины книг никто никогда не спрашивал. В Лондонской научной библиотеке всего только 10% периодических изданий удовлетворяет 80% запросов. А ведь каждая книга, каждый журнал на полке буквально «просыт есть»: подсчитано, что в среднем хранение одного тома обходится в 22 коп. ежегодно. Довольно много!

Самостоятельную проблему в библиотеке представляют реферативные издания, содержащие по отношению к каждому читателю 99%

бесполезной информации. Не завоевав еще всех потенциальных читателей, эта форма информации уже технически устареваает, и ею даже в научных библиотеках пользуются в основном аспиранты.

Работа научной библиотеки должна характеризоваться с точки зрения полноты комплектования и поиска, относительного количества полезной информации, степени ее использования и старения.

Мало кто из научных работников представляет себе полноту информации, которой он пользуется. Недавно мы провели два обследования, результаты которых показались специалистам сенсационными. Так, по проблеме тектитов каждый из реферативных журналов «Астрономия», «Геология» и «Химия» освещает только 34% публикуемых в мире ма-



терналов, причем сплошной просмотр всех трех журналов повышает этот процент до 62. Из всей литературы по биохимии, поступающей в московские библиотеки, 79% приходится на Ленинскую библиотеку, по 65% на Всесоюзный институт научной и технической информации и Сектор сети специальных библиотек АН СССР, 40% на библиотеки МГУ и т. д. Таким образом, чтобы познакомиться с общемосковским (но не мировым) фондом, биохимикам нужно поддерживать связь по крайней мере с 5—7 библиотеками города.

Относительная полнота комплектования достигается тем, что сначала составляют путем анализа библиографических ссылок 3 списка изданий, в дальнейшем регулярно пополняемых: 1 — публикации, содержащие не менее 70% информации по теме библиотеки; 2 — от 30 до 70% и 3 — менее 30%. Издания первого списка выписываются или полностью микрофильмируются; второго — просматриваются и выборочно микрофильмируются; третьего — не просматриваются, и информация из них выбирается «задним числом» — путем просмотра библиографических ссылок и реферативных изданий.

Однако полнота сбора — это еще не все. В библиотеке важно организовать и полноту выборки, для чего полностью меняется система индексации. Существующая система не оправдывает себя, так как каждый объект информации (книга, статья, отчет) описывается одним или, как исключение, двумя-тремя поисковыми признаками, в соответствии с чем в каталог помещают одну, две или три карточки - дубликата (но книга на полке, разумеется, занимает лишь одно место). В действительности и книгу, и статью, и отчет нужно описывать десятками (а в больших библиотеках — сотнями) признаков, чтобы была достаточная гарантия найти все, что нужно. Производится это при помощи единого перфокартного каталога.

Сочетание перфокартного метода с микрофоторепродукционной и копировальной техникой позволяет в шкафах небольшой комнаты хранить информацию в несколько миллионов страниц. Найденную карту

прочитывают на настольном читальном аппарате и при необходимости снимают копию текста нормального размера, которую читатель уносит с собой без возврата.

При анализе библиотечного фонда с точки зрения полезности во время выявляются, уничтожаются, переводятся на страховое хранение или передаются в другие библиотеки книги, отдельные номера журналов и части отдельных журналов, не соответствующие тематике библиотеки.

По степени использования вся литература делится на эпизодическую, регулярную и ежедневную надобности. Последняя хранится, так сказать, под рукой, в удобном для быстрого использования месте. Первая, напротив, помещается отдельно — в более дальних шкафах, страховом фонде или аннулируется вовсе, при условии, что в любое время ее можно будет затребовать по межбиблиотечному абоненту из центральной библиотеки.

И, наконец, старение информации — еще одна важная проблема в библиотеке. Подсчитано, что в среднем научно-техническая информация фактически устаревает через 10—15 лет. В связи с этим ученые недавно ввели в употребление термин — период полустарения, т. е. время, за которое потребность в данной информации (например, число запросов в библиотеке) уменьшается вдвое. В связи с этим должна быть введена конвейерная система хранения литературы по степени ее старения, что значительно облегчает и задачу поиска.

Как мы видим, в работе научных библиотек предстоит изменить многое. В свое время только непонимание насущных задач, стоящих перед библиотекарями, привело к тому, что были созданы специальные ведомственные службы научно-технической информации, во многом дублирующие работу библиотек. Сейчас задачи ставятся значительно шире: в связи с развитием так называемой малой полиграфии стирается грань между «публикуемой» и «непубликуемой» документальной информацией, и всю литературу должен обрабатывать единый механизированный документационный центр, безразлично, будет ли он создан

на базе библиотеки, отдела научно-технической информации или какого-нибудь другого органа.

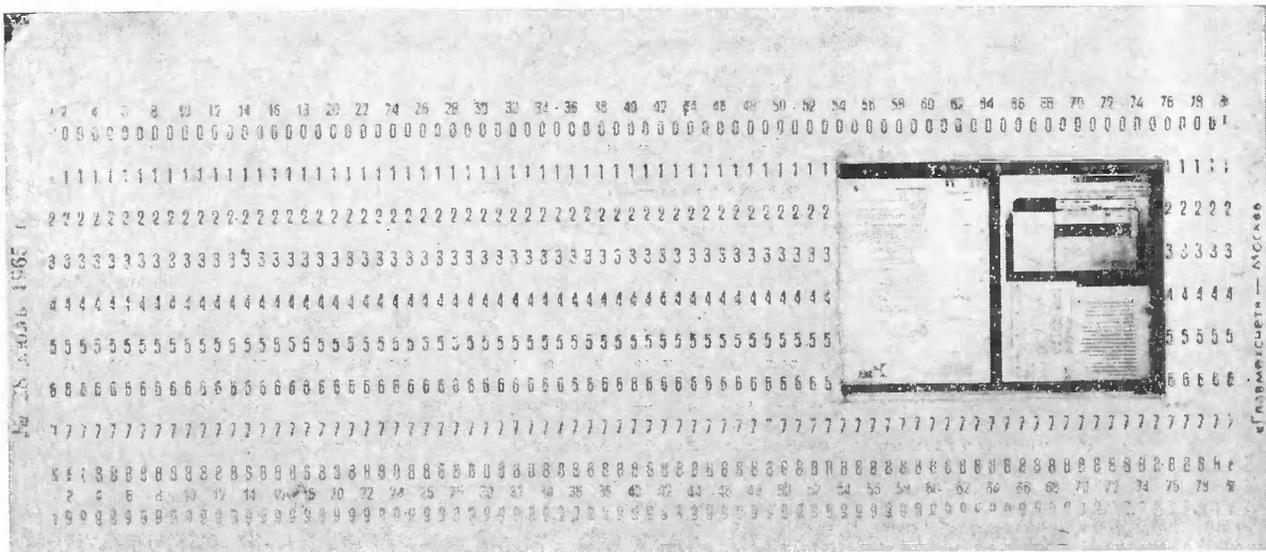
Центр функционирует на правах самостоятельного научного отдела, возглавляется специалистом — доктором или кандидатом наук и имеет в своем штате документалистов — старших и младших научных сотрудников, инженеров, а также техников, лаборантов и мастеров по точным приборам. Общие затраты на создание такого центра исчисляются из расчета 1:10 по отношению к затратам на исследовательские работы. Только таким образом можно преодолеть отставание в области информационной работы, освободить ученого от рутинной работы с литературой, и он без промедления получит всю ему необходимую в данный момент информацию.

УЧЕНЫЙ — АВТОР

Задача ученого — исследовать и доводить результат исследований до сведения своих коллег. Без этого его работа не имеет никакого смысла. Распространяется информация при помощи публикаций, документально фиксирующих результаты исследований. Таким образом, издательская деятельность представляет исключительно важное звено в информационных связях ученого. Может быть, здесь, в отличие от других информационных сфер, все обстоит благополучно? Тоже нет.

Начнем с того, что существующие органы печати не в состоянии охватить все исследовательские работы, достойные опубликования. Так, например, журнал «Заводская лаборатория» отвергает половину представляемых рукописей только из-за отсутствия места, несмотря на то, что за 20 лет объем журнала увеличился вдвое, а средний размер статей сократился в два раза. Известный американский журнал «Physical Review» за 10 лет увеличил объем более чем в 4 раза. Сама редакция серьезно задумывается над тем, чтобы перейти к опубликованию только рефератов статей, помещая их лишь после заявок читателей. Подобных примеров можно привести немало.

Далее. Со времени великих первопечатников Гутенберга и Федоро-



Новые виды документов: сверху — научно-технический журнал на машинной апертурной перфокарте; слева — магнитная карта из справочной картотеки по химии

ва продолжительность издания не только не уменьшилась, но даже несколько увеличилась. По данным московского семинара по наукометрии (июнь 1967 г., Институт истории естествознания и техники АН СССР), в советских журналах период прохождения авторских рукописей колеблется между 6 и 34 месяцами, составляя в среднем более года. Для книг этот период увеличивается до двух лет.

Бывают, однако, и более «тяжелые» случаи. Приведем «биографию» рядового исследования, выполненного одним из туркменских геологов¹:

1953 — начало исследования,

1954 — конец исследования,

1956 — сообщение о полученных результатах на всесоюзной конференции,

1962 — сообщение опубликовано в трудах конференции,

1963 — реферат работы опубликован в советских реферативных журналах,

1965 — в авторских указателях советских реферативных журналов появились ссылки на этот реферат; в зарубежных реферативных журналах появились первые переводы реферата,

1966 — в предметных указателях советских реферативных журналов появились ссылки на реферат; в зарубежных реферативных журналах продолжали печататься переводы, ссылки на которые дали авторские и предметные указатели этих журналов,

1967 — в отечественной литературе появились первые ссылки на работу.

На этом «биография» исследования еще не закончена: в «Итогах науки» Всесоюзного института научной и технической информации данная работа еще не попала в сводку; нет соответствующих ссылок в иностранных научных статьях и сводках. Таким образом, время, в течение которого результаты исследования становятся доступными, продолжает расти, тогда как в среднем, по дан-

ном статистики, они уже должны устареть. Впрочем, факты старения мы, ученые, наблюдаем всякий раз, получая из типографии оттиски (репринты) своих статей и без гордости и энтузиазма посылая их своим коллегам, часто с припиской, что сейчас нами получены более интересные данные.

Чтобы как-то решить проблему доступности, в последние годы стали широко практиковать систему репринтной информации, по которой рукопись, поступающая в редакцию, немедленно размножается способами малой полиграфии в нескольких сотнях экземпляров (препринтов), часть которых предоставляется в распоряжение автора, а другая часть распространяется информационным агентством по подписке или обмену.

Разумеется, такое нововведение еще более подрывает финансовое положение специальных научных журналов, относительное число подписчиков на которые все больше уменьшается. То же самое касается и книг, 30% тиражей которых оседает в

¹ М. А. Ротко. Геохимия Бахарденской пещеры. В сб. «Специальные вопросы карстоведения». М., 1962, стр. 161—166.

СССР в государственных библиотеках, и эта цифра продолжает расти. Нежелание приобретать книги и журналы объясняется, с одной стороны, невозможностью создать личную библиотеку по интересующей нас узкой проблеме, вследствие трудностей не столько финансового, сколько организационного и жилищного характера, и, с другой, тем обстоятельством, что в большинстве книг и особенно журналов содержится слишком много бесполезной информации, увеличивающей трудности при хранении и поиске. Если раньше научный работник, выписывая два-три специальных журнала, мог быть уверен, что почерпнет из них все необходимые сведения, то сейчас для этого ему нужно выписывать десятки и сотни журналов.

И, в связи с этим, еще одна проблема — тиражи. Мы уже говорили, что по традиции все научные работы делятся на опубликованные и неопубликованные. Такая практика явно дискриминирует работы среднего значения и служит препятствием к их выходу в свет. Но часто мало кому интересные статьи все-таки навязываются читателям какого-нибудь журнала. В аналогичном положении находятся книжные издания. До недавнего времени в нашей стране тираж книги определялся издательскими работниками, согласующими этот вопрос с автором, редактором и рецензентом. По вине этих лиц, придававших своему детищу несколько большее значение, чем оно имело на самом деле, и по вине книготоргующих организаций, рассылающих, например, книгу по биологии белухи не в портовые города, а сугубо континентальные области, на книжных складах страны скопилось к 1964 г. непроданных книг на сумму 89,4 млн. руб. В связи с этим была введена новая система: тираж стал определяться издательством только на основе конкретных заявок библиотек и магазинов. Но, чтобы заказать книгу, нужно ее увидеть. Поэтому научные работники предпочитают подождать, а книготорговцы, во избежание затоваривания, чтобы не лишиться премии, дают заведомо небольшие заказы. В результате книга выходит ограниченным тиражом, а затем, по

Бюджет времени ученого — кандидата или доктора наук (часы — минуты)

Виды деятельности	Мужчины	Женщины
Научная работа (в институте и дома)	5—42	5—17
Административная работа	1—34	1—34
Работа с литературой (в библиотеке, лаборатории и дома)	0—56	0—31
Учеба	0—22	0—06
Общественная работа	0—16	0—24
Проезд на работу и обратно	1—04	0—49
Хозяйственные работы (дома, на даче, посещение магазинов)	1—13	3—29
Еда	1—26	1—29
Туалет	0—41	0—34
Чтение художественной литературы	0—49	0—51
Слушание радио и просмотр телевизионных передач	0—39	0—36
Посещение кинотеатров	0—16	0—17
Прием и посещение друзей	0—19	0—10
Прогулки	0—35	0—21
Восвелятельный отдых и разговоры (на работе и дома)	0—50	0—34
Сон	7—17	6—59

Примечание: За основу взят один день 27 августа 1964 г. научных работников Сибирского отделения АН СССР.

мере поступления новых заявок, издание повторяется (иногда два-три раза в течение года) со всеми издержками, обусловленными новым набором и новой корректурой. Как видите, и эта проблема еще не решена.

Что ожидает в будущем издательское дело? Безусловно, будут практиковаться перманентные тиражи, учитывающие изменения круга читателей. Разброшюруются журналы на отдельные статьи, а читатели станут подписываться не на весь журнал, а на статьи по интересующим их вопросам. Книжки и журналы будут выпускаться на новых носителях — фотографических микрокартах, перфокартах, магнитных лентах и дисках (такие издания уже существуют). Особые требования будут предъявляться к составлению научного текста: авторам предложат писать статьи в виде принудительных или произвольных анкет, группируя материал по десятичному принципу; это существенно облегчит процесс написания, обработки и выборки данных. Больше внимания станут уделять заголовкам, аннотациям и рефератам с точки зрения повышения их информационной емкости.

ЧТО НАЗЫВАТЬ ВКЛАДОМ В НАУКУ?

Наука едина. Ученые всего мира представляют единую армию трудящихся, несмотря на разные источники финансирования и разные политические взгляды.

Если относиться к науке как абсолютно однородной среде, где каждый ученый использует полную информацию, мы должны получить конкретные величины, характеризующие соотношение разных научных направлений, вклад в науку отдельных государств, ведомств и отдельных ученых. В действительности нужно различать номинальный и фактический вклад в науку. Первый косвенно определяется размером ассигнований, числом ученых, публикаций и названий научных журналов. Второй — цитируемостью, т. е. относительным числом ссылок на данную публикацию в других публикациях. Разницу между номинальным и фактическим вкладом определяют различные информационные барьеры, препятствующие распространению информации и приводящие к научному дублированию, т. е. холостому ходу науки. Различают географические, исторические, режимные, экономические, ведомственные (фирменные), резонансные, языковые, терминологические и другие барьеры.

Приведем несколько примеров и цифр. По данным уже упоминавшегося московского семинара по наукометрии, номинальный вклад советских работ по металловедению составляет 20%, фактический — только 3%, вследствие языкового, географического и других барьеров. В области аналитической химии номинальный вклад СССР и США примерно одинаков, но в «Журнале

аналитической химии» 42% ссылок дается на отечественные работы и только 18% — на американские; в свою очередь, «Analytical Chemistry» ссылается в 61% случаев на американские работы и только в 4% на советские. Таким образом, языковой барьер на пути из СССР в США более высок, чем из США в СССР.

Специальное издание «Citation Index» в США производит сплошной анализ ссылок по большому числу источников. Работы, выполненные на основе этого издания, показали, что преобладающее число ссылок на советские работы относится к химии и физике и значительно меньше к биологии, геологии и, особенно, к общественным наукам. Этим методом выявляется авторская физиономия ученого, определяемая по пяти вариантам цитирования: 1) ученый много цитирует других, 2) ученый много цитирует самого себя, 3) ученый никого не цитирует, 4) его много цитируют другие, 5) его никто не цитирует.

НАУКИ ОБ ИНФОРМАЦИИ

Мы видим, что наука, как и информация, многоаспектна. Ее нельзя представить в виде двумерной схемы с постоянными иерархическими связями. В противном случае, как это случается в библиотечных классификациях, геохимия попадает только в химию или только в геологию, а кибернетика — в физику, технику, математику и даже в философию. Споры о том, что «главнее», что «выше» и что чему «подчиняется», будут продолжаться до тех пор, пока ученые не откажутся от такого взгляда. В этом смысле ничто ничему не подчиняется. Для каждого исследователя «его» наука является «главной», а все другие — второстепенные, по-разному связанные с ней. Так для химика, применяющего математические методы обработки лабораторной информации, последние будут второстепенными относительно главного объекта — химии, тогда

как для математика эти методы — основное, а химия — лишь одна из областей их применения.

Именно так мы должны рассматривать новые научные дисциплины, так или иначе связанные с информацией. Некоторые из них, может быть, окажутся для вас неизвестными:

Теория информации — математическая теория, рассматривающая информацию в качестве самостоятельной философской категории и разрабатывающая критерии (качественные и количественные) ее оценки.

Теория информационных систем — изучает функциональные участки информационного пространства с точки зрения различных информационных процессов и связей и разрабатывает критерии их оценки; является разделом общей теории систем.

Кибернетика — наука об оптимальном управлении информационными динамическими системами (в природе и обществе).

Теория организации — изучает элементы и законы упорядочения в управляемых и неуправляемых системах.

Документалистика — наука о документальной информации и документальных системах; в более узком смысле — применение идей и методов кибернетики в сферах документальной информации.

Теория научной информации — изучает все сферы информационной (в том числе документационной) деятельности в области науки.

Планирование эксперимента — статистические методы управления экспериментом при неполной информации.

Науковедение (наукознание) — изучает научный труд, структуру и законы развития науки.

Наукометрия — количественные методы изучения процесса развития науки.

Научная организация труда — методы изучения трудовых процессов с точки зрения повышения их эффективности.

Объединение усилий специалистов этих направлений, при поддержке других ученых, позволит в конечном итоге преодолеть информационный кризис и обеспечить дальнейший научно-технический прогресс.

УДК 002.6

Литература

1. Л. А. Арцимович. Некоторые закономерности в развитии физики. В сб. «Диалектический материализм и современное естествознание». «Наука», 1964.
2. Г. Э. Владуц, В. В. Налимов, Н. И. Стяжкин. Научно-техническая информация как одна из задач кибернетики. «Усп. физ. наук», т. 69, 1959, № 1.
3. Г. Г. Воробьев. Проблема документальной информации. В сб. «Прикладная документалистика». «Наука», 1966.
4. Г. Г. Воробьев. Перфокартный метод документального учета в народном хозяйстве. «Экономика», 1967.
5. Г. Г. Воробьев. Информация в работе руководителя. «Экономика» (в печати).
6. Г. М. Добров. Наука о науке. Киев, «Наукова думка», 1966.
7. В. В. Налимов. Молодой ученый и коллектив. «Вестн. высшей школы», 1966, № 1.
8. В. В. Налимов. Количественные методы изучения процесса развития науки. «Вопр. философии», 1966, № 12.
9. Е. А. Седов. Репортаж с ничейной земли. Рассказы об информации. «Молодая гвардия», 1966.
10. А. И. Щербаков. Пути совершенствования организации труда научных сотрудников. СО АН СССР, 1966.
11. Наука о науке. Сб. статей. Перев. с англ. Общая редакция и послесловие проф. В. Н. Столетова. Изд-во «Прогресс», 1966.

ПЕРЕСТРОЙКА ФАУНЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Член-корреспондент АН СССР
Л. А. Зенкевич

Г. Б. Зевина
Кандидат биологических наук

Рисунки художника П. П. Кондакова

В течение трех последних десятилетий происходит перестройка фауны Каспийского моря в результате проникания в него многих новых форм и массового развития некоторых из них в новом ареале. Это преобразование фауны морского водоема — единственный в своем роде и неповторимый, колоссальный по масштабу эксперимент в природе.

Общая масса новых вселенцев в Каспийское море в настоящее время превышает массу аборигенов, хотя число новых видов (примерно 25) значительно меньше числа видов коренных «каспийцев» (518) и выражается в живом весе величиной порядка 15—20 млн. т. В планктоне, бентосе и обрастаниях соотношение вселенцев и аборигенов различное.

По масштабу процесс заселения Каспия новыми формами можно в какой-то степени сравнить с перестройкой фауны и флоры Австралии.

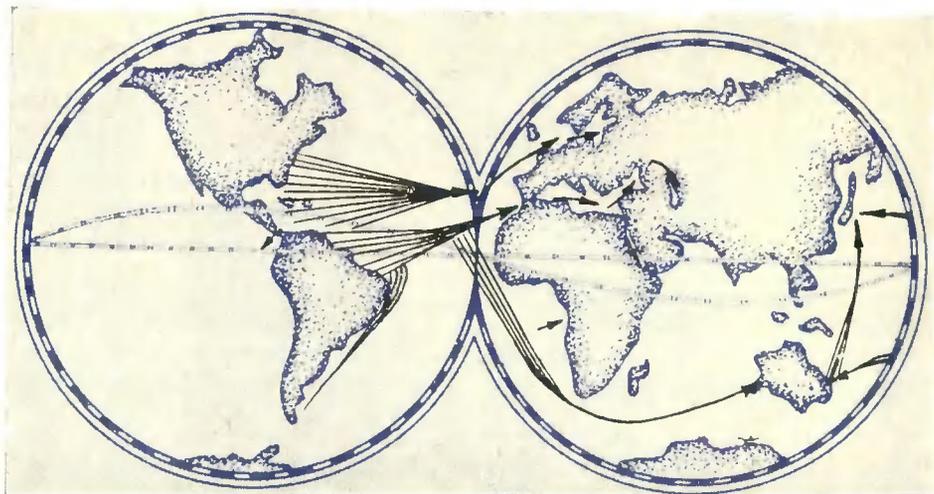
Вероятно, в этих двух процессах можно было бы установить много аналогий, особенно если рассматривать эти изменения в аспекте сравнительной биогеоценологии и биогеоценологических перестроек.

Для того чтобы правильнее оценить биологические события, происходящие на Каспийском море, надо помнить, что фауны — участники этих событий имеют особый экологический облик и особую историю формирования.

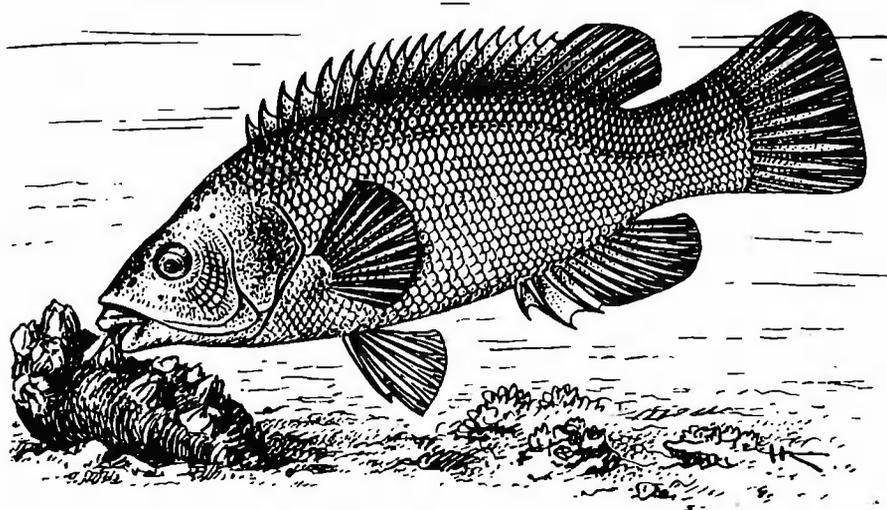
Каспийская фауна (иначе понтическая) — генетически морская (соленость 35‰), ведущая в какой-то мере начало от сарматской, подвергалась в течение миллионов лет качественному обеднению и переработке в сторону опреснения (в иные периоды еще более значительное, чем нынешнее: соленость — 12—13‰). В результате выработалась своеобразная реликтовая со-

лоноватоводная фауна, состоящая в основной части из ракообразных, моллюсков и рыб, а также отдельных представителей других групп (фораминиферы, черви, губки, кишечнополостные и мшанки). К этой фауне примешались выходцы из пресных вод и из далеких северных морей — также преимущественно рыбы и ракообразные солоноватых вод.

Таким образом, три наиболее характерные особенности каспийской фауны — крайняя избирательная обедненность качественного состава по сравнению с фауной морей, солоноватоводный и реликтовый облик и, наконец, смешанный характер современной каспийской фауны, в которой реликтовый каспийский комплекс составляет только часть. К этой фауне тройного генезиса присоединилось еще три десятка форм, проникших с запада, из Черного и Азовского морей. Эти при-



Предполагаемые пути расселения усконогого рачка *Balanus improvisus*



Таутога — рыба, пожирающая балаанусов

шельцы также неоднородны по экологическому облику. Большая их часть, например полихеты *Nereis* и *Mercierella*, ракообразные *Leander* и *Balanus*, моллюски *Mytilaster* и *Syndesmya* и ряд других, принадлежат к широко эвригалинным, типично морским, формам, одинаково хорошо чувствующим себя в морской воде нормальной солености, несколько повышенной (до 40—42‰) и очень сильно пониженной (до 5—10‰).

Из этих эвригалинных форм могут вырабатываться стеногалинные (живущие в узком диапазоне солености) солоноватоводные формы и без палеогеографической переработки. Таковы, например, крабы *Rhithropanopeus* и *Eriocheir* и медуза *Blackfordia*. Таким образом, среди новых вселенцев в Каспий имеются и широко эвригалинные формы и стеногалинные солоноватоводные. Эти последние не обитают в полносоленых морях и держатся в сильно опресненных зонах, а их транскаспийские путешествия совершаются при помощи кораблей, днища которых они обрастают.

Хотя широко эвригалинные формы могут существовать совместно с типично солоноватоводными, однако экспериментально между ними легко установить существенную разницу (см. табл. 1).

В таблице 2 дано перечисление новых для Каспийского моря животных и водорослей. Кроме них за последнее время обнаружено еще около 20 видов водорослей (зеленых, красных, бурых и диатомовых), которые также, по-видимому, можно считать вселенцами, но точных доказательств такого их происхождения пока нет.

Примеры акклиматизации-переселения и успешного развития животных и растений в новых для них районах известны давно. Они, конечно, имели место и до появления человека. Но с развитием культуры акклиматизация приняла целенаправленный характер. Это можно проследить хотя бы на примере изменения пресноводной, а отчасти и морской фауны. В СССР только за последние 15 лет (с 1948 по 1963 гг.), по данным Ихтиологической комиссии, осу-

Таблица 1

ВЫЖИВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ И НЕРЕИСА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СОЛЕНОСТЯХ

<i>Dreissena polymorpha v. marina</i>	××
<i>Dreissena polymorpha v. luviatilis</i>	×
<i>Dreissena polymorpha andrusovi</i>	××——
<i>Dreissena caspia</i>	××××××
<i>Adacna minima</i> в Каспийском море	××× ×××
<i>Adacna minima</i> в Аральском море	×××××
<i>Monodacna edentula</i>	×××××
<i>Didacna trigonoides</i>	×××××
<i>Didacna barbot-de-marni</i>	×××
<i>Mytilaster lineatus</i>	××××××××××——
<i>Cardium edule</i>	××××× ×××——
<i>Nereis diversicolor</i>	××××× ×× ××——
<i>Syndesmya ovata</i>	×××××××——

0 5 10 15 20 25 30 35 ‰

щественно 1500 пересадок рыб. В основном переселяли лососевых, карповых и осетровых. Кроме того, акклиматизировали большое количество кормовых и промысловых беспозвоночных — ракообразных, моллюсков и червей. В некоторых случаях с помощью пересадок достигнут большой промысловый эффект. Например, в Балхаше акклиматизированные рыбы (сазан, судак и лещ) составляют в настоящее время более 90% всех уловов.

Значительно усилилось и самостоятельное переселение водных организмов, или аутоакклиматизация. Это вызвано увеличением судоходства и строительством новых каналов, соединяющих океаны, моря и речные системы. За последние годы зарегистрированы сотни таких случаев. Однако почти всегда и при таких переселениях заметно влияние антропогенного фактора — перенос организмов на днищах судов в составе обрастаний или с балластной водой, проход их по каналам, нечаянный перенос побочных организмов вместе с акклиматизируемыми животными и т. д.

Соединение судоходными каналами Балтийского моря с Каспийским вызвало в прошлом веке переселение и развитие в Балтийском море ряда представителей Каспийской фауны: гидроида *Cordylophora*, моллюска *Dreissena* и ракообразного *Corophium*, причем *Cordylophora* была затем развезена кораблями по многим портам мира, где заселила участки с сильно опресненной водой.

Наиболее яркие примеры аутоакклиматизации за последнее время — это переселение на побережье Западной Европы усоного рачка эльминнуса, который в годы второй мировой войны перебрался сюда из Австралии на днищах судов. Брюхоногий моллюск рапана появился в Черном море в сороковых годах, проникнув сюда с Дальнего Востока. Путь этот он проделал также на днищах судов, как и эльминнус, но скорее всего на ранних стадиях своего развития, в виде кожистых коконов, наполненных яйцами, которые рапана прикрепляет к различным твердым предметам. Теперь рапана истребляет в Черном море



Моллюск дрейссена и гидроид кордилофора

Таблица 2

Новые для Каспийского моря растения, беспозвоночные и рыбы, вселившиеся в него за последние 50 лет

Группа и название	Год появления	Откуда проник	Форма вселения	Характер развития
Водоросли				
1. <i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	1934	Азовское или Черное моря	Случайное проникновение	Массовое
2. <i>Ceramium diaphanum</i>	1952	"	То же	"
Беспозвоночные				
1. <i>Mytilaster lineatus</i>	1920	Черное море	Перевезен с судами	"
2. <i>Leander adpersus</i>	1934	"	Переселен случайно	"
3. <i>L. squilla</i>	1934	"	"	"
4. <i>Nereis diversicolor</i>	1939—1940	Азовское море	Переселен человеком	"
5. <i>Syndeesmya ovata</i>	"	"	То же	"
6. <i>Balanus improvisus</i>	1954	Азовское или Черное моря	На днищах судов через Волго-Дон	"
7. <i>B. eburneus</i>	1956	Черное море	То же	Массовое в отдельных районах
8. <i>Podon polyphemoides</i>	1958	"	?	?
9. <i>Rhithropanopeus harrisi</i>	1958	Азовское или Черное моря	На днищах судов через Волго-Дон	Массовое
10. <i>Conopeum sewati</i>	1958	"	"	"
11. <i>Blac. fordia virginica</i>	1958	"	"	"
12. <i>Perigonimus megas</i>	1960	Азовское или Черное моря	С балластной водой на судах через Волго-Дон	"
13. <i>Mercierella enigmatica</i>	1961	"	"	Массовое в отдельных районах
14. <i>Barentsia benedeni</i>	1962	"	"	То же
Рыбы				
1. Камбала (глосса) <i>Pleuronectus flesus</i>	1930	Черное море	Переселен человеком	Единичное
2. Кефаль (сингиль) <i>Mugil auratus</i>	1930	"	То же	Массовое
3. Кефаль (остронос) <i>M. satiensis</i>	1930	"	"	"

Обрастание судна червем *Merctrella*

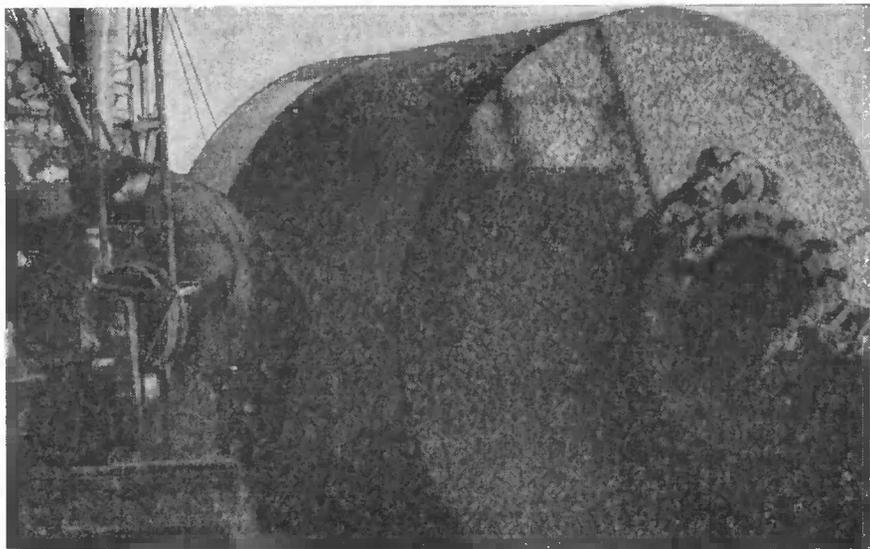
Фото П. Богородицкого

двусторчатых моллюсков — мидий, устриц и других, зато... туристы обогащаются сувенирами, увозя с собой ее крупные, красивые раковины с оранжевой подкладкой.

Однако ни в одном водоеме мира процесс заселения его новыми формами растений и животных не получал такого широкого и бурного развития, как в Каспийском море.

В тридцатых годах¹ нами были разработаны следующие теоретические обоснования переноса организмов из Азовского и Черного морей в Каспийское:

¹ Л. А. Зенкевич и Я. А. Бирштейн, О возможных мероприятиях по повышению производительных свойств Каспия и Арала. «Рыбное хозяйство СССР», 1934, № 3.



Буй, обросший баянусом

1. Для многих организмов фактический ареал, в котором они существуют, меньше потенциального ареала, в котором они могли бы существовать. 2. Каспийская фауна из-за неоднократно повторявшихся опреснений и осолонений моря в настоящее время сильно обеднена, в ней отсутствуют многие группы организмов, которые на данном этапе могли бы здесь обитать. 3. Каспийские животные обладают пониженным биотическим потенциалом по сравнению со средиземноморскими, что позволит последним образовывать в Каспии более плотные поселения, чем у аборигенов, и даже более плотные, чем в своем исходном ареале.

Эти теоретические предпосылки полностью подтвердились практикой. Действительно, мы неоднократно потом наблюдали, как вселенцы из Азовского и Черного морей давали в Каспийском море колоссальную вспышку массового развития.

Первые известные нам переселенцы обосновались в Каспии в хвалынскийское время, проникнув сюда через Кумо-Манычскую впадину. Это моллюск кардиум (*Cardium edule*), водоросль zostера (*Zostera marina*), червь фабриция (*Fabricia sabel-la*) и рыба атерина (*Atherina moschen*). Все они сейчас играют значительную роль в жизни моря.

Второй этап вселения в Каспий — это случайный занос в начале нашего века таких организмов, как одноклеточная планктонная водоросль ризосоления (*Rhizosolenia*), моллюск мтилястер (*Mytilaster lineatus*), два вида креветок-леандеров (*Leander adspersus* и *L. squilla*).

Мтилястер переселился в начале 20-х годов на днища катеров, которые по железной дороге перебросили из Черного моря в Каспий.

Каким образом попала в Каспий ризосоления — неизвестно, возможно, ее занесли с водой при перевозке кефали в самом начале 30-х годов из Азовского моря, а может быть, ее принесли сюда водоплавающие птицы. Впервые она была обнаружена здесь в 1934 г. в юго-восточной части моря.

Креветок занесли вместе с рыбами, когда акклиматизировали кефаль.

Самый большой наплыв вселенцев наблюдался последние 10—15 лет, после открытия в 1954 г. Волго-Донского канала, соединившего Каспийское море с Черным и Азовским, когда более двух десятков видов животных и водорослей на днищах судов или вместе с балластной водой проникли в Каспий. Некоторые из них быстро размножились и расселились по всему морю, другие обосновывались лишь в отдельных районах и не дали массового развития.

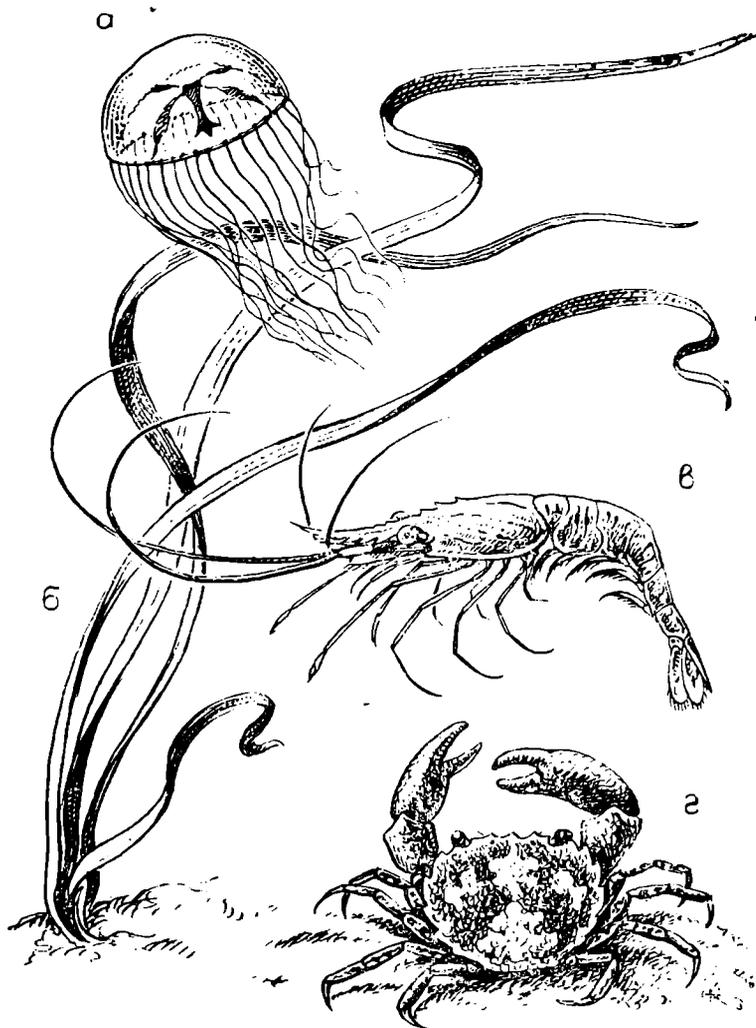
Среди этих аутоакклиматизировавшихся видов особенно большое значение для Каспия приобрели два вида усоногих раков баянусов, (*Balanus improvisus* и *B. eburneus*), мшанка *Coporeut*, многощетинковый червь *Merctrella*, краб *Rhithroranoreus*, медуза *Blackfordia* и некоторые другие.

Переселиться по Волго-Донскому каналу смогли далеко не все организмы Черного и Азовского морей. Переселенцу нужно было прежде всего выдержать пребывание в пресной воде канала, которое длилось от нескольких дней до месяца. Только животные, обладающие специальными защитными приспособлениями (известковыми домиками, раковинами, трубками, защитными оболочками на ранних стадиях развития), могут пробыть длительное время в пресной воде. Но даже пройдя через этот барьер, в новом водоеме организм сразу сталкивается со множеством опасностей. Помимо непосредственных врагов и конкурентов, огромное значение имеют химические и физические свойства среды. Для сидячих организмов решающее значение имеет также возможность образовать сразу густые поселения, так как иначе затрудняется перекрестное оплодотворение. Поэтому первые колонии образуются в небольших бухтах, гаванях, портах, чему способствует и местное, каботажное судоходство. Таким образом, прежде всего в новом море заселяются порты, а потом уже вокруг них расширяются пятна поселений.

Чаще всего переселяются виды, способные выносить широкий диапазон условий (различную соленость, температуру, содержание кислорода и т. д.). Такие виды лучше всего

Значение вселенцев (в г/м³ и в %) в бентосе разных районов Каспийского моря (по данным Романовой и Осадчих, 1965 г.)

Организмы	Северный Каспий		Средний Каспий				Южный Каспий	
	Аборигены	Вселенцы	Зап. побер.		Восточн. побер.		Аборигены	Вселенцы
			Аборигены	Вселенцы	Аборигены	Вселенцы		
Моллюски	30,5	30,8	34,6	206,6	54,5	88,7	0,1	32,4
Черви	5,3	3,2	2,6	3,5	2,0	0,6	0,2	0,4
Ракообразные	5,7	—	7,7	8,9	13,4	5,8	0,2	1,7
Прочие	0,4	—	0,6	—	0,3	—	1,3	—
Общая биомасса	41,9	34,0	45,5	219,0	69,9	99,9	1,9	34,5
% отношения	53	47	17	83	42	58	5	95

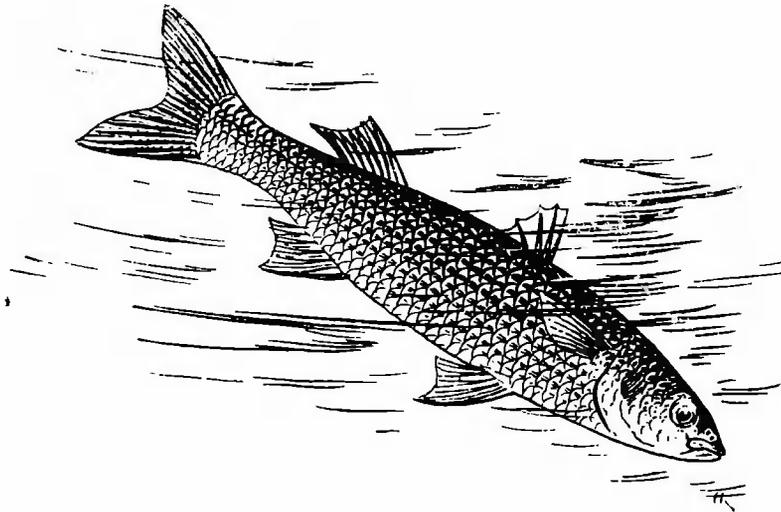


Вселенцы в Каспийское море: а — медуза бланфордия; б — зостера; в — креветка-леандер; г — краб-ритропанореус

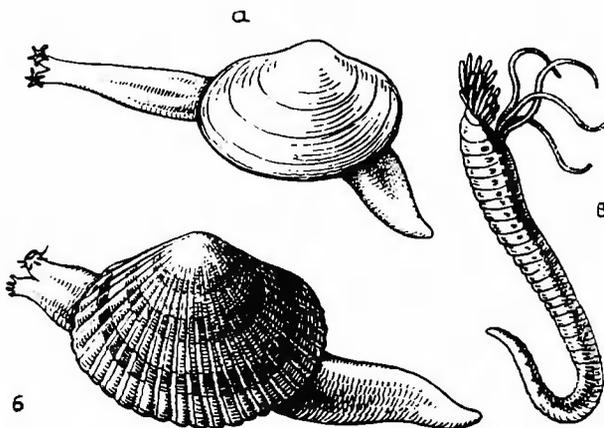
Таблица 4

Средняя биомасса в (г/м²) обрастания свай эстакады в г. Изберге

Организмы	1951 г.	1953 г.	1955 г.	1956 г.	1958 г.	1966 г.
Аборигены						
<i>Cordylophora</i>	737	219	1487	167	61	—
<i>Corophiidae</i>	18	—	2727	—	331	—
<i>Victorella</i>	—	—	—	—	—	77
Вселенцы						
<i>Mytilaster</i>	3347	2289	2577	7625	4765	8460
<i>Balanus</i>	—	—	—	358	4985	5143
<i>Rhithropanopeus</i>	—	—	—	—	—	202
<i>Conopeum</i>	—	—	—	—	—	45
<i>Perigonimus</i>	—	—	—	—	—	7
Общая биомасса	4102	2503	6791	8160	10152	13939



Кефаль



Рекомендуемые вселенцы: а — маном; б — монодакна; в — меллина

приспособлены к аутоакклиматизации. Не случайно большинство каспийских вселенцев проделало до этого сложный путь, пройдя через много морей и океанов. Например, краб *Rhithropanopeus* жил у берегов Америки, откуда он на днищах судов переехал на побережье Голландии, затем в Балтийское, Черное, Азовское и, наконец, в Каспийское море. Баланус (*Balanus improvisus*) обитал, по-видимому, вначале также у побережья Америки, затем переселился на берега Европы, а за последние 10—20 лет попал с кораблями в Австралию и Японию.

Червь *Mercierella enigmatica* тоже сравнительно недавно появился в самых разных частях Мирового океана. Родина его, по-видимому, Индия, но сейчас он встречается по побережьям Атлантического, Индийского и Тихого океанов, в Средиземном, Черном, Азовском, а с недавних пор и в Каспийском море.

Вселенцы в Каспийское море (*Balanus eburneus*, *Perigonimus megas*, *Barentsia benedenti* и другие), также, по-видимому, не новички по части переселенцев.

Проникание в Каспийское море более поздних вселенцев вызвало огромную перестройку биоценозов планктона, бентоса и nekтона, последнего — главным образом по линии трофических связей.

Новые вселенцы вступают с аборигенами в самые разнообразные биологические отношения. Так, например, полихета нерпе развилась в огромном множестве и, по-видимому, ни с кем не вступила в острую конкуренцию. Она питается детритом, содержащимся в грунте и никак до сих пор в Каспии не используемым. Не нашел массовых конкурентов и моллюск синдесмия. Подобного типа акклиматизация была пазвана акклиматизацией внедрения¹.

Совсем другой результат дала аутоакклиматизация моллюска митлястера. Он вытеснил два вида, сходных с ним экологически, моллюсков рода дрейссена (*Dreissena*

¹ Л. А. Зенкевич. Об акклиматизации в Каспийском море новых кормовых (для рыб) беспозвоночных и теоретические к ней предпосылки. «Бюлл. МОИП», отд. биологич., 1940, № 1.

alata и *D. caspia*), полностью исчезнувших из Каспия (акклиматизация вытеснения)¹. Результаты развития в Каспии всех остальных новых форм могут быть расположены между этими двумя крайними случаями.

Воздействие новых вселенцев сказалось на всех группах флоры и фауны Каспийского моря.

Перестройка планктона Каспийского моря началась со вселения диатомовой водоросли *Rhizosolenia calcicavis*, появившейся в Каспий в начале тридцатых годов. Уже в 1934 г. она дала огромную вспышку в юго-восточной части моря и в последующие годы прочно вошла в состав местного фитопланктона. В какой-то степени она потеснила популяцию другой диатомовой водоросли — *Exuviella*, доминировавшей до этого в фитопланктоне. Между этими двумя формами имеется одна существенная разница. Экзувиеллой питаются многие организмы планктона, а ризосолениию почти никто в пищу не употребляет. Это сорная форма.

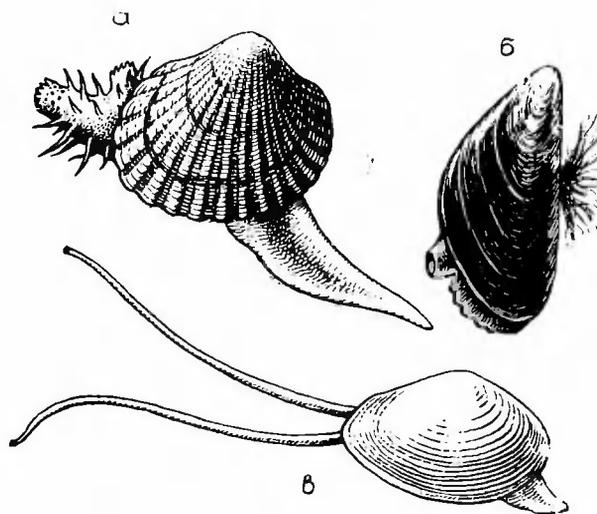
До вселения новых форм планктон Каспийского моря имел явно незаполненный характер. В нем отсутствовали радиолярии — самая характерная группа морского планктона и обычные в морском планктоне компоненты — медузы, сифонофоры, сальпы, эвфаузииды и некоторые другие группы животных. Очень слабо был представлен меропланктон (личинки донных животных). В настоящее время состав планктона несколько пополнился.

В планктоне открытых частей моря стало много почти совершенно бесполезных организмов вроде ризосолении и медузы блакфордии, а в прибрежных районах в теплое время года — личинок вселенцев, особенно митилястера, баянуса и синдесмии. В некоторых случаях эти животные составляют более 90% планктона.

Количество личинок, отрождаемых некоторыми вселенцами, очень велико. Например, баянусы раз-

Значение вселенцев в обрастаниях в 1962 г.

	Обрастания буев						Обрастания судов	
	Северный Каспий		Юго-запад. Каспий		Восточный Каспий			
	Биом. (в г/м ²)	%	Биом. (в г/м ²)	%	Биом. (в г/м ²)	%	Биом. (в г/м ²)	%
Аборигены	593	6,3	5	0,06	532	19	—	—
Вселенцы	8362	93,7	7928	99,9	2221	81,3	8625	100
Общая биомасса	8955	100	7933	100	2753	100	8625	100



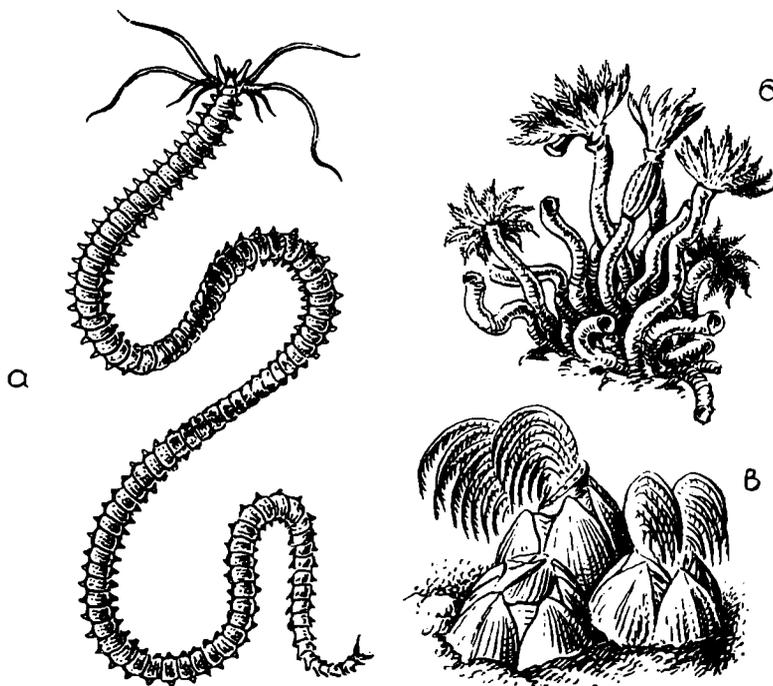
Кардиум (а), митилястер (б), синдесмия (в)

Таблица

Средняя биомасса организмов обрастания буев в Северном Каспии в г/м²

Организмы	1953 г.	1958 г.	1960 г.	1962 г.	1963 г.
Водоросли	143	213	192	256	253
Дрейссена	354	725	344	428	1
Митилястер	164	2	338	13	24
Гидроиды	130	1177	1033	1857	1184
Корофиды	119	156	41	—	—
Гаммариды	1	18	—	0,2	—
Баянусы	—	9397	5522	10476	7701
Краб	—	—	11	33	44
Конопеум	—	—	—	—	1
Общая биомасса	911	11 688	7541	13 033	9208

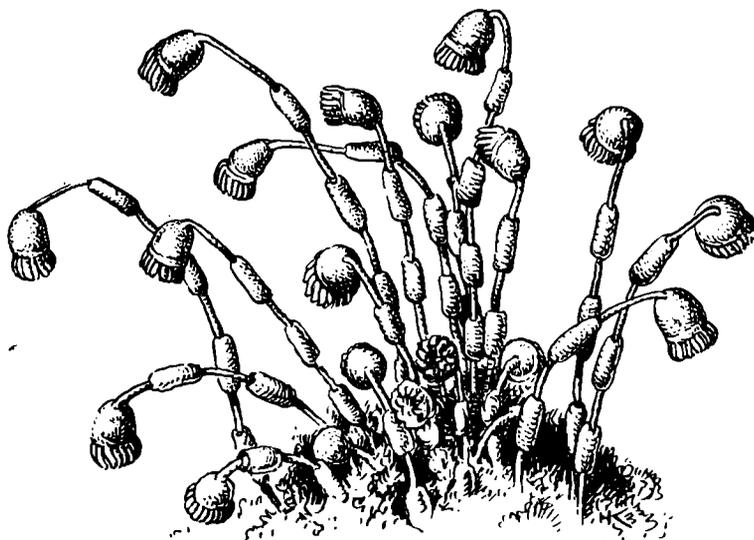
¹ Б. М. Логвиненко. Об изменениях в фауне каспийских моллюсков рода *Dreissena* после вселения *Mytilaster lineatus*, «Научн. докл. высш. школы. Биол. науки», 1965, № 4.



Нереис (а), мерпнерелла (б), балланус (в)

множаются в Каспии 3—4 раза в год, продуцируя за это время по 40 тыс. личинок. Число баянусов в этом море в настоящее время достигло порядка $2 \cdot 10^{11}$, а следовательно, общее число личинок, выметываемых ими, около $8 \cdot 10^{14}$.

Митилистер дает еще больше личинок. Он размножается почти круглый год. Сколько раз за сезон размножения производится вымет яиц неизвестно, но, вероятно, не менее трех раз. Среднее число яиц у одного экземпляра — около 100 тыс.



Баренция

за один раз. Общие запасы митилистера в Каспии огромны, не менее 30 тыс. *t*. Количество личинок, отрождаемых митилистером, можно определить цифрой $5 \cdot 10^{18}$.

Если подсчитать число личинок и других вселенцев — краба, спидесмии, полихет, мшанок, то получатся астрономические цифры. К сожалению, эти запасы пищи используются в Каспийском море еще крайне недостаточно. Сейчас, кроме личинок некоторых рыб, этими животными питаются в основном килька и атерина — рыбы малоценные в промышленном отношении.

Таким образом, аутоакклиматизация в Каспии принесла значительный вред, но могла бы приносить и пользу, если бы огромные запасы личинок вселенцев использовались в качестве корма ценными породами рыб.

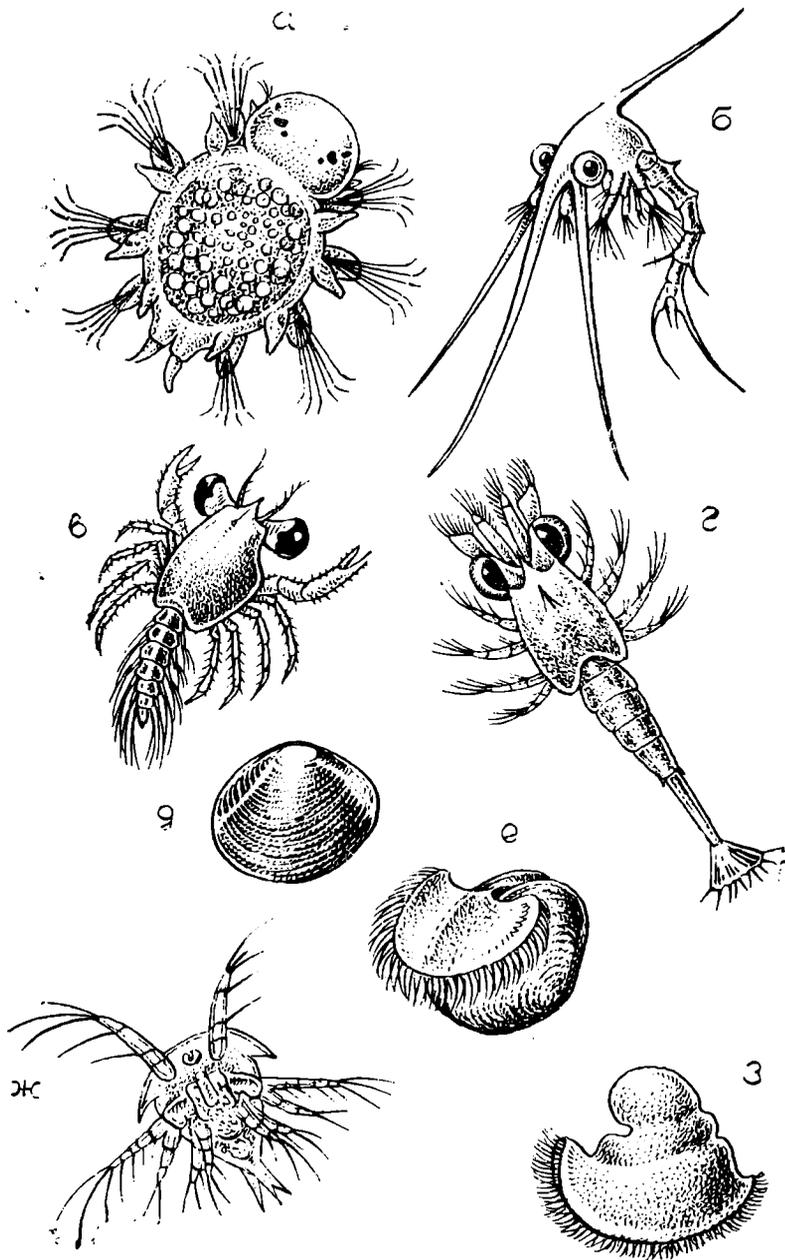
Столь же существенны изменения, происшедшие в донной фауне Каспия, причем наибольшее значение имеют здесь из ракообразных *Balanus*, червь *Nereis* и моллюски *Myltilaster* и *Syndesmya* (см. табл. 3).

Вселенцы-моллюски играют особенно большую роль у западного побережья Северного Каспия и в южной части моря, а нереис составляет почти половину всех червей в Северном Каспии и у западного его берега.

Особенно ярко выступает преобладание вселенцев в донной фауне у дагестанского побережья, где, по данным Г. А. Алигаджиева (1960), они особенно сильно размножились: нереис, митилистер, спидесмия и баянус составляют около 69% общей массы донной фауны, а местная фауна — всего около 31%.

Очень характерна роль вселенцев в обрастаниях. До их появления обрастание подводных предметов животными в Каспийском море было выражено слабо и состояло в основном из гидроида кордилофоры и трубочек ракообразного корифума.

Сейчас в обрастаниях Каспия вселенцев около 90%. Здесь преобладают такие виды, как митилистер, баянус, полихета - мерциерелла,



Личинки вселенцев: а — личинка нерояса; б — зоеа краба; в — мегалопа краба; г — личинка креветки-леандер; д — личинка митилястера; е — личинка синдесмии; ж — науплию баллнуса; з — личинка мшанки-конопеум

краб и мшанка-конопеум (см. табл. 4, 5).

Только в очень загрязненных и сильно опресненных районах аборигены сохранили в обрастаниях господство. В опресненных районах преобладают моллюск дрейсена и гидрод кордилофора, а при сильном загрязнении — мшанка бовербакки.

Все виды, проникшие самостоятельно через Волго-Донской канал, сорные. Некоторые из них, например баянусы, мшанки, полихета *Mercierella*, приносят значительный вред, обрастая днища судов, подводные гидротехнические сооружения, морские водоводы. После вселения их в Каспий обрастания в нем увеличились во много раз (см. табл. 6).

Обрастания на корпусах судов снижают скорость, увеличивают расход горючего, усиливают коррозию металлов в морской воде и т. д. Для защиты от обрастания приходится применять специальные краски и другие меры, что обходится довольно дорого.

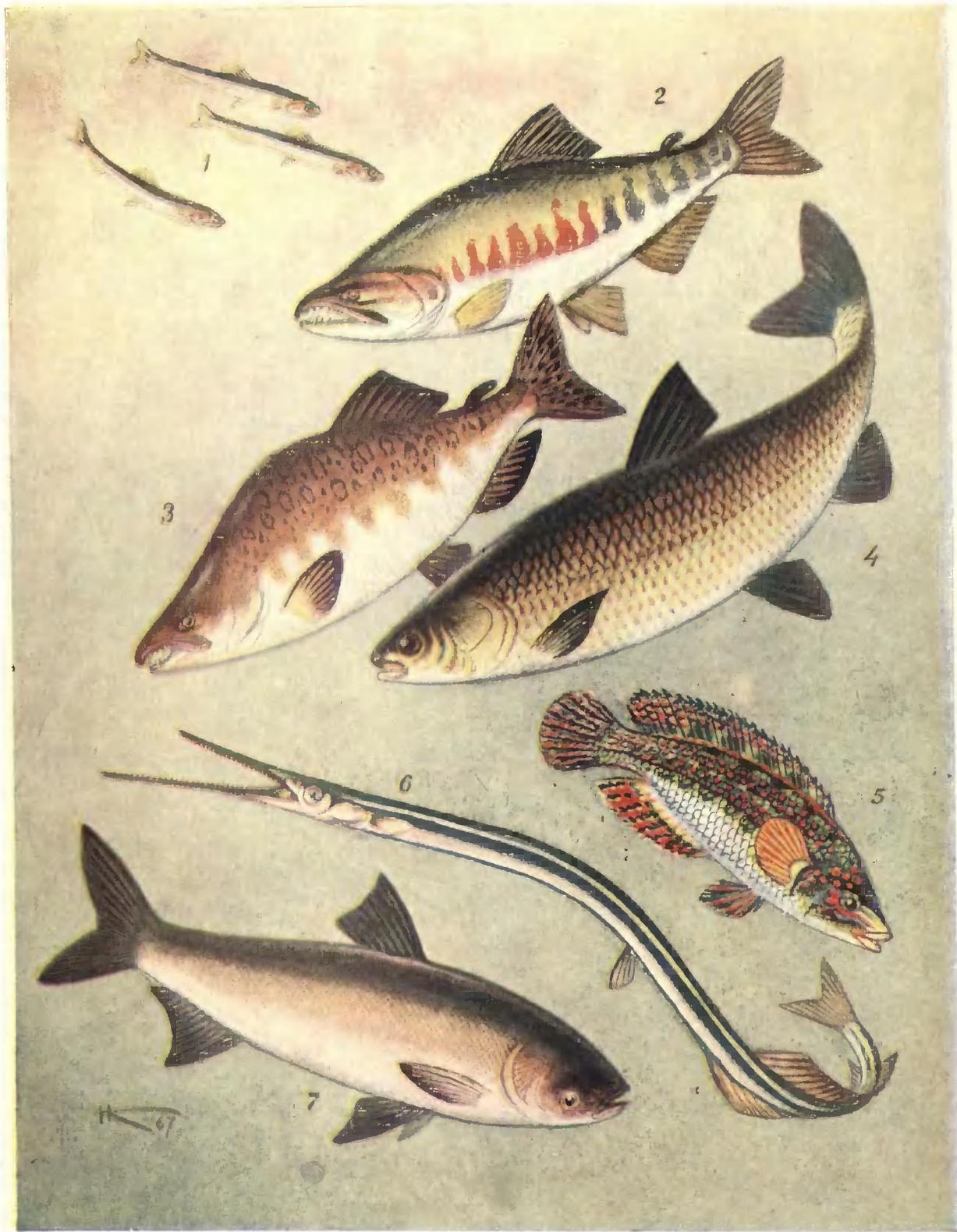
Правда, обрастатели приносят и некоторую пользу. Так, крабом питаются крупные бентосоядные рыбы, в том числе и осетровые. А личинок многих обрастателей поедают планктоноядные рыбы.

Значительно слабее планктона и донной фауны выражено развитие чуждых фауне Каспия рыб. Случаев аутоакклиматизации рыб в результате проникания через канал не констатировано.

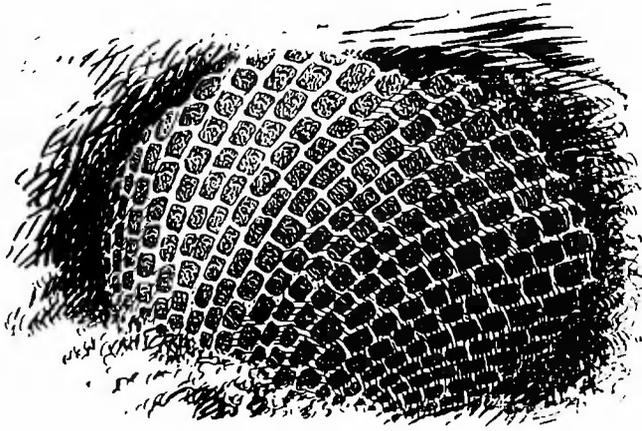
В начале тридцатых годов в Каспий были перевезены два вида кефалей (сингль и остронос), а также камбала-глосса.

Камбала в Каспии прижилась плохо и встречается в нем сейчас очень редко, но, может быть, это к лучшему, так как камбала питается бентосом и в этом отношении могла бы стать конкурентом осетровых рыб.

Оба вида кефалей акклиматизировались успешно и, начиная с 1940 г., уже стали служить объектом промысла. В районе Азербайджана добывается сейчас около 3 тыс. этих рыб в год; довольно много кефалей ловится и у восточного берега моря. В последние годы во всем ор:



1 — хамса, 2 — вета, 3 — горбуша, 4 — белый амур, 5 — зеленушка, 6 — сарган, 7 — толстолобик



Мшанка конопеум

их вылавливается до 10—15 тыс. т в год. При усовершенствовании орудий и способов лова количество вылавливаемой кефали может быть увеличено еще в 2—3 раза.

Каспийское море—одно из самых продуктивных наших морей. В начале века оно занимало первое место по вылову рыбы, но затем развившееся рыболовство на северных и дальневосточных морях и в различных районах Мирового океана оттеснило его на третье место.

За последние десятилетия уловы значительно снизились. Кроме того, сейчас ловится меньше ценной рыбы,

такой, как лососевые, осетровые, карповые, а все больше рыб малоценных пород, например каспийской кильки. Уловы осетровых в 1960 г. по сравнению с 1936 г. стали меньше в 2 раза, лососевых — в 100 раз, а вылов кильки увеличился в 35 раз. Эти цифры говорят о необходимости самых срочных мер по восстановлению и увеличению запасов ценных рыб Каспия. Наряду с такими мерами, как строительство новых рыбозаводов, которые должны выпускать большое количество мо-

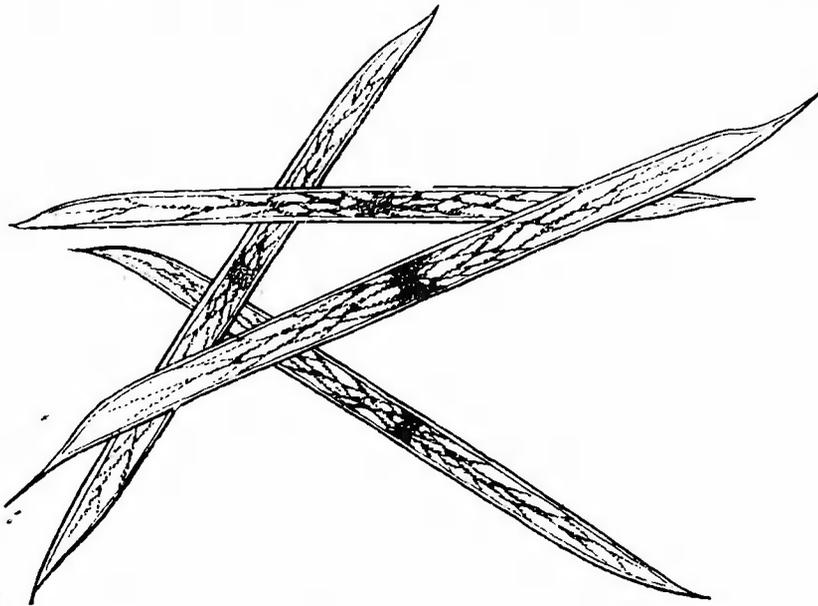
лоди промысловых рыб, упорядочение лова, повышение продуктивности может быть вызвано и путем акклиматизации ценных пород рыб и кормовых для них беспозвоночных, а также хищных форм, препятствующих развитию сорных рыб и сорных беспозвоночных.

Первые шаги в этом направлении уже сделаны. Работы были начаты в тридцатых годах кафедрой зоологии беспозвоночных МГУ, ВНИРО и некоторыми другими организациями.

Акклиматизация животных и растений ставит задачу прежде всего получить полезный хозяйственный эффект. Для этого необходимо знать биологию организма, подлежащего переселению, и его потенциальные возможности в новом водоеме. Необходимо хорошо представлять себе не только физико-химические условия среды, но и биотические условия возможных конкурентов, паразитов и т. д. Некоторые попытки акклиматизации в конце прошлого и в начале нашего века ряда полезных организмов — устриц, мидий, хамсы, барабули, калкана — не удалось из-за неправильно выбранного объекта для акклиматизации или неудачной их перевозки.

Изучение питания бентосоядных рыб в Каспийском море, в первую очередь осетровых, показало, что кормовые запасы используются ими очень интенсивно и что они плохо обеспечены пищей. Поэтому после длительного исследования биологии и паразитофауны кормовых для рыб организмов Черного и Азовского морей для переселения были выбраны червь nereis и моллюск синдесмия, способные прижиться в новых для них условиях и имеющие высокую кормовую ценность. Калорийность nereis в несколько раз выше калорийности каспийских кормовых организмов. Синдесмия с ее тонкой раковинкой тоже может быть прекрасно использована большинством бентосоядных рыб.

В 1939—1940 гг. nereis и синдесмию перевезли из Азовского моря в Каспий. Nereis удивительно быстро освоился в новом водоеме. Уже через 5—6 лет он распростра-



Планктонная водоросль ризосоления

нялся по всему морю, стал давать большую биомассу — его неоднократно находили в желудках большинства рыб, особенно осетровых.

О синдесмии долгое время после пересадки ничего не было известно. Поэтому в 1947—1948 гг. ее переселили повторно. Первые сведения о ней поступили в 1955 г., а затем она уже стала расселяться в быстром темпе, и теперь, так же как и нерес, служит одним из основных кормовых объектов в Каспийском море. Синдесмия и нерес теперь главная пища осетра. Самое большое место нерес занимает в питании севрюги. Отмечено, что после его вселения увеличилась жирность питающихся им видов рыб.

Вселение нереса и синдесмии значительно обогатило кормовую базу бентосоядных рыб. Сейчас уже нет таких напряженных конкурентных отношений, которые до этого наблюдались в Каспии. Бентос мог бы прокормить еще большее количество рыб. Однако вселять новые виды бентосоядных рыб пока не следует. Лучше увеличивать запасы осетровых, что вполне возможно, если построить новые рыбозаводы и принять необходимые меры по охране их стад. Тогда кормовой бентос будет полностью использоваться наиболее ценными рыбами. Кроме того, можно увеличить количество и пищевую цепность каспийского бентоса путем вселения некоторых беспозвоночных животных: моллюсков — монодакны (*Monodonta colorata*) и макамы (*Macoma baltica*) и червя мелины (*Melinna* sp.) из Азовского, Балтийского и Черного морей.

Большие запасы планктона, и в первую очередь личинок обрастателей, позволяют расширить количество планктоноядных рыб.

Т. С. Расс¹ предложил переселить из Азовского моря камсу (анчоуса), которая питается планктоном. Опыты, проведенные еще в тридцатые годы по инициативе А. П. Александрова, показали, что камса может жить и размножаться в каспийской воде. Высокие пищевые качества, жирность, скороспелость и массовость делают эту рыбу желанным вселенцем в Каспийское море. Кроме того, она поможет уменьшить численность баянуса и ризосолении, засоряющих этот водоем.

Т. С. Расс (1965) предложил также акклиматизировать в Каспийском море хищную рыбу — саргана, живущую в Азовском и Черном морях. Сарган питается мелкой рыбой. В Каспии он может использовать местную кильку и атерину. Молодь саргана будет уничтожать личинок обрастателей. Самого же саргана можно употреблять для изготовления высококачественных консервов.

Для уменьшения количества баянусов Н. И. Тарасов² советовал переселить в Каспий рыб, которые могли бы ими питаться — зеленушку, таутогу и других, но пока неясно, смогут ли эти рыбы прижиться в Каспийском море. Очевидно, численность баянусов и других обрастателей будет со временем сама по себе уменьшаться, как это происходит и с другими вселенцами под влиянием хищников и паразитов³. Так, например, у баянусов в Каспии обнаружено грибокковое заболевание, поражающее яйцевые пла-

¹ Т. С. Расс. Рыбные ресурсы европейских морей СССР и возможности их пополнения акклиматизацией. Изд-во «Наука», 1965.

² Н. И. Тарасов. Рыбы балаифаги. Природа, 1958, № 9.

³ Л. А. Зенкевич. Об акклиматизации в Каспийском море новых кормовых (для рыб) беспозвоночных и теоретические к ней предпосылки. «Бюлл. МОИП, отд. биологии, 1940, № 1.

стины, которое несомненно уменьшит численность этого рачка.

Интересно предложение А. Н. Державина вселить в Каспий таких ценных дальневосточных рыб, как кета и горбуша. Большое внимание заслуживают также растительноядные рыбы — белый амур и толстолобик, рекомендованные к вселению А. Ф. Каревича и С. Н. Дорошевым. Эти рыбы могут найти благоприятные для себя условия в устьях рек, северной части моря, Кызыл-Агачском заливе и некоторых других районах.

Происходящей уже почти в течение полувека перестройке фауны Каспийского моря необходимо уделить самое пристальное внимание, чтобы она действительно могла дать наиболее выгодный для народного хозяйства эффект.

Прежде всего нужно преградить дорогу бесконтрольному проникновению в Каспий новых нежелательных форм через Волго-Донской канал. Акклиматизация в Каспии новых форм должна предшествовать всесторонней оценке полезности нового объекта и возможного его отрицательного воздействия на фауну водоема. Среди новых вселенцев могут быть виды, непосредственно полезные человеку в качестве пищевых объектов или еще для каких-нибудь других целей, но должны быть среди них и такие, которые могут обеспечить уменьшение численности сорных или вредных форм. Целесообразно вселение новых — кормовых для рыб — беспозвоночных. Наконец, для экологии перестройки фауны Каспия — ценнейший и единственный в своем роде объект биоценологических исследований. В целом же — это задача сохранения и увеличения рыбных ресурсов в нашем величайшем озере-море.

УДК 639.304.5

ЭВОЛЮЦИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ

Член-корреспондент АН СССР
Д. И. Блохинцев

П. С. Исаев
Кандидат физико-математических наук

Физическое понятие «поле» претерпело значительное развитие от момента возникновения до сегодняшнего дня.

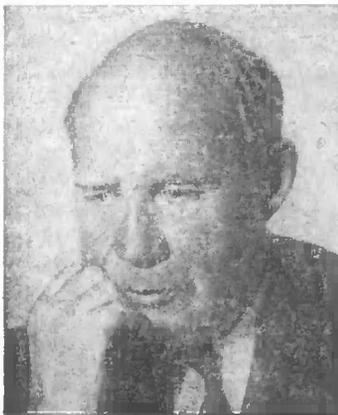
Со времени Ньютона господствовало мнение, что сила тяготения между двумя телами является далекодействующей и передается через эфир. Так же объяснялись притяжение и отталкивание электрических

и магнитных зарядов в электростатике и магнитостатике. Понятие эфира не наполнялось никаким конкретным физическим содержанием.

Впервые понятием поля пришлось воспользоваться при объяснении опытов Эрстеда по исследованию влияния электрического тока на магнитную стрелку (1820 г.) и опытов Фарадея, в которых было открыто

явление электромагнитной индукции (1831 г.).

«... Потребовалось большое научное воображение, чтобы уяснить себе, что не заряды и не частицы, а поле в пространстве между зарядами и частицами существенно для описания физических явлений...» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд, «Эволюция физики», 1956 г., стр. 234–245). Из опытов Эрстеда и Фарадея следовало, что



Дмитрий Иванович БЛОХИНЦЕВ — директор Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований (Дубна), автор известных работ по теории полупроводников, методике расчета атомных реакторов, квантовой теории поля и теории элементарных частиц, автор монографии «Акустика движущихся сред» и широко известного учебника «Основы

квантовой механики». С 1956 по 1965 г. был первым директором ОИЯИ. Президент Международного союза чистой и прикладной физики при ЮНЕСКО (ИЮПАП). Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий.

В январе 1968 г. Д. И. Блохинцеву исполнилось 60 лет. Редакция «Природы» шлет Дмитрию Ивановичу свои сердечные поздравления.



Петр Степанович ИСАЕВ — старший научный сотрудник Лаборатории теоретической физики ОИЯИ. Его первые работы были посвящены расчету электронно-фотонного ливня в различных средах и получили практическое применение. Известны его работы по проверке квантовой электродинамики на малых расстояниях. В последнее время опубликован цикл работ по вопросам теории сильных взаимодействий л-мезонами с л-мезонами, К-мезонами и пуклонами.

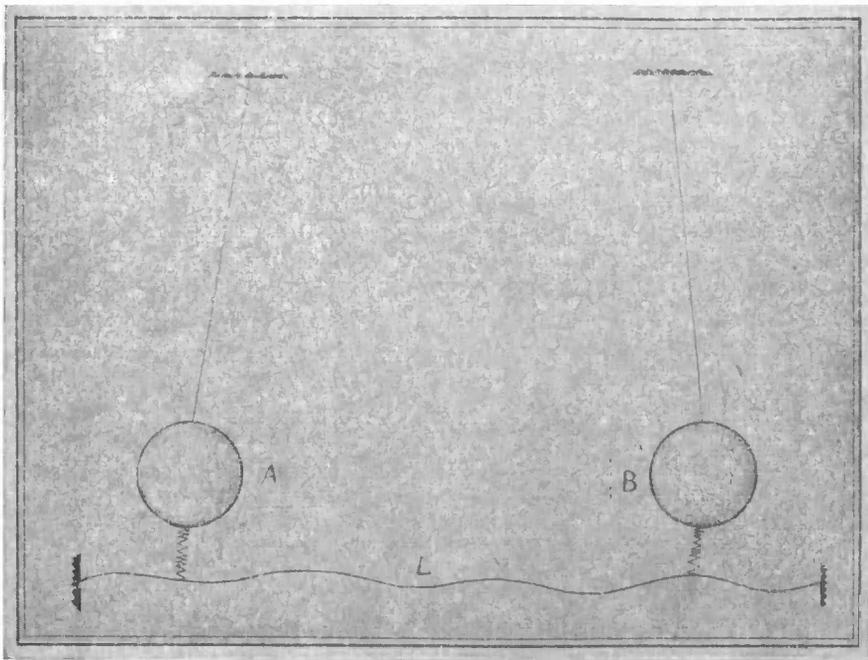


Рис. 1. Два электрона изображены в виде маятников А и В, электромагнитное поле изображено в виде струны, способной совершать различные колебания. Маятник А (электрон) раскачивает струну L (поле). Струна (поле), в свою очередь, раскачивает другой маятник В (другой электрон). Так осуществляется взаимодействие двух электронов через поле

изменение электрического поля вызывает изменение магнитного поля и, наоборот, изменение магнитного поля приводит к изменению электрического поля. Количественная формулировка этих изменений и структура электрического и магнитного полей были даны в уравнениях Максвелла. Однако из этих уравнений вытекало и нечто большее. Из них следовало, что электромагнитное поле может существовать самостоятельно, независимо от присутствия зарядов, что оно должно распространяться в пространстве с конечной скоростью и обладает энергией.

В 1886—1889 гг. Герц доказал существование электромагнитных волн, распространяющихся со скоростью света.

Дальнейшие исследования по электромагнетизму раздвоились: первое направление пошло по пути технического применения научных достижений и привело к современной электротехнике, радиотехнике, телевидению и т. д., без которых уже немыслима жизнь цивилизованного общества, а второе, которому и посвящается вся остальная часть статьи, пошло по пути все более глубокого научного исследования природы элект-

ромагнитного поля и электромагнитных явлений вообще.

Уравнения Максвелла были записаны Г. А. Лоренцем в дифференциальной форме таким образом, что могли быть использованы для описания движения не только электромагнитных волн, но и движения электрона и его взаимодействия с электромагнитным полем. Из этих уравнений следовало, что движущийся электрон излучает электромагнитное поле. Поле излучения электрона может быть записано в виде суперпозиции (наложения) плоских волн, которые характеризуются своими длинами волн λ . Здесь имеется полная аналогия со случаем спектра собственных колебаний струны длиной L , закрепленной на концах. Она также имеет бесконечно большой, но дискретный спектр собственных колебаний, каждое из которых характеризуется определенной длиной волны. Взаимодействие двух электронов между собой может теперь описываться как обмен полями излучения этих электронов (рис. 1).

Движущийся электрон излучает электромагнитное поле, которое в свою очередь влияет на движение заряда. Электрон и его собственное

поле находятся в непрерывном взаимодействии (рис. 2). Если скорость электрона мала, то электромагнитное поле излучения электрона будет очень близким к статическому полю заряда. Вся энергия, заключенная в электростатическом поле электрона, по своей природе подобна обыкновенной кинетической энергии электрона, и эти две энергии нельзя отличить никакими способами. В силу этого Абрагам предположил, что вся масса электрона есть масса электромагнитного происхождения. Из теории следовало, что масса электрона

$$m = \frac{e^2}{rc^2}, \quad (1)$$

где c — скорость света, e — величина электрического заряда, а r — радиус электрона. Величины m , e и c к тому времени были известны. Таким образом, для радиуса электрона r_0 получаем величину

$$r_0 = \frac{e^2}{mc^2} = 2,82 \cdot 10^{-13} \text{ см.} \quad (2)$$

Постоянная r_0 называется классическим радиусом электрона. Однако свести всю массу электрона к значению энергии его поля излу-

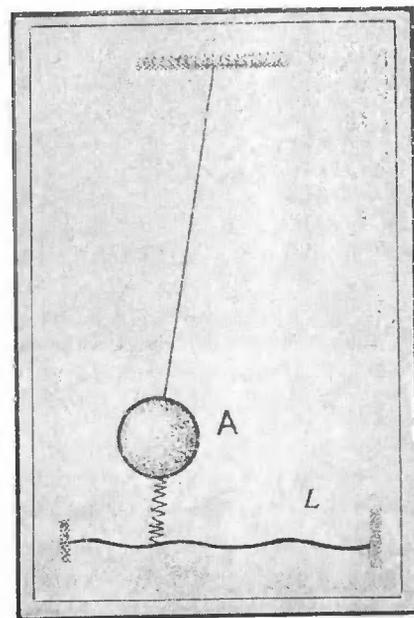


Рис. 2. Маятник А (электрон) раскачивает струну L (поле). Струна (поле), в свою очередь, действует на маятник (электрон). В процессе взаимодействия электрона с собственным электромагнитным полем возникает собственная электромагнитная энергия (или масса) электрона

чения невозможно из-за противоречий, возникающих в теории. Во-первых, допущение, что электрон имеет размеры, противоречит свойствам, связанным с преобразованиями теории относительности. Согласно этой теории, при переходе от неподвижного к движущемуся электрону и он сам, и его поле начинают сильно деформироваться и для обеспечения стабильности электрона необходимо ввести дополнительные внешние силы неэлектромагнитного происхождения. Отсюда концепция электромагнитного происхождения всей массы электрона оказывается внутренне противоречивой.

С другой стороны, допущение, что электрон имеет точечные размеры, ведет к бесконечно большому значению массы электрона:

$$m = \frac{e^2}{c^2} \cdot \frac{1}{r} \rightarrow \infty, \text{ если } r \rightarrow 0$$

Это противоречит тому факту, что масса электрона конечна.

Ни первая, ни вторая трудности не преодолены до сих пор.

Имелись еще некоторые явления, которые не могли быть объяснены классической теорией электромагнитного поля. Сюда относятся, например, спектр излучения черного тела («ультрафиолетовая катастрофа») и удельная теплоемкость твердых тел при низкой температуре. Эти трудности были преодолены после того, как М. Планк (1900 г.) выдвинул свою знаменитую гипотезу о том, что электромагнитное поле излучается и поглощается квантами, т. е. дискретными порциями. Энергия кванта ϵ полагалась равной:

$$\epsilon = h\nu, \quad (3)$$

где h — постоянная Планка, а ν — частота кванта. На основании этой гипотезы Планк объяснил спектр излучения черного тела, а Эйнштейн и Дебай объяснили удельную теплоемкость твердых тел.

В 1888 г. русский физик А. Г. Столетов подробно исследовал фотоэффект (Г. Герц указал на существование этого явления в 1887 г.) и установил ряд закономерностей фотоэффекта. Суть явления состоит в том, что свет, падающий на металлическую пластинку, может выбивать из нее электроны и вызывать таким образом электрический ток. В начале нашего столетия физиче-

ская природа фотоэффекта оставалась загадкой, так как установленные закономерности фотоэффекта противоречили представлению, что электроны выбиваются электромагнитной волной с поверхности металла. Главные закономерности фотоэффекта были объяснены Эйнштейном на основе гипотезы Планка о квантах света, которые ведут себя подобно корпускулам (частицам). Позднее корпускулярный характер поведения электромагнитного поля был подтвержден в эффекте Комптона, т. е. в рассеянии света на электронах. В этом эффекте квант света вел себя подобно частице с заданными значениями импульса и энергии.

Таким образом, поле оказалось наделенным двойственной (дуальной) природой: в одних явлениях (таких, как дифракция, тепловое излучение) поле проявлялось как волна, а в других (например, в фотоэффекте) — как частица. Кванты поля могли испускаться и поглощаться. Опытные данные настоящим образом подводили к идее квантования поля, к созданию квантовой теории поля.

В 1924 г. французский физик Луи де Бройль предположил, что вещество также обладает двойственной природой — корпускулярной и волновой. Корпускуле — электрону с импульсом $p = mv$ — он предложил приписать длину волны:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (4)$$

Это означало, что поток электронов, подобно потоку световых или рентгеновских лучей, должен создавать дифракционную картину при прохождении тонкой металлической фольги или при прохождении кристаллов. Действительно, в 1927 г. Дэвисон и Джермер, а в 1928 г. Г. П. Томсон экспериментально подтвердили гипотезу де Бройля. Таким образом, корпускулярно-волновой дуализм проявился не только у электромагнитного поля, но и у электронов, и у всех легких ядер (таких, например, как ядра гелия), с которыми проводились дифракционные опыты.

В 1926 г. Шредингер написал волновое уравнение. Электрон описывался комплексной волновой

функцией от координат и времени $\psi(x, y, z, t)$, квадрат модуля которой $|\psi(x, y, z, t)|^2$ имел физический смысл вероятности обнаружения электрона в пространственно-временной точке x, y, z, t . Волновая функция ψ физического смысла не имела. При помощи уравнения Шредингера были объяснены дифракция электронов, энергетический спектр водородного атома и многие другие явления, связанные с электроном. (Матричная формулировка волновой механики электрона была дана Гайзенбергом в 1925 г.) В те же годы (1925—1926 гг.) Гаудсмит и Уленбек экспериментально доказали существование спина у электрона. Обобщение релятивистского уравнения Шредингера, учитывающее спин электрона, было дано Дираком в 1928 г. Это привело к поразительному различию в решениях уравнений Шредингера и Дирака. Решение уравнения Шредингера для свободного электрона должно содержать только положительные значения энергий электронов. Решения уравнения Дирака для свободного электрона имеют как положительные, так и отрицательные значения энергии электрона. Отрицательные энергии электрона нельзя выбросить из теории, так как при учете влияния внешнего поля на электрон в теории возникают переходы между состояниями электрона с различным знаком энергии. Таким образом, если теория не бессмысленна, состояниям с отрицательной энергией необходимо придать физический смысл. Это было сделано Дираком в созданной им «теории дырок». Она основана на двух предположениях:

1. Все состояния свободных электронов с отрицательной энергией заполнены. Частицы — электроны с отрицательной энергией образуют, таким образом, всюду плотный «фон» отрицательных электронов.

2. Фон свободных отрицательных электронов не проявляется ни как внешнее поле, ни как заряд и не меняет ни энергии, ни импульса системы частиц с положительной энергией.

Этот фон отрицательных электронов в дальнейшем мы будем называть электронным вакуумом.

Как же будет вести себя «дырка» в электронном вакууме? Если электрон в электронном вакууме имеет отрицательную энергию и отрицательный заряд, то «дырка» (т. е. отсутствие электрона) должна иметь положительную энергию и положительный заряд. Дело в том, что когда электрон с отрицательной энергией и отрицательным зарядом займет место «дырки», электронный вакуум должен остаться электрически нейтральным, а энергия его сохранит нулевое значение. Итак, «дырка» должна вести себя подобно реально наблюдаемой частице с положительным зарядом и положительным знаком энергии, а ее «масса» должна была бы равняться массе электрона. В то время экспериментально доказанными частицами были только электрон и протон. Дирак предположил, что «дырки» представляют собой протоны. Неясным оставалось лишь то, что масса такого протона в 1836 раз больше массы электрона.

В 1930 г. советский физик-теоре-

тик И. Е. Тамм рассчитал рассеяние света на электроне по «теории дырок» Дирака и получил формулу, известную под названием формулы Клейна — Нишины — Тамма.

В нерелятивистском пределе формула Клейна — Нишины — Тамма должна переходить в формулу Томсона, известную из классической теории электрона. Заслуга И. Е. Тамма состоит в том, что он доказал: правильная формула Томсона не может быть получена без учета уровней с отрицательными энергиями.

Однако окончательное признание «теория дырок» получила лишь после экспериментального открытия позитрона¹. «Дырка» в электронном вакууме приобрела ясный физи-

¹ Существование позитрона было доказано Андерсоном в 1932 г. Ранее следы позитрона наблюдались в камере Вильсона Д. В. Скобельцыным (ФИАИ, 1927 г.), однако этим следам тогда еще не было найдено правильной интерпретации.

ческий смысл новой частицы — позитрона.

Позитрон всегда появляется в паре с электроном (позитрон будем обозначать символом e^+ , а электрон e^-). В «теории дырок» это легко объяснить следующим образом (рис. 3). Квант электромагнитного поля с достаточно большой энергией выбивает из электронного вакуума один электрон с отрицательным зарядом и передает ему часть своей энергии. Выбитый из вакуума электрон становится обычным электроном с положительной энергией. Оставшаяся «дырка» в вакууме является позитроном. И, наоборот, если электрон заполнит «дырку» (т. е. произойдет аннигиляция), то энергия двух частиц выделится в виде электромагнитного излучения.

В присутствии внешнего электромагнитного поля электронный вакуум значительно изменяется из-за появления пар (e^+ , e^-) по описанной схеме. Полный заряд системы: электромагнитное поле + электронный вакуум (и пары e^+ , e^-) — по определению равен нулю. Однако пары (e^+ , e^-) будут вести себя подобно диполям и вакуум окажется поляризованным (рис. 4а, б).

Электронный вакуум не так бесобииден, как это было постулировано Дираком во втором постулате «теории дырок». Например, под влиянием неоднородного поля возникает неоднородная поляризация вакуума и световая волна будет рассеиваться на неоднородностях вакуума т. е. на электронно-позитронных (парах).

Позднее мы еще не раз вернемся к проблеме вакуума.

Новое, более глубокое содержание понятия поля пришло в теорию вместе с квантованием классического электромагнитного поля. Первые работы по квантованию свободного электромагнитного поля, описываемого векторным потенциалом, были выполнены П. А. М. Дираком (1927 г.) и П. Йорданом и В. Паули (1928 г.), а общая схема квантовой электродинамики была дана В. Гайзенбергом и В. Паули (1929—1930 гг.).

Теория должна была отразить

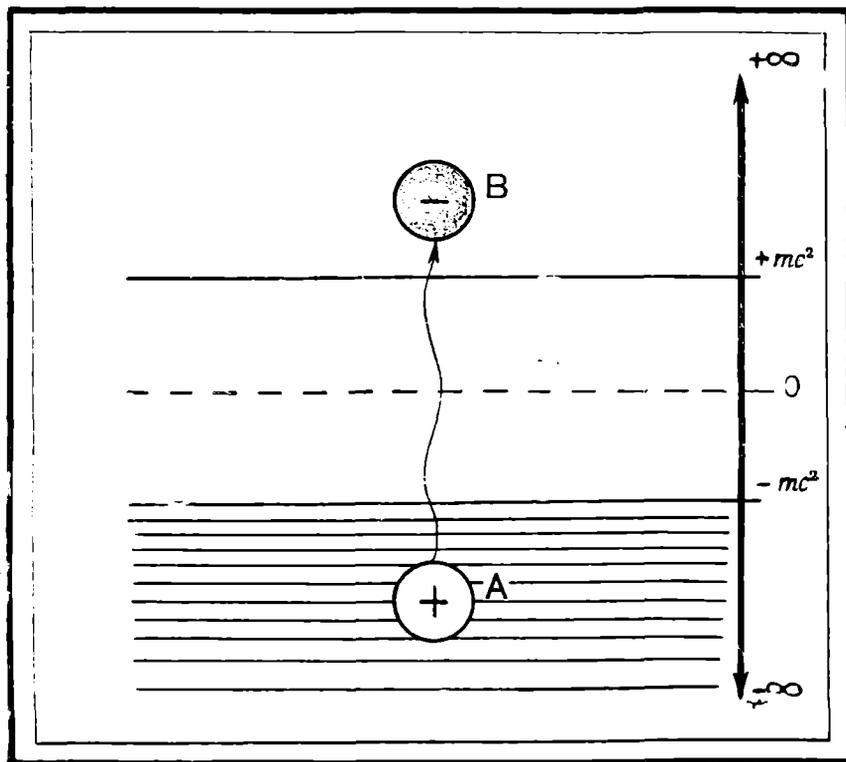


Рис. 3. Электронный вакуум расположен ниже ($-mc^2$). Из него вырывает электрон и переводит в состояние с энергией, большей ($+mc^2$). Возникает пара: обычный электрон В и «дырка» А, которая ведет себя, как обычная частица с положительным зарядом

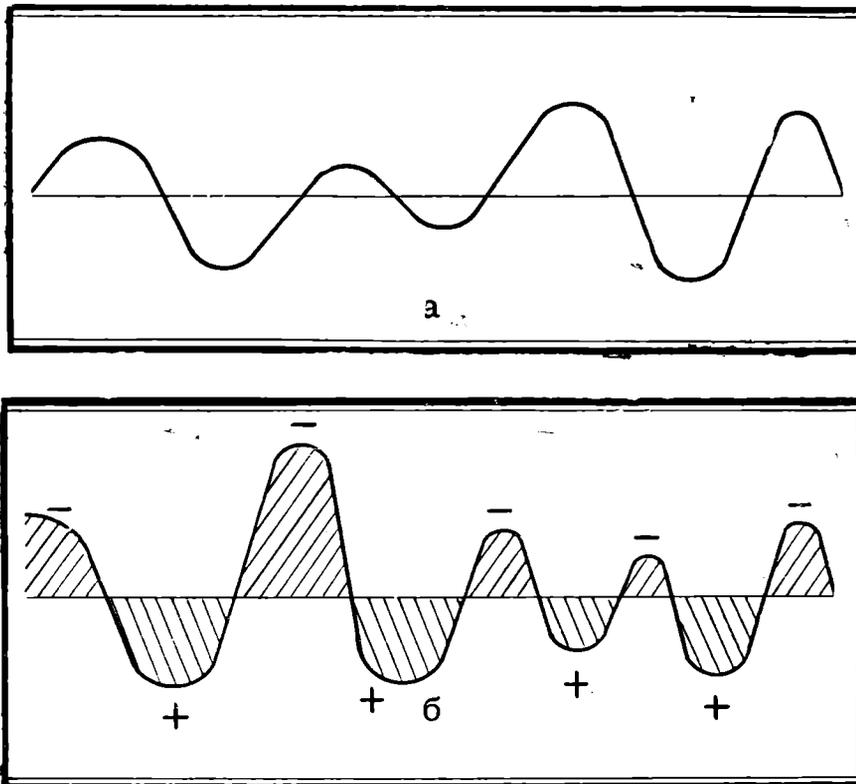


Рис. 4. Нулевые колебания вакуума (а). Поляризация вакуума (б)

факты излучения и поглощения квантов электромагнитного поля (фотонов) и факт рождения элементарных частиц — позитронов и электронов. Надо было также учесть совершенно неизвестную в классической физике особенность статистики этих частиц. Фотоны должны подчиняться статистике Бозе — Эйнштейна, т. е. предполагается, что в некотором данном квантовом состоянии может находиться бесконечно много фотонов и все они равноправны и неотличимы друг от друга. Только при этом предположении квантовая электродинамика дает правильную формулу Планка о распределении излучения черного тела.

Электроны и позитроны должны удовлетворять принципу Паули, который требует, чтобы в каждом квантовом состоянии находился только один электрон. Иначе говоря, не может существовать двух или более электронов (или позитронов), находящихся в тождественных со-

стояниях. Это означает, что при квантовании электрон-позитронное поле должно подчиняться статистике Ферми — Дирака. Электрон-позитронный вакуум вводится в полной аналогии с фотонным вакуумом. Если в уравнении Дирака (или Шредингера) нашли отражение волновые свойства частиц (электронов и позитронов), то квантование возвращает частицам их корпускулярный характер.

Частицы с целым значением спина (0, 1, 2 и т. д.) описываются статистикой Бозе — Эйнштейна. К этим частицам относятся фотоны (или электромагнитное поле), мезоны (кроме μ -мезонов) и др. Частицы с полуцелым значением спина ($1/2$, $3/2$, $5/2$...) описываются статистикой Ферми — Дирака. К этим частицам относятся электроны, позитроны, протоны, нейтроны, μ -мезоны и др. Все известные в настоящее время частицы имеют либо целые, либо полуцелые значения спинов и клас-

сифицируются лишь по этим двум статистикам. Таким образом, в принципе, подход с позиций теории поля и квантование можно распространить на все ныне известные частицы. Если это так, то в настоящее время должно насчитываться около 200 различных полей (по числу различных частиц). Физическим вакуумом теперь следует назвать такое состояние, в котором нет ни одного реального кванта электромагнитного поля и ни одной реальной частицы. Для такого физического вакуума характерны так называемые вакуумные флуктуации, т. е. самопроизвольное рождение пары (e^+ , e^-) и одного фотона в любое время в любой точке пространства с последующим их взаимным уничтожением (рис. 5) или самопроизвольное рождение других частиц. В принципе в вакууме может быть сколько угодно троек частиц (e^+ , e^- , γ) или любых других частиц.

Физическое содержание понятия поля становится теперь весьма глубоким, разносторонним. Это — поле, обладающее свойством двойственности, несущее энергию, осуществляющее взаимодействие, имеющее вакуум с удивительными свойствами. Следует подчеркнуть, что поля, порожденные частицами с полупуцелым спином, очень далеки по своей природе от классического электромагнитного поля.

Итак, с этой точки зрения, в природе есть только одна реальность — поля и весь мир состоит из полей. Так ли это? Одна часть физиков полагает, что это так. Другие думают, что кроме полей (например электромагнитного) должно быть и вещество и что вещество и поле — две различные реальности. «В настоящее время во всех наших существенных теоретических построениях мы все еще должны допускать две реальности — поле и вещество...» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд. «Эволюция физики», 1956).

Квантовая теория поля была сформулирована как обобщение квантовой механики с учетом рождения и уничтожения частиц и их взаимного превращения. Однако в теории осталась старая трудность и добавилась новая. Во-первых, метод

теории возмущений¹, разработанный для решения практических задач, давал в первом приближении неплохое согласие с экспериментальными данными, но высшие приближения вычислялись бесконечно большие поправки. Высшие приближения связаны с вакуумными эффектами, и так как эти поправки оказываются бесконечно большими, то проблема физического

¹ В квантовой электродинамике все теоретические формулы могут быть записаны в виде бесконечной суммы величин, каждая из которых содержит безразмерный множитель $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$ в различной степени. Если эту сумму записать в ряд по возрастающим степеням α

$$\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n f_n,$$

где f_n — некоторые теоретически рассчитанные величины, соответствующие данной степени n величины α , то мы и получим ряд теории возмущений.

Критерием справедливости метода теории возмущений служит сходимость данного ряда, т. е. существование конечного предела, к которому стремится сумма при бесконечном увеличении числа n . В общем виде сходимость этого ряда не доказана, но теоретики верят, что он должен сходиться. Тогда в практических расчетах можно пользоваться несколькими первыми членами такого ряда, или, более грубо, только одним первым членом.

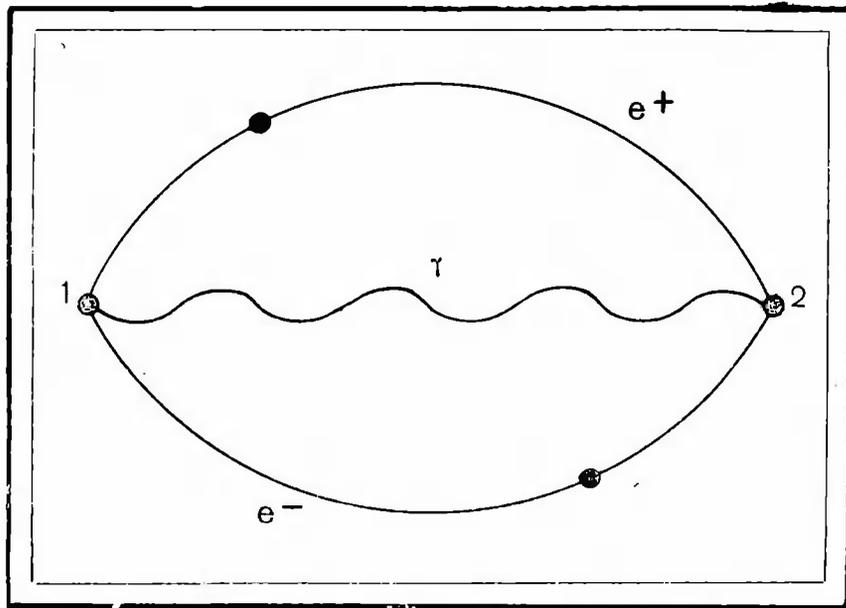


Рис. 5. Флуктуация вакуума, связанная с рождением и уничтожением пары (e^+ , e^-) и одного γ -кванта. В пространственно-временной точке x_1, y_1, z_1, t_1 (обозначена цифрой 1) самопроизвольно роились пара (e^+ , e^-) и один фотон, а в точке x_2, y_2, z_2, t_2 (обозначена цифрой 2) они самопроизвольно исчезли

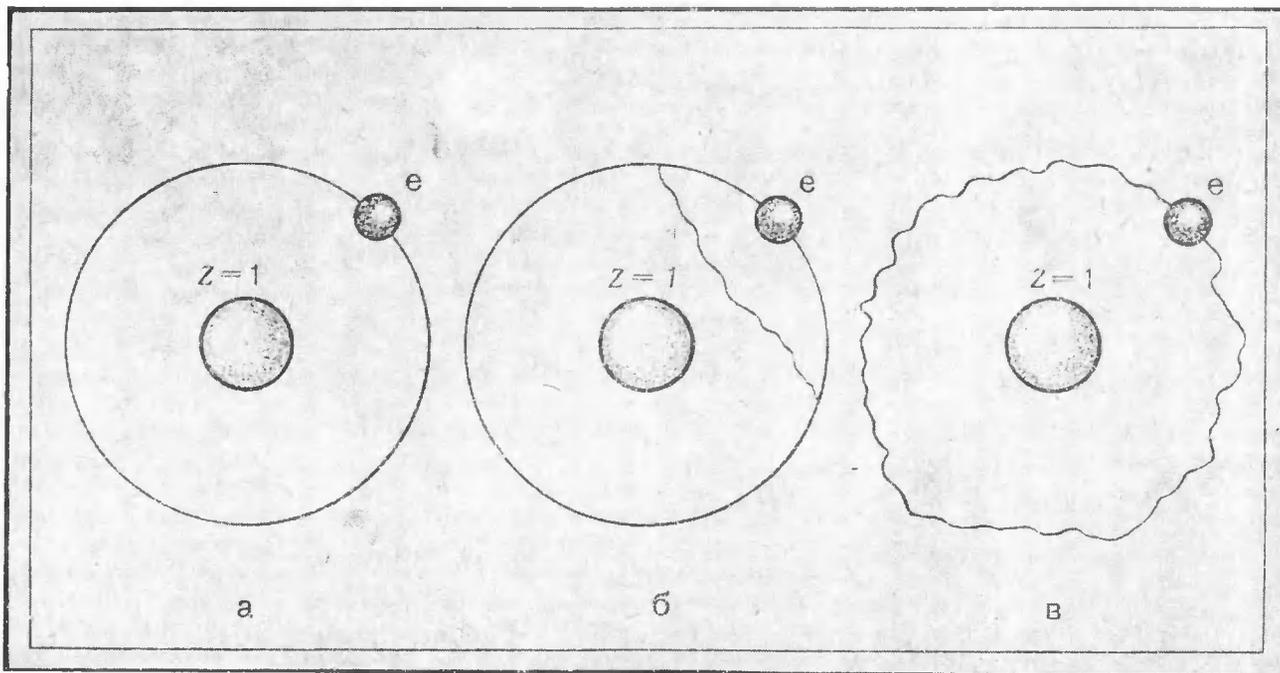


Рис. 6. Модель атома водорода (а). Z — заряд ядра. Условно упрощенная модель атома водорода (б). Электрон e , находящийся в непрерывном движении около ядра Z , может испустить один γ -квант (или несколько, или бесконечно много) и снова поглотить его (их). Это взаимодействие электрона с собственным полем излучения (сравните с рис. 2) вызывает изменение массы электрона, характера взаимодействия электрона с ядром, а следовательно, и энергетического спектра атома водорода (по сравнению с моделью, изображенной на рис. 6а). Рисунок в символически изображает характер изменения движения электрона вокруг ядра Z в атоме водорода (сравните с рис. 6а), вызванного взаимодействием электрона с собственным полем излучения, изображенным на рис. 6б.

вакуума оказалась очень важной. Собственная масса электрона, рассчитанная методом теории возмущений, также оказалась бесконечно большой. Правда, здесь важно отметить тот факт, что хотя в квантовой теории поля собственная масса вновь оказалась бесконечно большой, однако ее стремление к бесконечности теперь характеризуется логарифмическим ростом ($\sim \ln \frac{1}{r}$), т. е. более медленным ростом, чем в классической теории поля ($\sim \frac{1}{r}$). Это явно

указывает на то, что в теории поля масса электрона имеет другую природу, не только электромагнитную, как это предполагалось в классической теории поля.

Во-вторых, теория была еще далека от своего логического завершения. Она не была ковариантной, т. е. не была еще сформулирована в такой форме, которая гарантировала бы независимость результатов расчета от движения наблюдателя.

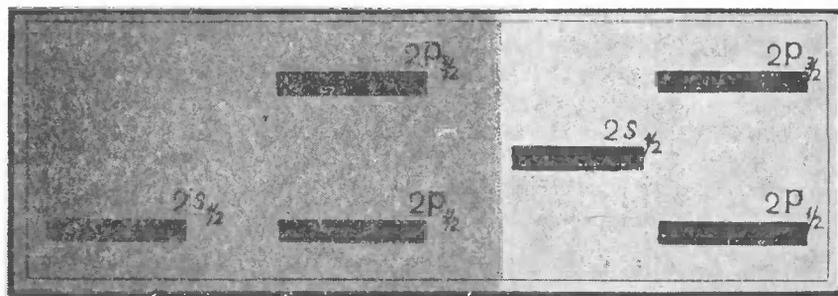


Рис. 7. Теоретическая схема расположения уровней атома водорода (слева). Экспериментально наблюдаемая схема расположения уровней атома водорода (лэмбовский сдвиг) (справа)

Новый этап в развитии квантовой теории поля начинается с «идеи перенормировки», высказанной Бете в 1947 г., в работ Томонага (1946 г.) и Швингера (1948—1949 гг.), в которых давалась ковариантная формулировка уравнений теории поля. Одновременно была развита квантовая электродинамика — теория электромагнитного излучения и его взаимодействия с электронно-позитронным полем. Толчком к бур-

ному развитию квантовой электродинамики послужило данное Бете (1947 г.) объяснение лэмбовского сдвига¹ уровней в атоме водорода как результата взаимодействия электрона, находящегося на орбите атома водорода, с фотоном γ , испущенным и поглощенным самим электроном (рис. 6б). Следует отметить, что на учет поправок такого рода было уже ранее указано одним из авторов этой статьи Д. И. Блохинцевым. В докладе на семинаре Физического института имени П. Н. Ле-

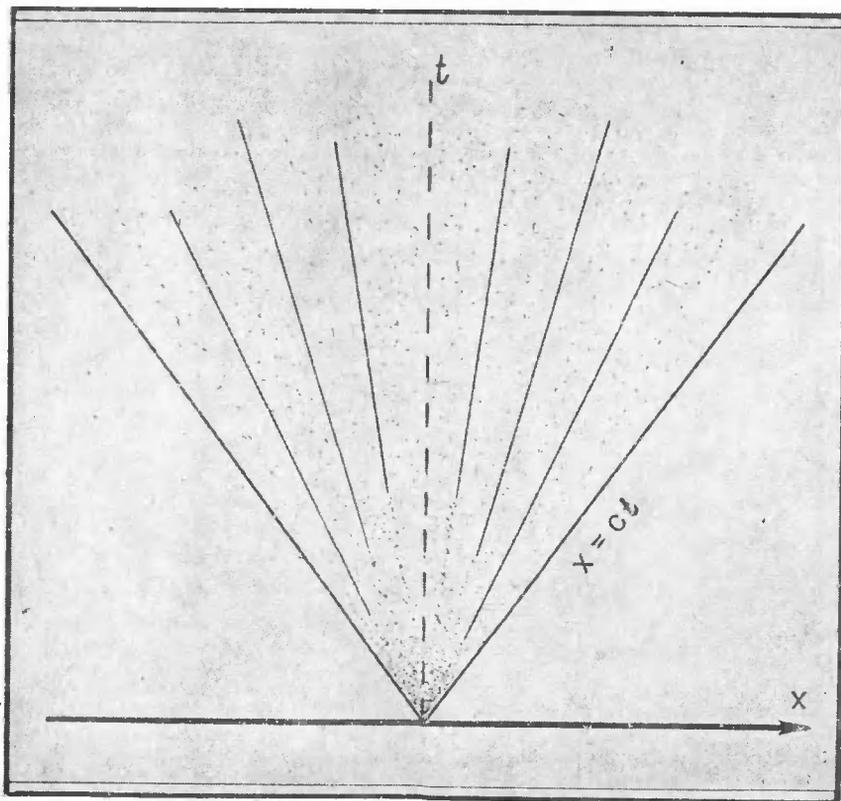


Рис. 8. Световой «конус» в пространстве двух измерений x и t ; c — скорость света

¹ Сущность явления лэмбовского сдвига состоит в следующем. В квантовой механике энергетические уровни водорода — системы, состоящие из одного протона и одного электрона (см. рис. 6а), связаны со значением радиального квантового числа n_r и полного момента электрона $j = \pm \frac{1}{2}$, где l — орбитальный момент электрона, $\frac{1}{2}$ — значение спина электрона. С ростом j энергетический уровень должен увеличиваться. Рассмотрим случай $n_r = 2$. Два различных состояния водорода, которые образуются в случаях, когда $l = 0$ и спин берется со знаком (+) (это состояние описывается символом $2S_{1/2}$) и когда $l = 1$, а спин берется со знаком (-) (это состояние описывается символом $2P_{1/2}$), имеют одинаковый полный момент j , и, следовательно, должны иметь один и тот же энергетический уровень. Состояние с $l = 1$ и знаком спина (+) (состояние обозначается символом $2P_{3/2}$) имеет момент $j = \frac{3}{2}$, и уровень этого состояния должен быть выше уровней $2S_{1/2}$ и $2P_{1/2}$. Схема этих уровней дана на рис. 7 (слева).

Эксперименты, выполненные сначала С. Пастернаком (1938 г.), а затем В. Е. Лэмбом и Р. Ц. Ризерфордом (1947 г.), дали иной результат (см. рис. 7 (справа)); уровни $2S_{1/2}$ и $2P_{1/2}$ оказались различными, при этом первый уровень оказался выше второго, что противоречит выводам теории Дирака. Сдвиг уровней $2S_{1/2}$ и $2P_{1/2}$ называется лэмбовским сдвигом.

бедева АН СССР «Смещение спектральных линий, вызванное обратным действием поля излучения» (1938 г.)¹ он указал, что нулевые колебания электромагнитного поля (рис. 4а) ведут к броуновскому движению электрона (рис. 6) и наблюдаемому смещению уровней. К сожалению, в то время в это не повергли, так как хороших экспериментальных данных еще не было. Неверие было вызвано тем, что поправка, полученная из расчета эффекта, представленного на рис. 6, была бесконечно большой. Метод устранения бесконечно большой поправки не был однозначным и породил критику и сомнения.

Для устранения бесконечно больших поправок Бете в своих расчетах, проведенных независимо от Д. И. Блохинцева, предложил процедуру «перенормировки». Ее идея состоит в следующем. Известно, что масса свободного электрона является конечной величиной. В природе свободный, ни с чем не взаимодействующий, электрон с неизвестной начальной «затравочной» массой m_0 всегда погружен в физический вакуум. Физики имеют дело не с «голым» «затравочным» электроном, а с электроном, окруженным вакуумом. Если определять массу электрона в присутствии вакуума, то она оказывается бесконечно большой. Обозначим бесконечно большую вакуумную поправку через δm так, что

$$m = m_0 + \delta m.$$

где m — экспериментально наблюдаемая масса электрона. Бете предложил подобрать массу m_0 таким образом, чтобы устранить бесконечно большую поправку, происходящую от взаимодействия «голого» электрона с вакуумом. Такое искусственное устранение бесконечно большой величины называется перенормировкой.

Расчеты Бете, проведенные в нерелятивистском приближении, оказались в хорошем согласии с экспериментальными данными.

Одновременно с работами Томонага, Бете и Швингера появились, с одной стороны, работы Фейнмана

(1947—1949 гг.), в которых была предложена удобная для практических расчетов ковариантная теория возмущения и разработана диаграммная техника, соответствующая этой теории возмущений, а с другой — работы Дайсона (1949 г.), который доказал связь диаграммной техники Фейнмана с ковариантной формулировкой квантовой электродинамики, данной Томонагой и Швингером, и заложил основы процедуры перенормировки в ковариантной форме для любого порядка теории возмущений. В дальнейшем, в ряде работ других авторов, процедура перенормировки была разработана полностью. В квантовой электродинамике, кроме расходимостей (т. е. бесконечно больших значений), связанных с расчетом собственной массы электрона, есть еще два типа расходимостей, связанных с поляризацией вакуума и вершинной функцией. Они устраняются процедурой перенормировки, полностью аналогичной перенормировке массы. После проведения этих трех перенормировок все выражения в квантовой электродинамике оказываются конечными. Теперь квантовую электродинамику можно считать логически замкнутой теорией, приводящей к блестящему

согласию с экспериментальными данными. Например, экспериментально измеренное значение лэмбовского сдвига равно $1057,77 \pm 0,1$ мкГц, а теоретически рассчитанное — $1057,8$ мкГц; экспериментальное значение радиационной поправки к магнитному моменту электрона (в единицах магнетонов Бора) равно $0,001146 \pm 0,000012$, а теоретически рассчитанное — $0,001145$ и т. д.

Несмотря на эти успехи, в развитии теории поля есть еще ряд вопросов, связанных с выяснением внутренней непротиворечивости теории.

Во-первых, перенормировка не содержится в математическом аппарате теории поля. Идея перенормировки привнесена в теорию извне. Согласие рассчитанных с помощью перенормировок физических величин с экспериментально измеренными означает, что перенормировка несет в себе какую-то исключительно важную правду, которая, по-видимому, останется непонятой до тех пор, пока процедура перенормировки не войдет автоматически в математический аппарат теории поля.

Во-вторых, наиболее часто в практических расчетах используется метод теории возмущений. Однако

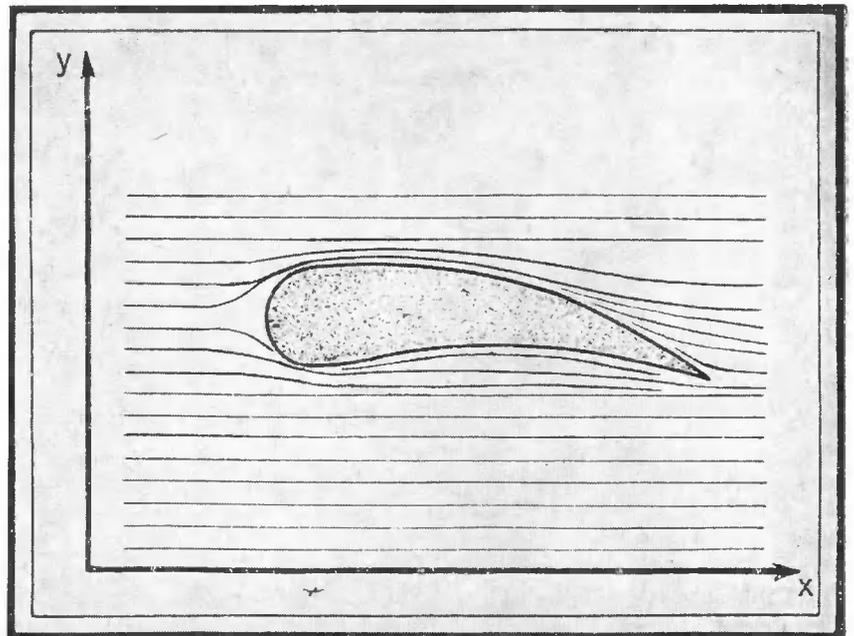


Рис. 9. Поток воздуха вокруг крыла самолета описывается аналитической функцией $f(z) = \varphi(x, y) + i\psi(x, y)$; $z = (x+iy)$; $\varphi(x, y) = \text{Re } f(z)$; $\psi(x, y) = \text{Im } f(z)$

¹ См. «Сборник научных работ и статей», т. II, стр. 33. Издание ОИЯИ, Р-253.

до сих пор не существует доказательства сходимости ряда теорий возмущений.

Многие выводы, полученные на основе теории возмущений, представляют принципиальный интерес. Так, исходя из теории возмущений, Л. Д. Ландау с сотрудниками (1954 г.) указали на проблему «нуль-заряда», которая вызвала в свое время большое волнение в кругах физиков. Для того чтобы уяснить ее, воспользуемся приближенным выражением для расчета выражения эффективного заряда e^2 (κ^2) (заряда в окружении вакуума)

$$e^2(\kappa^2) = \frac{e_c^2}{1 - \frac{e_c^2}{12\pi^2} \ln \frac{L^2}{m^2}} \quad (5)$$

где e_c^2 — физический заряд, L^2 — инвариантная величина, связанная с четырехмерным импульсом электромагнитного излучения.

Если знаменатель обращается в нуль, то величина e^2 (κ^2) формально обращается в бесконечность. Поэтому надо потребовать, чтобы $\frac{e_c^2}{12\pi^2} \ln \frac{L^2}{m^2}$ оставалось при любых L величиной, меньшей единицы. Так как квантовая электродинамика допускает бесконечно большие значения L , то, чтобы удовлетворить требованию

$$\frac{e_c^2}{12\pi^2} \ln \frac{L^2}{m^2} < 1 \quad (6)$$

при любых L , необходимо положить величину $e_c^2 = 0$. Это и есть проблема «нуль-заряда». На этом основании Л. Д. Ландау и И. Я. Померанчук (1955 г.) сделали вывод о логической неполноте квантовой электродинамики.

Исходя из метода ренормализационной группы, смысл которой состоит в улучшении формул теории возмущений, Н. Н. Боголюбов с сотрудниками (1955 г.) показали, что область применимости приближения (5) ограничена не условием (6), а условием

$$\frac{e_c^2}{12\pi^2} \ln \frac{L^2}{m^2} < 1 - \frac{2}{e_c^2} \quad (7)$$

т. е. выражение (5) справедливо не для любых L , а только для таких, в отношении которых справедливо отношение (7). Таким образом, проблема «нуль-заряда» не может быть решена в рамках теории возмущений. В настоящее время основные положения квантовой теории поля единодушно признаны всеми физиками мира.



Современное развитие теории поля идет по пути аксиоматического (наиболее строгого с логической и математической точек зрения) построения теории; в поисках следствий, вытекающих из основных положений квантовой теории; по пути отыскания новых моделей в рамках теории поля.

Заслуживают пристального внимания работы тех теоретиков, которые пытаются выйти за рамки общепринятых постулатов квантовой теории поля и заменить, скажем, один из ее постулатов другим. Чаще всего в таких построениях отказываются от локальности взаимодействия и вводят нелокальное взаимодействие. Насколько широко привлекает внимание теоретиков это направление и насколько работы теоретиков Советского Союза и Дубны признаны научной мировой общественностью, можно судить по тому факту, что первый Международный симпозиум, посвященный проблеме нелокальных взаимодействий, был проведен в Дубне (в начале июля 1967 г.).

Обсудим более детально методы поисков тех следствий, которые вытекают из основных положений квантовой теории поля.

В микромире должна существовать причинность. Это означает, что сигнал, возникший в точке А (рис. 8), может распространяться со скоростью, меньшей или равной (но не больше) скорости света, и, следовательно, действует только на будущее и только внутри «светового конуса». Что из этого следует? Учет причинности в теории поля приводит к тому, что комплексная функция, описывающая взаимодействие двух частиц (например взаимодействием л-мезона с нуклоном), называемая

амплитудой рассеяния л-мезона на нуклоне, оказывается комплексной аналитической функцией по энергии л-мезона

$$T(\omega) = ReT(\omega) + i ImT(\omega),$$

где $ReT(\omega)$ — реальная часть аналитической функции; $ImT(\omega)$ — мнимая часть аналитической функции; ω — энергия л-мезона; T — амплитуда рассеяния. В качестве примера аналитической функции можно привести функцию, описывающую поток воздуха вокруг крыла самолета. Если этот поток известен на границе крыла самолета, то аналитичность функции обеспечивает знание потока всюду вокруг крыла (рис. 9). В теории аналитических функций существует теорема Коши, которая позволяет связать реальную часть аналитической функции $ReT(\omega)$ с мнимой частью аналитической функции $ImT(\omega)$. Если бы нам была известна мнимая часть $ImT(\omega)$ амплитуды рассеяния, то по ней можно было бы теоретически рассчитать реальную часть амплитуды $ReT(\omega)$. Такая возможность в теории поля существует. Так называемая «оптическая теорема» обеспечивает знание $ImT(\omega)$, если нам известно полное сечение рассеяния л-мезона на нуклоне (т. е. суммарное сечение рассеяния на все углы) как функция ω при всех энергиях. Таким образом, в теории поля возможно рассчитать $ReT(\omega)$. Соотношения, связывающие в теории поля $ReT(\omega)$ с $ImT(\omega)$, называются «дисперсионными соотношениями».

В квантовой теории поля они впервые были предложены Гелл-Манном, Гольдбергером и Тиррингом (1954 г.), а строгое доказательство их существования было дано Н. Н. Боголюбовым в 1956 г. Метод дисперсионных соотношений активно использовался теоретиками Дубны, и ими получен ряд весьма интересных результатов. Можно без преувеличения сказать, что эти работы вполне заслуженно вывели Лабораторию теоретической физики ОИЯИ в ряд крупнейших международных теоретических центров.

На основе дисперсионных соотношений И. Я. Померанчук полу-

чил весьма интересный вывод, известный ныне под названием «теоремы Померанчука».

Дисперсионные соотношения включают в себя как прямой процесс рассеяния $a + b \rightarrow a + b$ (где a и b — две разные частицы), так и перекрестный: $a + \bar{b} \rightarrow a + \bar{b}$ (где \bar{b} есть античастица для частицы b). Есть экспериментальные указания на то, что полные сечения стремятся к некоторым постоянным, исчезающим значениям. Тогда из дисперсионных соотношений следует, что значения полных сечений процессов $a + b \rightarrow a + b$ и $a + \bar{b} \rightarrow a + \bar{b}$ в пределе бесконечно больших энергий должны совпадать. В этом и состоит теорема Померанчука.

Обобщение результатов, полученных И. Я. Померанчуком, было дано А. А. Логуновым с сотрудниками (Дубна, Серпухов) на основании так называемой теоремы Фрагмена — Линделёфа (и независимо от них Ван-Хофом). Эти исследования привели к весьма разнообразным интересным следствиям, доступным экспериментальной проверке. Было получено около сотни соотношений, связывающих полные и дифференциальные сечения различных процессов при высоких энергиях. Чтобы лучше уяснить смысл этих исследований, вернемся снова к теореме Померанчука. Из нее следует, что

$$\lim_{\omega \rightarrow \infty} \frac{\text{Re}T(\omega)}{\text{Im}T(\omega)} \rightarrow 0.$$

Однако последние экспериментальные данные, полученные на ускорителях в Дубне, ЦЕРНе и Брукхейвене, пока указывают на то, что $\text{Re}T(\omega)$ оказывается еще довольно большой и отношение $\text{Re}T(\omega)/\text{Im}T(\omega)$ к нулю не стремится. Означает ли это, что

мы еще далеки от асимптотической области? Или неверна наша теория? Шаг вперед в исследовании физики высоких энергий, который будет сделан на ускорителе в 70 ГэВ (Серпухов), представляется поэтому исключительно важным.

Огромное разнообразие частиц (или соответствующих им полей), непохожих по своим свойствам, давно уже тревожит физиков, тревожит отсутствием какой-либо закономерности. Вполне естественны поиски классификации, поиски своего рода «таблицы Менделеева» этих частиц. В настоящее время имеется несколько моделей, в рамках которых можно пытаться классифицировать частицы. Это — траектории Редже¹, метод зашнуровки (или бутстрап-метод) и симметрии. Наибольший успех выпал на долю симметрий и именно на долю $SU(3)$ -симметрии, предложенной независимо Нееманом и М. Гелл-Манном (1961 г.)². Все сильновзаимодействующие частицы разбиваются на группы частиц (мультиплеты) в соответствии с размерностями неприводимых представлений $SU(3)$ -группы.

На основании $SU(3)$ -симметрии Гелл-Манн предсказал возможное значение массы Ω^- -гиперона (1676 МэВ). Вскоре Ω^- -гиперон был обнаружен экспериментально, а его масса оказалась равной 1675 МэВ. Это удивительное согласие вселило в физиков уверенность в том, что $SU(3)$ -симметрия действи-

¹ См. «Пррода», 1967, № 11, стр. 12—25.
² См. «Природа», 1964, № 10, стр. 63—76; № 11, стр. 53—66.

тельно отражает какие-то определенные закономерности в классификации частиц.

$SU(3)$ -симметрия, в принципе, ведет к дробным значениям зарядов некоторых исходных частиц — кварков¹, которые могут выступать как строительный материал для всех известных ныне полей. Однако кварки экспериментально пока не найдены и остаются лишь гипотетическими частицами. $SU(3)$ -симметрия является в настоящее время надежно установленной симметрией, хотя она имеет некоторые недостатки и не понятна динамика ее возникновения.

Ограниченные размеры статьи не позволяют более детально коснуться многих других, весьма важных аспектов теории поля. Так, например, совсем не рассматривалась проблема проверки СРТ-теоремы и связанные с ней важные открытия нарушения Р-четности и СР-четности в слабых взаимодействиях².

Но даже данный здесь перечень проблем, рассматриваемых в теории поля, указывает на огромную, напряженную работу физиков, стремящихся к познанию самых глубоких тайн материи, к познанию новых закономерностей материального мира. В этой интернациональной работе советские физики принимали активное участие и внесли свой существенный вклад.

¹ См. «Природа», 1966, № 2, стр. 85—96.

² См. «Природа», 1966, № 8, стр. 55.

ИЗУЧАЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ...

Профессор Г. П. Горшков

Природа землетрясений очень сложна. Здесь еще много неясного, много неизученного, много неоткрытого. Но в этой области можно продвигаться вперед, если использовать одновременно методы сейсмологии, геологии и физики. В статье рассматриваются землетрясения Памира и излагается попытка интерпретировать их с позиций как геологии, так и физики.

В Средней Азии происходит много землетрясений. Сейсмические станции регистрируют здесь ежегодно сотни подземных толчков. Чаще всего очаги их располагаются в толще земной коры, т. е. на глубинах от нескольких до 30—40 км. Тектоническая обстановка здесь очень сложна, породы разнообразны, геологическое строение характеризуется многочисленными складками и разрывами, и потому довольно трудно разобраться в том поле напряжений, которое приводит к возникновению как деформаций в породах, так и землетрясений.

Но есть один замечательный участок на этой территории, где картина совсем иная, — это Западный Памир и северо-восточная часть Афганистана. Здесь происходят землетрясения, очаги которых лежат на значительно большей глубине — до 250, даже 300 км, т. е. уже в верхней мантии Земли. Как показывает разрез, проведенный по меридиану 70° 30' с. ш. (рис. 1), в верхних горизонтах очаговой (фокальной) зоны мантии, т. е. на глубине порядка 80—100 км, очаги занимают обширную полосу — до 150 км вдоль линии разреза. Далее вглубь ширина этой зоны уменьшается; на уровне 170 км она составляет приблизительно 50 км. Затем снова наблюдается расширение, и близ отметки 230—

240 км ширина фокальной зоны приближается к тем цифрам, которые отмечены в верхней части разреза. Таким образом, судя по этому разрезу, очаговая зона приобретает правильную X-образную форму или форму песочных часов, и это удивительное обстоятельство требует, очевидно, объяснения.

Здесь нам придется сделать небольшое отступление в законы механики.

Представим себе, что из какой-то твердой и изотропной горной породы вырезан образец в форме куба и этот куб подвергнут сжатию с двух противоположных сторон. Возникает вопрос: если давление будет достаточно высоким и превзойдет прочность породы, то как этот образец будет разрушаться, т. е. в каком направлении пойдут трещины, знаменующие собою начало процесса разрушения? Ответ на вопрос дается простой формулой, выражающей так называемый закон скалывающих напряжений:

$$p_t = \frac{P}{2S} \sin 2\alpha, \quad (1)$$

где P — давление, приложенное к образцу; S — боковая грань куба; p_t — тангенциальное напряжение, испытываемое образцом, α — угол, под которым трещина, возникающая при давлении P , наклонена к направлению давления (рис. 2).

Формула (1) показывает, что при данных P и S тангенциальное напряжение (т. е. напряжение, которое ведет к образованию трещины S_1 и смещению по ней блока I по отношению к блоку II) достигает максимальных значений в том случае, когда угол α равен 45°. Это и есть закон скалывающих (или тангенциальных) напряжений: трещины



Георгий Петрович ГОРШКОВ — доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой динамической геологии МГУ, специалист в области сеймотектоники и сейсмического районирования. Автор многих работ по этим вопросам для территорий СССР и зарубежных стран, а также автор учебника «Общая геология». Член Совета по сейсмологии АН СССР и различных комиссий ЮНЕСКО.

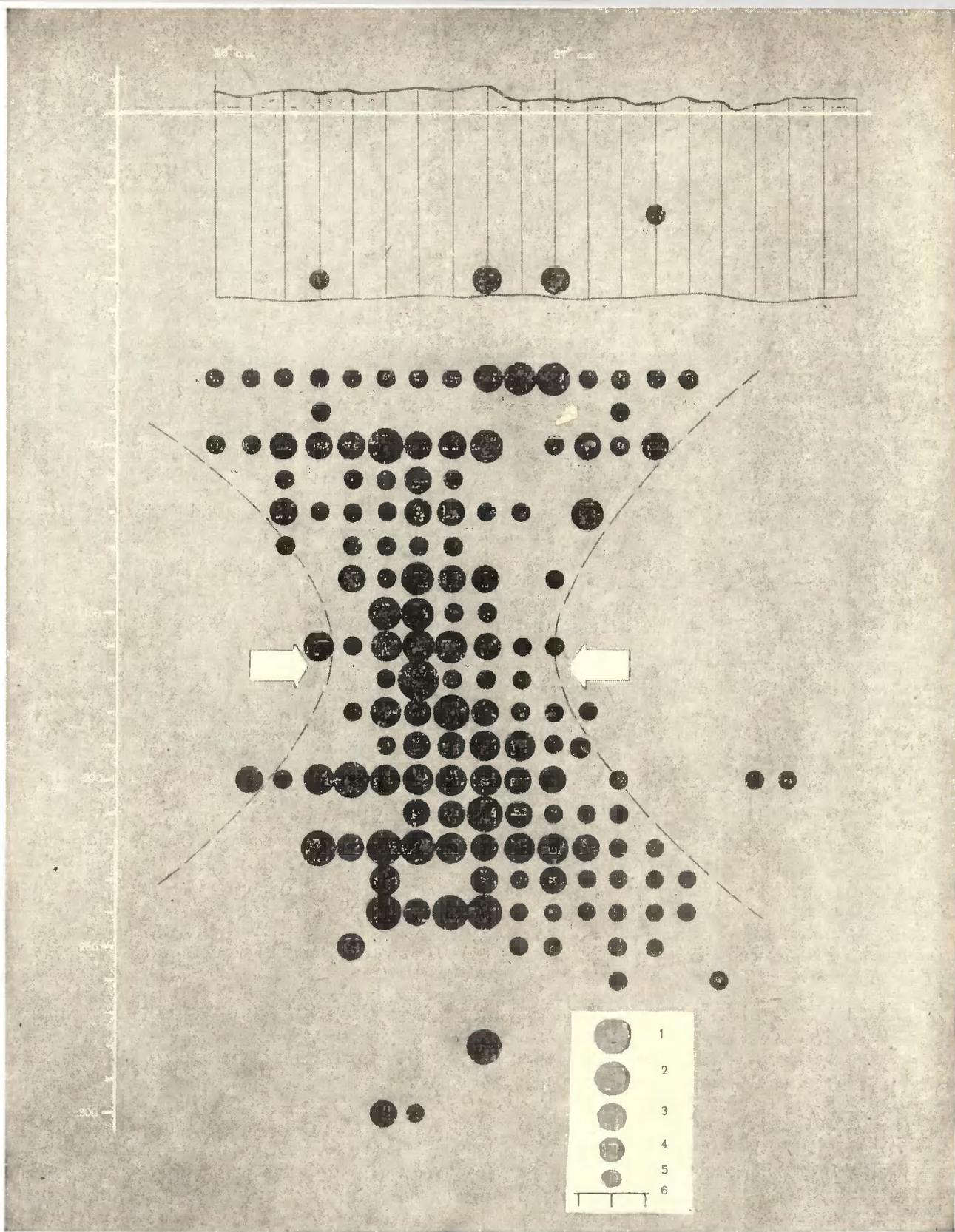


Рис. 1. Очаги землетрясений Памира и северо-восточного Афганистана, спроектированные на вертикальный разрез по меридиану $70^{\circ}30'$ с. ш. с полосы шириной в $1/4^{\circ}$ дуги по обе стороны от разреза. Точность определения положения очага, вследствие особенностей метода обработки сейсмограмм, не превышает $0,1^{\circ}$ в плане и 10 км по глубине. Следовательно, промежуточные значения координат и глубины появляться не могут. В этом — причина и того, что очаги образуют как бы правильную ортогональную сетку. Разрез составлен по данным «Атласа землетрясений в СССР», изд. АН СССР, 1962 г., и сейсмических бюллетеней за 1958—1963 гг. Черные кружки показывают очаги землетрясений различных групп интенсивности: 1 — I группа ($M \geq 7 \frac{1}{2}$), 2 — II группа ($6 \frac{1}{2} < M < 7 \frac{1}{2}$), 3 — III группа ($5 \frac{1}{2} \leq M < 6 \frac{1}{2}$), 4 — IV группа ($4 \frac{1}{4} \leq M < 5 \frac{1}{4}$), 5 — V и более низкие группы ($M < 4 \frac{1}{4}$), 6 — земная кора, под нею — мантия.

скалывания при одностороннем давлении возникают преимущественно вдоль плоскостей, расположенных под углом в 45° к направлению давления.

Этот простой теоретический вывод, известный в механике давно, находит себе подтверждение при любом испытании образцов горных пород, подвергнутых одностороннему сжатию. В качестве иллюстрации приведу фотографию опыта, выполненного в тектонофизической лаборатории кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ, по сдавливанию (в вертикальном направлении) образца неслоистой каолиновой глины (рис. 3). Как показывает фотография, трещины в образце (красные линии) действительно возникли в направлениях, диагональных по от-

ношению к направлению давления. Подобные диагональные трещины, возникающие в образце, находящемся под давлением, давно известны под наименованием линий Людерса или линий Мора.

Но тут есть одна деталь, которую следует иметь в виду при анализе деформаций, подчиняющихся закону скалывающих напряжений. Ведь таких трещин, т. е. плоскостей, идущих под углом в 45° к линии давления, сколько угодно! Все семейство таких плоскостей можно нанести на розу-диаграмму (рис. 4), и тогда хорошо видно, что в образце, испытывающем одностороннее сжатие P , возникают две пары сопряженных конусов — «конусы давления» (AOD и BOC), в пределы которых трещины, удовлетворяющие закону скалывающих напряжений,

зайти не могут, и «конусы разрушения» (AOB и COD), где эти трещины концентрируются. Аналогичная картина получается, в принципе, и при вертикальном разрезе.

В геологической практике мы нередко встречаемся с такой системой тектонических разрывов, которая весьма близко отвечает полученной тектонической схеме развития трещин по закону скалывающих напряжений. Так, продольные надвиги, параллельные складчатым нарушениям, оказываются, как правило, пологими, приближаясь к той системе трещин, которая близка к направлению MN нашего графика (см. рис. 4). Наоборот, развивающиеся одновременно с ними сдвиги ориентированы в большинстве случаев в диагональном направлении, приближаясь к нашей системе трещин AC или BD , и обладают крутым, а то и вертикальным падением. Хорошие примеры этому можно найти в Копет-Даге, на Урале, в Крыму. Я далек от мысли объяснить возникновение всех тектонических разрывов действием закона скалывающих напряжений, но там, где иные влияния отсутствуют или ослаблены, этот закон проявляется достаточно отчетливо.

Теперь, если мы сравним форму очаговой зоны Западного Памира (см. рис. 1) с розой-диаграммой трещин скалывания (рис. 4), то без труда заметим, что первая удивительно напоминает вторую, причем «конусы разрушения» розы-диаграммы будут отвечать участкам, заполненным очагами землетрясений. Если это так, а вряд ли в этом можно сомневаться, то отсюда вытекает ряд следствий.

Прежде всего, можно предположить, что здесь, в толще пород верхней мантии, господствуют напряжения горизонтального сжатия в меридиональном или субмеридиональном направлении. И действительно, сейсмологические исследования, направленные на выяснение механизма возникновения очагов землетрясений в описываемой зоне, показывают, что здесь именно такое поле напряжений. Е. П. Широкова (1967 г.), исследовавшая глу-

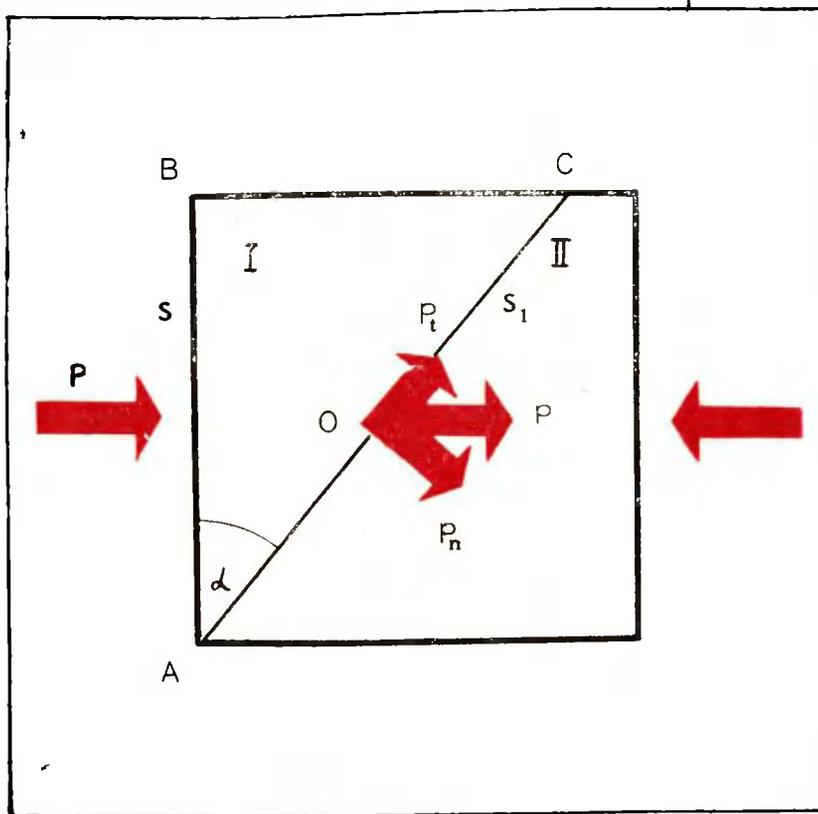


Рис. 2. К закону скалывающих напряжений (объяснение в тексте). P — давление, приложенное к образцу; S — боковая грань куба; S_1 — след произвольно выбранного сечения, т. е. трещины, возникающей под воздействием давления P , и наклонной к направлению давления под углом α ; p — напряжение, приходящееся на элементарную площадку O в сечении S_1 и равное $\frac{P}{S_1}$; p_n — нормальное, т. е. перпендикулярное к S_1 напряжение; p_t — тангенциальное напряжение, испытываемое образцом в направлении S_1 .

бокые памирские землетрясения, пришла к аналогичному выводу, указывая, что оси напряжений сжатия ориентированы в этом районе почти горизонтально, с наклоном, не превышающим 30° .

Далее следует полагать, что в толще пород, слагающих зону средоточия гипоцентров, должны развиваться либо продольные (широтные, субширотные) пологие надвиги, либо крутые диагональные сдвиги: левые — при северо-восточном простирании, правые — при северо-западном.

Геологические наблюдения показывают, что действительно (в пределах, доступных для непосредственного изучения) в осадочной оболочке преобладают тектонические разрывы, укладывающиеся в эту схему, причем протяжение и амплитуда как продольных надвигов, так и диагональных сдвигов оказываются в ряде случаев весьма значительными (километры)! Изучение методами сейсмологии тех разрывов, ко-

торые располагаются в мантии и, следовательно, недоступны глазу геолога, показывает, что они отвечают изложенной схеме, хотя здесь конкретных результатов пока немного. В качестве иллюстрации можно привести землетрясение 6/1—1951 г. (II группа интенсивности, магнитуда $M = 7$, глубина очага $h = 220$ км), для которого М. В. Гзовским (1966 г.) получены элементы, характеризующие механизм движений в очаге. Разрыв, с которым связано землетрясение, представляет собою продольный (субширотный) надвиг с падением сместителя к югу под углом около 50° в полном соответствии с тем, что требуется общей схемой.

Здесь уместно еще раз сослаться на работу Е. И. Широковой (1967 г.), которая указывает на то, что в этом районе плоскости сейсмогенных разрывов обладают наклонами от 35° и более, чаще всего $40-50^\circ$. Кроме того, преобладают подвижки по падению плоскости разрыва и, ре-

же, по простиранию, т. е. наряду с продольными надвигами здесь встречаются и взбросы и сдвиги — опять же в соответствии с общей схемой. Следует полагать, что при дальнейшем изучении механизма развития движений в очагах (т. е. так называемых динамических параметров очагов) будут найдены новые доказательства реальности гипотезы о сейсмогенном значении разрывных дислокаций, подчиняющихся закону скалывающих напряжений.

Затем еще одно обстоятельство. В случае реальности изложенного механизма разрешения напряжений следует ожидать, что наиболее часто землетрясения будут возникать в центральной части X-образной фокальной зоны и здесь же они будут достигать наибольшей силы. Анализ данных, полученных по землетрясениям с 1924 по 1963 год (на основании которых составлен рис. 1), показывает, что так оно и есть. В небольшом объеме центральной части, на глубине порядка $160-180$ км,

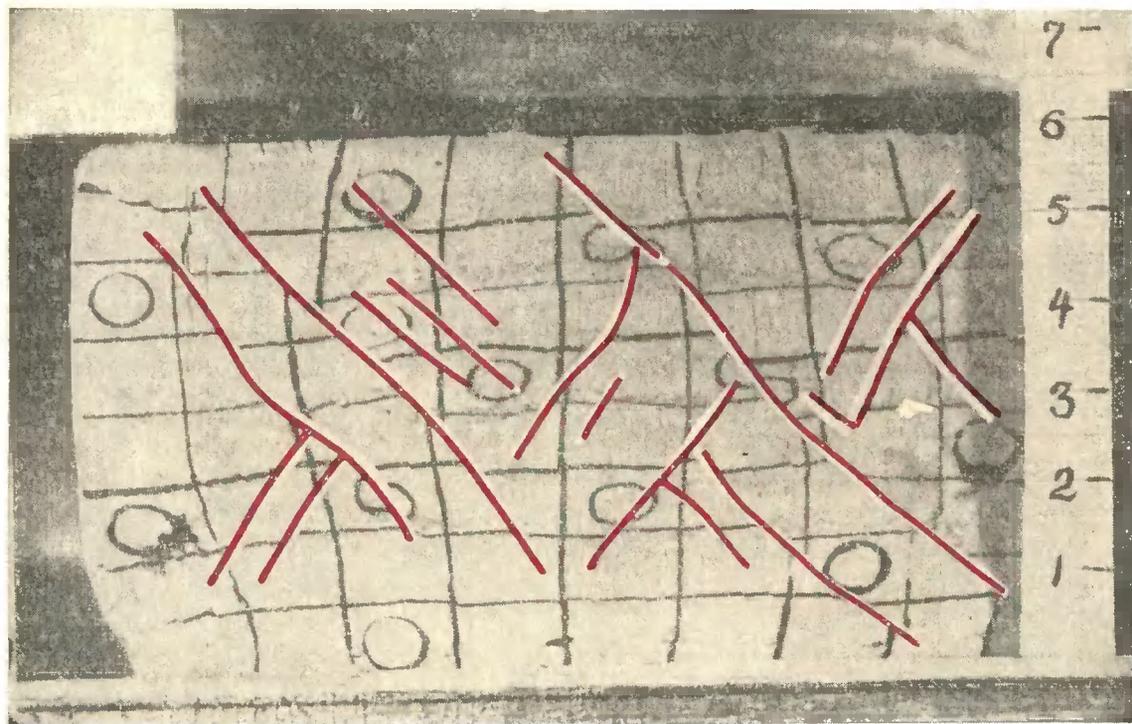


Рис. 3. Результаты опыта по сдавливанию образца глины. Вверху и внизу — стенки прибора, внутри которого помещались тонкие черные линии — контрольная сетка, нанесенная тушью на боковую поверхность образца до опыта, красные линии — трещины, возникшие в результате опыта. Ориентировка последних во всех случаях близка к 45° (по отношению к контрольным линиям)

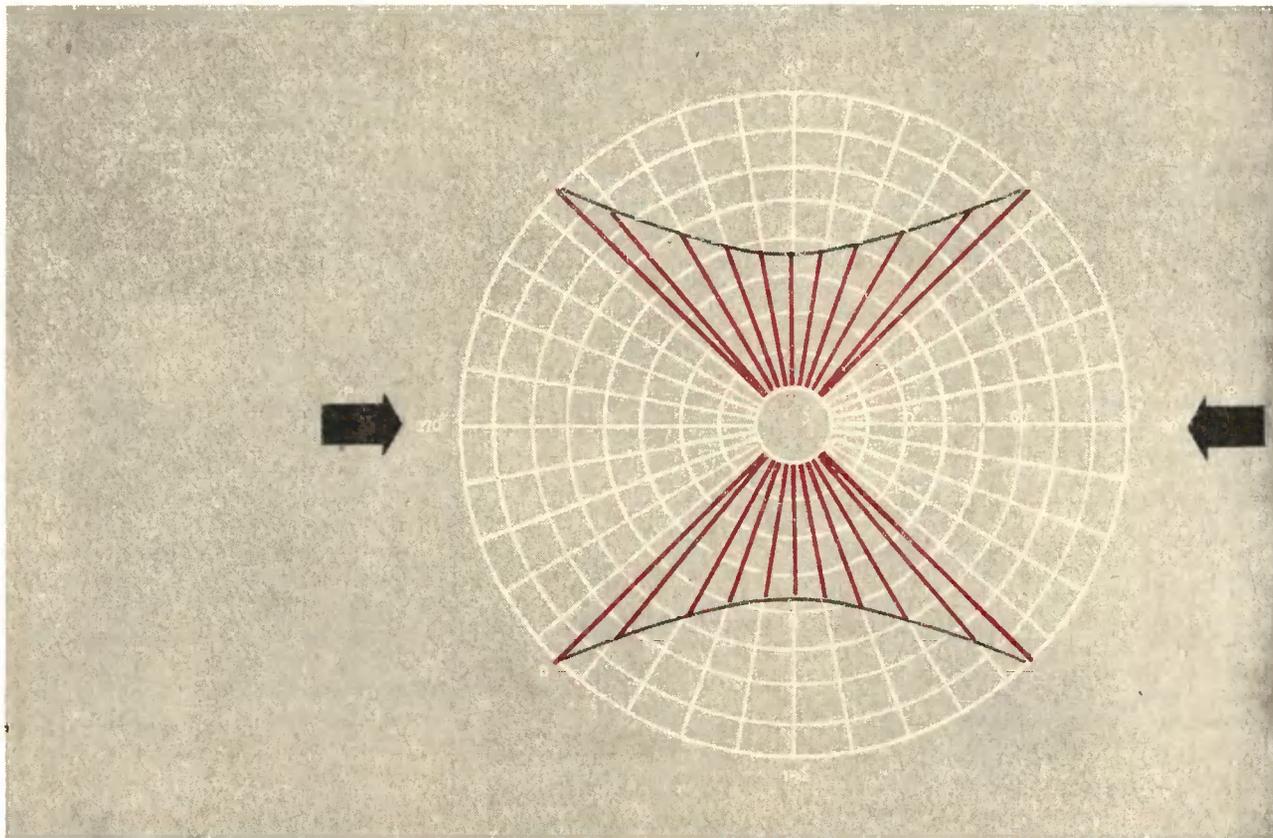


Рис. 4. Роза-диаграмма сходящихся деформаций (зависимость угла падения от азимута простирания). Если считать, что плоскость чертежа — это некая горизонтальная поверхность, то плоскости AC и BD будут вертикальными, плоскость MN будет наклонена к горизонту (вправо или влево) под углом 45° , а все промежуточные плоскости будут обладать различными углами между 45 и 90° . Но все они обладают общим свойством — образуют угол в 45° с направлением давления P .

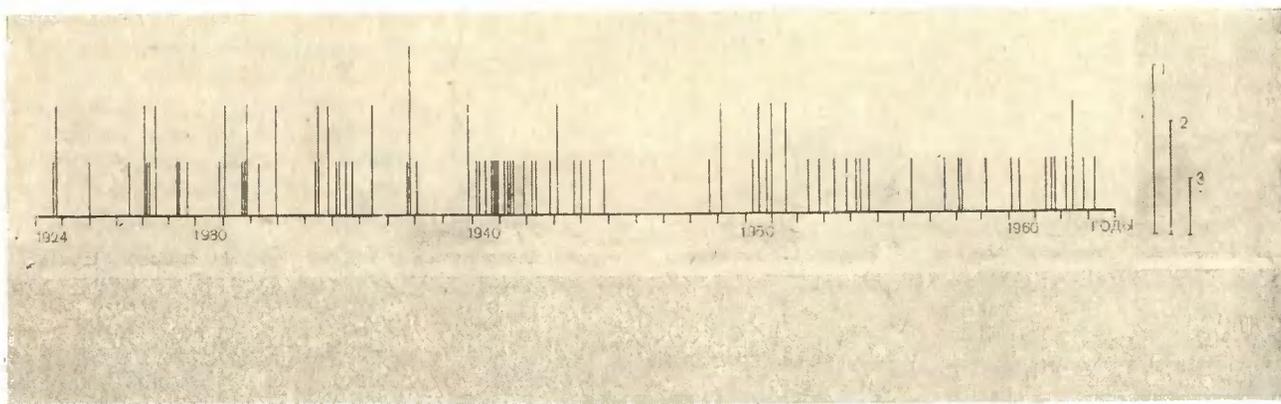


Рис. 5. График распределения сильных ($M \geq 5 \frac{1}{2}$) глубинных (100—300 км) землетрясений за период с 1924 по 1963 гг. Группы интенсивности: I группа (1), II группа (2) и III группа (3)

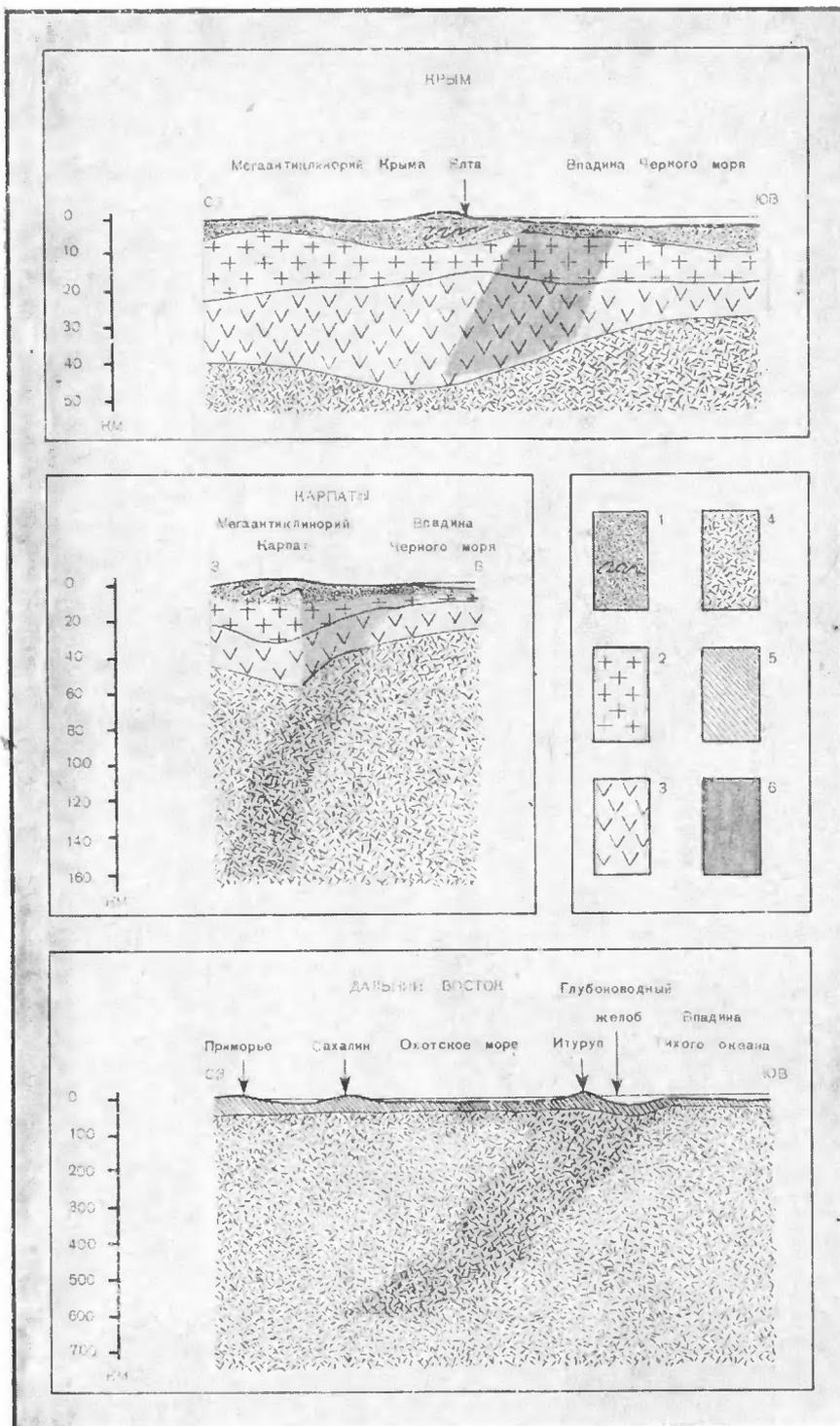


Рис. 6. Схематические разрезы через очаговые зоны Крыма (вверху), Карпат (посередине) и Дальнего Востока (снизу): 1 — осадочные породы, 2 — гранитный слой, 3 — базальтовый слой, 4 — мантия, 5 — нерасчлененная земная кора, 6 — зоны концентрации очагов землетрясений. Очаговая зона Памира по своей конфигурации резко отличается от этих зон

очаги землетрясений регистрируются чаще, чем в других местах. Правда, по рисунку об этом судить нельзя, так как сколько бы толчков ни приходилось на одну точку, они все поглощаются кружком, соответствующим очагу максимальной магнитуды. Что касается энергии землетрясений, то именно здесь расположен единственный из отмеченных за 40 лет очаг I группы интенсивности (14.XI—1937 г., $h = 170$ км). В этом отношении показателем может служить суммарное количество энергии, выделившейся за рассматриваемый промежуток времени в форме землетрясений (или величина удельной сейсмической энергии, т. е. энергии, рассчитанной на 1 см^3 объема среды за 1 сек). Эти данные указывают на концентрацию энергии именно в центральной части фокальной зоны, т. е. опять на глубинах порядка 160—180 км.

В полосе, ограниченной уровнями 110—140 км ниже ур. м., землетрясения происходят реже и энергия их ниже. На этой глубине располагается так называемый волновод, или астеносфера, т. е. слой пониженных значений скорости упругих волн и пониженной вязкости (А. А. Лукк и И. Л. Нерсесов, 1967 г.). Это значит, что накапливающиеся в результате процессов тектогенеза напряжения могут здесь частично рассасываться путем пластического течения пород, что и снижает чисто сейсмические возможности волновода. Недавно В. А. Магницкий и В. И. Жарков (1967 г.) справедливо указали на то, что «с особенностями этого слоя могут быть связаны... особенности размещения и механизма землетрясений». По-видимому, это верно, но все же волновод не искажает общей картины распределения сил, вытекающих из закона скалывающих напряжений, т. е. не искажает общей конфигурации X-образной фокальной зоны.

Есть некоторые указания на существование и другого, более глубоко расположенного слоя пониженных скоростей — именно глубже 240 км. Этот уровень совпадает с нижней границей фокальной зоны. Глубже 240 км очаги почти не встречаются. В этом можно видеть анало-

гичное влияние физической обстановки, характеризующей волновод. Можно также полагать, что напряжения, ведущие к возникновению землетрясений, вообще ограничены в данном районе оболочкой, простирающейся до глубины 240 км.

Возникает и такой вопрос: если здесь условия возникновения и разрешения тектонических напряжений характеризуются простой изложенной выше схемой, то нельзя ли ожидать, что именно в этом районе обнаружатся признаки периодичности в появлении землетрясений? Известно, что поиски такой правильной повторяемости землетрясений составляют содержание многих специальных исследований, но обнадеживающих результатов пока нет. Слишком сложна тектоническая обстановка в обычных сейсмически активных районах, слишком много факторов воздействует одновременно на сейсмический режим, чтобы землетрясения возникали бы через равные промежутки времени. Но здесь, в мантии, на фоне очевидного преобладания одного поля сил, одного закона скальвающих напряжений, может быть, легче подметить какую-либо периодичность? Мы попытались проанализировать имеющиеся материалы по глубоким сильным землетрясениям описываемого района (рис. 5). Как показывает график, здесь можно выделить периоды (каждый охватывает в среднем 2 года), характеризующиеся усилением сейсмической деятельности и разделенные периодами (в среднем полугодовыми) относительного покоя. Моменты максимума появляются с периодом порядка три с половиной года, и период этот довольно хорошо выдерживается на протяжении всех 40 лет наблюдений. Не думаю, чтобы уже можно было с уверенностью говорить о реальности такого периода; вопрос нужно исследовать дальше. Но задача не кажется безнадежной и при успешном решении может открыть новые перспективы в сложной проблеме прогноза землетрясений.

И, наконец, последнее, на что мне хотелось бы обратить внимание, — это вопрос о конфигурации

фокальных зон вообще. На Памире, как показывает наш разрез, фокальная зона (см. рис. 1) образует ярко выраженную X-образную фигуру. Но в других районах дело обстоит, как правило, иначе. Если вычертить аналогичные разрезы через сейсмически активные участки Карпат, Крыма и Курило-Камчатской области (рис. 6), то окажется, что там очаги землетрясений укладываются в сравнительно широкие полосы, которые уходят довольно круто от поверхности вглубь с явно выраженным наклоном порядка 50—60°. В Крыму фокальная зона наклонена в сторону от континентального склона Черного моря к Горному Крыму, достигая глубины 40 км; на Карпатах — в сторону от передового прогиба к складчатой области и достигает глубин порядка 200 км, а на Дальнем Востоке — в сторону от глубоководного рва Тихого океана к берегам материка, простираясь вплоть до глубины в 600 км. Почему же фокальная зона Памира так отличается по своей конфигурации от других зон? Я вижу здесь влияние асимметрии тектонической обстановки.

Тектоника Карпат характеризуется поднятием их складчатого сооружения и надвиганием последнего на его же передовой прогиб. Это происходит в зоне контакта двух различных по своей природе, геологической истории и по строению коры областей — Русской платформы и складчатого сооружения Карпат. Центральная часть антиклинория Крыма также испытывает поднятие с одновременным надвиганием на южное, погребенное его крыло вдоль резко выраженного контакта двух, также тектонически совершенно различных зон: складчатого сооружения Крыма и впадины Черного моря. На Дальнем Востоке есть основание говорить о надвигании континентальной части Азии на структуры океанического дна на фоне глубоких различий не только в тектонике поверхностных частей, но и в строении коры.

В этих условиях — если возвратиться к закону скальвающих напряжений — реализуется, так ска-

зать, лишь одна ветвь конуса давлений, т. е. возникают скальвающие деформации лишь одной ориентировки — именно продольные (по отношению к складчатым нарушениям) деформации по преимуществу типа пологих падывгов с падением их сместителей в сторону висячего крыла. Возникновение трещин обратного падения, так сказать, противопоказано, точно так же как и возникновение крутых диагональных сдвигов. Это не значит, что они не могут возникать, но, во всяком случае, одна (указанная выше) система разрывных нарушений должна заметно преобладать, что мы и видим в действительности.

Фокальная зона Западного Памира и северо-восточного Афганистана находится в другой ситуации. Здесь нет коры океанического типа, которая находилась бы в контакте с корой континентального типа, нет непосредственного соседства платформы и складчатой зоны. Здесь мы находимся в пределах центральной части обширной складчатой зоны; поверхность Мохоровичича, т. е. подошва земной коры, опускается до глубины в 50—60, даже 70 км, и эта цифра выдерживается на больших пространствах; такой коре на поверхности соответствует ярко выраженная альпийская складчатая зона, а в глубине, в мантии, под сиалическим корнем — глубоко опущенная фокальная зона, развивающаяся в условиях единого поля напряжений, при значительной симметрии всей тектонической обстановки. Отсюда — равные возможности для проявления обеих «ветвей» конуса давлений с преобладанием продольных разрывов и отсюда же — правильная симметрия фигуры фокальной зоны.

В одной из работ (Л. М. Балакина, А. В. Введенская, Л. А. Мишарина, Е. И. Широкова, 1967 г.) говорилось: «Как современное развитие тектонических структур, так и возникновение землетрясений обусловлено одним и тем же полем упругих напряжений, создаваемым за счет процессов, протекающих внутри Земли». Изложенные нами факты подтверждают и в некоторой мере конкретизируют это положение.

КОНТРАЦЕПТИВНЫЕ СТЕРОИДЫ

А. А. Ахрем

Доктор химических наук

Ю. А. Титов

Кандидат химических наук

Уже почти десять лет в зарубежной медицинской практике широко применяются контрацептивные стероиды — противозачаточные средства нового типа, действие которых основано на изменении гормональной регуляции организма женщины. Открытие этих средств расценивается на Западе как одно из важнейших достижений современной науки. Эта статья имеет своей целью дать представление о контрацептивных стероидах и возможных последствиях их широкого применения.

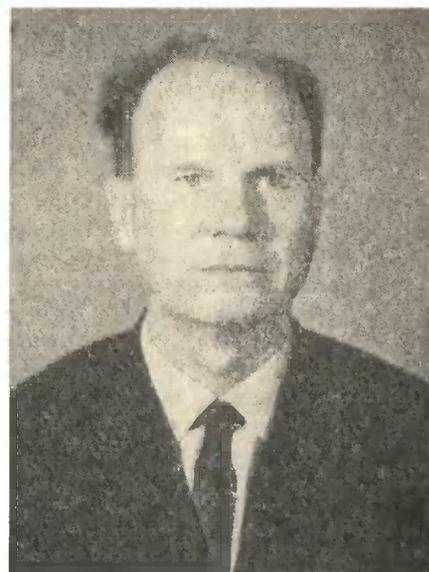
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНТРАЦЕПЦИИ

Исследование эндокринологической картины зачатия показало, что различные стадии возникновения и развития беременности управляются деятельностью стероидных гормонов организма женщины. Поэтому нарушение какой-либо из сторон этой деятельности может предотвратить возникновение беременности. Действие современных контрацептивных стероидов основано на предотвращении овуляции, т. е. выхода созревшей яйцеклетки из яичника. Ведутся также работы по созданию контрацептивных средств, которые действуют по другим механизмам: подавляют сперматогенез, рассасывают развивающийся плод, препятствуют оплодотворению яйца и прикреплению (имплантации) его к стенке матки и т. д.

При беременности овуляция прекращается. Если имитировать состо-

яние беременности путем введения соответствующих гормонов, то овуляция, а стало быть, и сама беременность будут предотвращены. Возможность практического осуществления этой идеи установлена еще в 1921 г. Оказалось, что экстракты из яичников беременных животных вызывают временную стерилизацию при введении их небеременным животным.

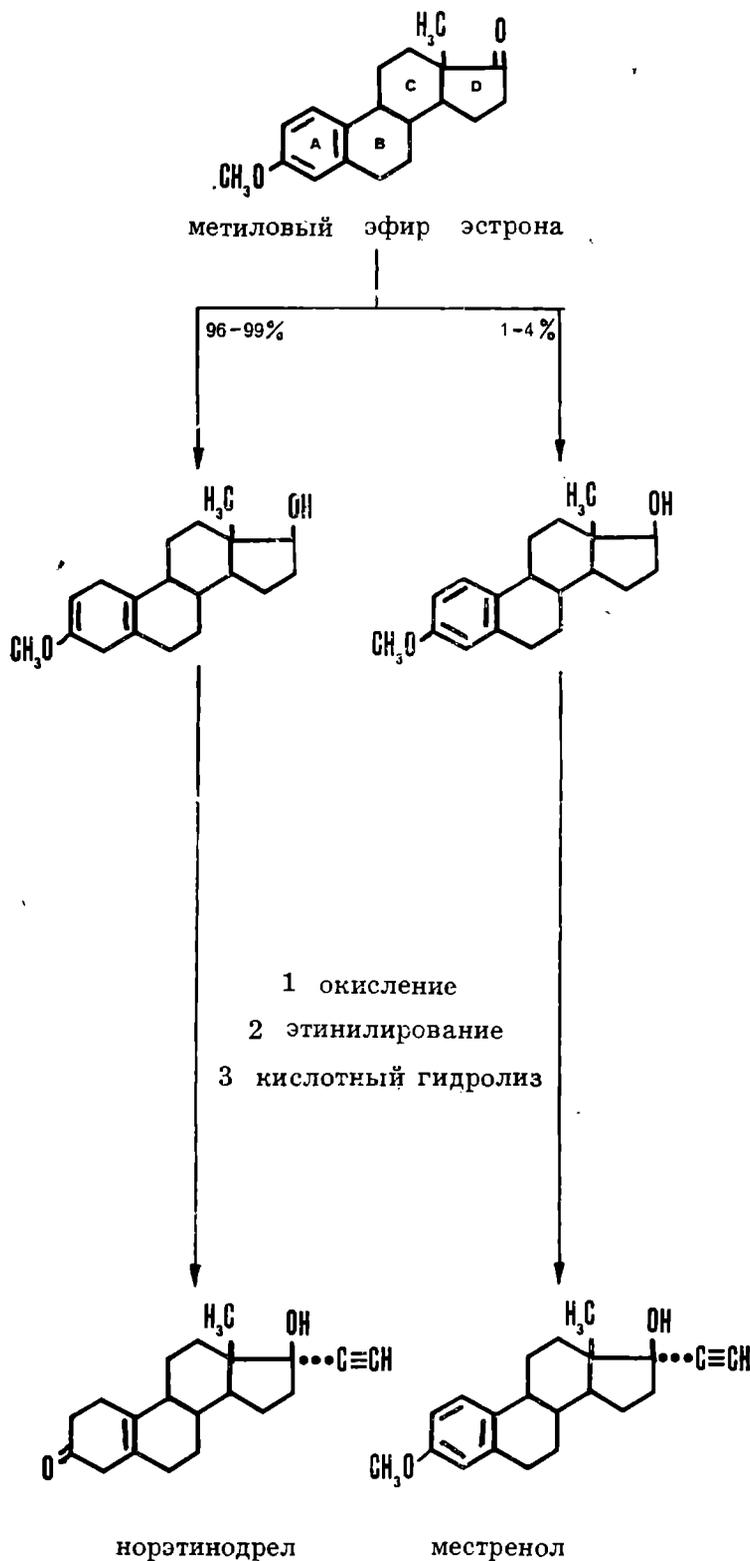
Развитие беременности тесно связано с деятельностью желтого тела — особой железы внутренней секреции. В 1934 г. был выделен в чистом виде гормон желтого тела — прогестерон (его структурная формула приведена на стр. 43) и достигнуто прекращение овуляции у животных при инъекциях этого соединения. Таким образом, была установлена возможность нормального менструального цикла без овуляции и тем самым — возможность предотвращения беременности при помощи гормональных средств.



Афанасий Андреевич АХРЕМ заведует лабораторией химии кортикоидных соединений Института органической химии им. Н. Д. Зелинского АН СССР. Автор многих научных работ и монографий в области стереохимии циклических соединений и химии стероидов.



Юрий Андреевич ТИТОВ — старший научный сотрудник той же лаборатории. Автор многих научных работ. А. А. Ахрем и Ю. А. Титов ранее выступали в нашем журнале (Кортикостероиды. «Природа», 1966, № 10).



После второй мировой войны были найдены пути совместного применения для этой цели гестагенов (соединений с активностью прогестерона) и эстрогенов (веществ с активностью женских половых гормонов; формулы некоторых из них приведены на стр. 44). При этом эстрогенные вещества устраняют вредные побочные действия (кровотечения и др.) гестагенных соединений.

Это открытие было до некоторой степени случайным. Обратили внимание на то, что применявшиеся в клинике технические препараты гестагенных соединений более эффективны, чем полученные после специальной очистки химически чистые вещества. Дело в том, что в синтезе гестагенных соединений в качестве исходных веществ использовались эстрогенные гормоны, которые вследствие неполноты протекания химических реакций содержались в конечном продукте. Небольшие примеси эстрогенов в технических препаратах гестагенов и обусловили их более высокую активность (рис. 1). Эта гестаген-эстрогенная комбинация и послужила в дальнейшем основой для решения проблемы гормональной контрацепции.

Подавление овуляции — лишь конечный итог действия контрацептивных стероидов. Управление жизненными процессами в организме значительно сложнее и осуществляется многоступенчато, на разных уровнях. Так, овуляция контролируется деятельностью гормонов желтого тела. Развитие желтого тела управляется так называемыми гонадотропными гормонами гипофиза — железой внутренней секреции, расположенной между полушариями головного мозга. Деятельностью гипофиза,

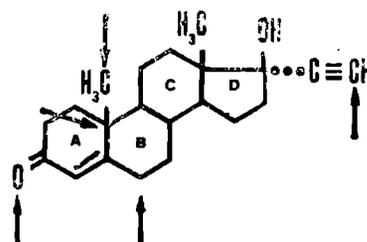
Рис. 1. Синтез контрацептивных препаратов из эстрогенных гормонов. Восстановление метилового эфира эстрона по Бёрчу (литисм и этиловым спиртом в среде жидкого аммиака) приводит к продукту с восстановленным циклом А, содержащему примесь невосстановленного соединения. Трехстадийный химический процесс дает смесь антиовуляторного стероида норэтинодрела и эстрогенного стероида местренола; эта смесь представляет собой первый контрацептивный препарат, известный под фирменным названием энovid (см. таблицу на стр. 45)

в свою очередь, ведает непосредственно связанный с ним отдел головного мозга — гипоталамус. И, наконец, гипоталамус контролируется не идентифицированными до сих пор участками центральной нервной системы. Все эти уровни управления связаны между собой также системой обратных связей.

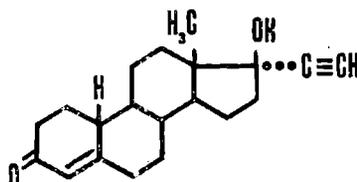
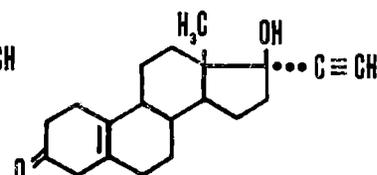
Биологический и клинический профиль каждого контрацептивного средства индивидуален. Тем не менее механизм действия их, по-видимому, общий в своей основе — главным целевым органом является гипофиз. Стероидные соединения воздействуют или непосредственно на синтез и выделение гипофизом гонадотропных гормонов (фолликулостимулирующего, лутенизирующего и лутеотропного), или на мозговые центры, регулирующие деятельность гипофиза. Действуют и дополнительные, второстепенные контрацептивные механизмы — непосредственное подавление деятельности яичников, влияние на слизистую оболочку матки и др.

Известные в настоящее время контрацептивные комбинации применяются в различных вариантах: в виде таблеток, принимаемых внутрь, в виде ежемесячных внутримышечных инъекций или, наконец, в виде вводимых в матку пластмассовых спиралей, содержащих контрацептик, постепенно проникающий через стенки спирали, — эти последние дают гарантию от беременности на один — два года. Таблетки, как правило, содержат 2—25 мг гестагенного и 0,05—0,15 мг эстрогенного препарата; при внутримышечном и внутриматочном введении дозы, разумеется, гораздо выше.

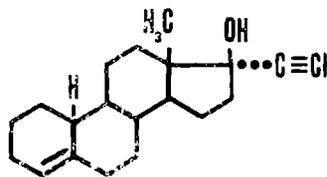
Любое лекарство, помимо своего основного действия, оказывает также и различные побочные влияния, которые нередко вредны для организма. Поскольку контрацептивные средства рассчитаны на длительное воздействие на организм и его гормональные функции, естественны



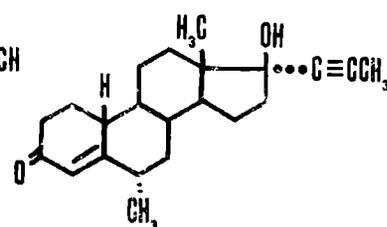
этистерон

норэтистерон
(норэтиндрон)

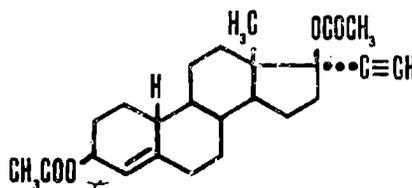
норэтинодрел



линэстренол

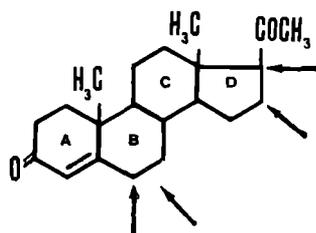


диметистерон

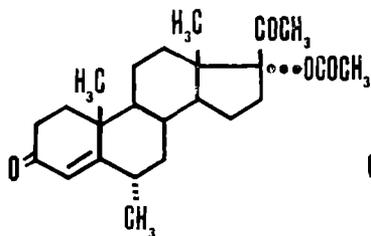


этиндиол - диацетат

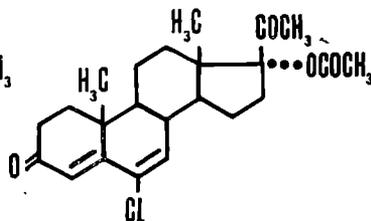
Рис. 2. Стероидные гестагены — производные тестостерона (стрелками указаны основные направления модификации)



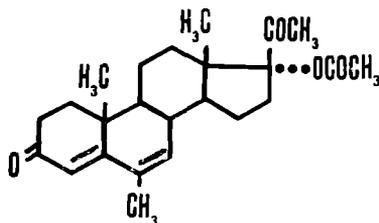
прогестерон



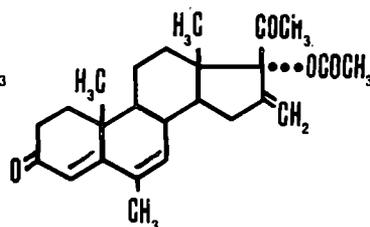
медроксипрогестерон



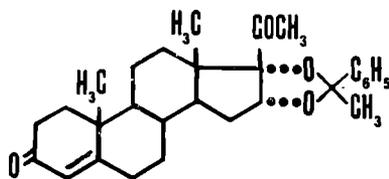
хлормадинон



мегэстрол-ацетат



меленгэстрол-ацетат



ацетофенонид 16α,17α — диоксипрогестерона

опасения — не перевешивает ли возможный риск для здоровья удобств их использования. Поэтому на первый план выдвигается вопрос о безопасности контрацептивных стероидов. Необходимо, стало быть, изучение и предупреждение вредных побочных влияний этих препаратов.

Применение антивуляторных средств имитирует в некоторой степени биохимическую картину беременности. Можно ожидать поэтому обычные при беременности расстройства функций печени, вредные воздействия на свертываемость крови, нарушения метаболизма углеводов и т. д. Однако, если не считать отдельных случаев повышенной чувствительности к стероидам, серьезных последствий при использовании контрацептивов не наблюдалось. На основании статистических данных отрицаются также канцерогенные (вызывающие рак) свойства этих препаратов. Большинство авторов, наблюдавших на большом клиническом материале действие контрацептивных стероидов, считает побочные явления незначительными и обратимыми. Среди них отмечаются головная боль, тошнота, повышение или понижение веса тела, слабость и т. д. При этом в новейших препаратах отмечены побочные явления сведены к минимуму. Тем не менее указывается, что начинающие принимать контрацептивные стероидные препараты должны находиться под наблюдением врача.

Главное же состоит в том, что после прекращения приема контрацептивных стероидов способность к беременности и деторождению полностью восстанавливалась и дети, родившиеся после этого, были нормальными. Этот вывод основан на огромном статистическом материале, поскольку в настоящее время контрацептивные стероиды применяют в различных странах миллионы женщин (более 7 млн только в США).

Рис. 3. Стероидные гестагены — производные прогестерона (стрелками указаны основные направления модификации).

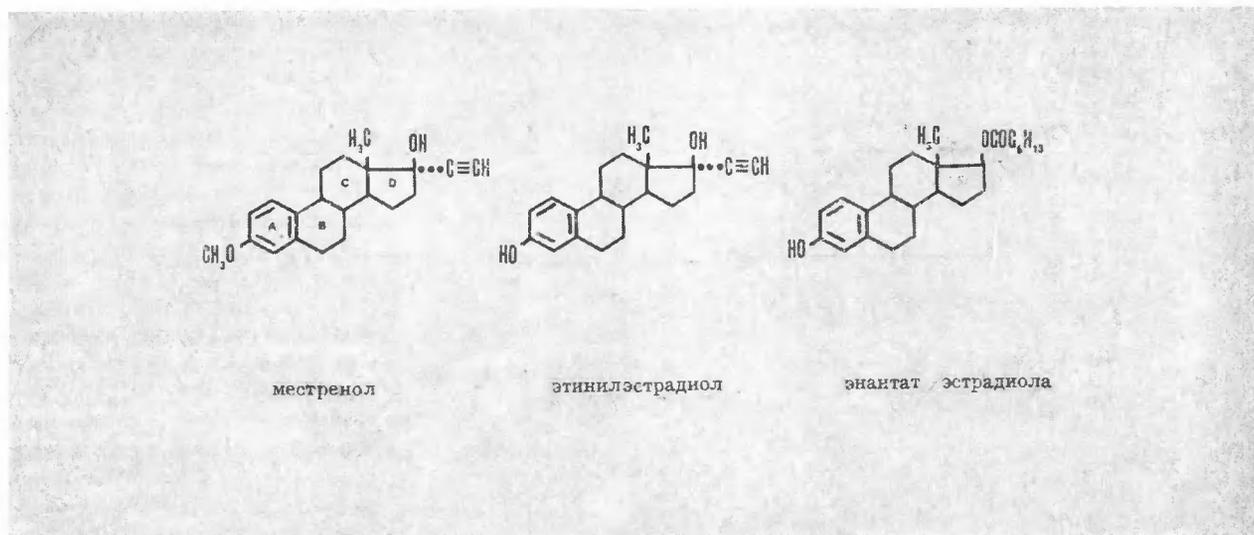


Рис. 4. Эстрогенные компоненты контрацептивных препаратов. Природные эстрогены сравнительно малоактивны. Введение добавочной этильной группы в кольцо D облегчает переход соединения из кишечника в кровеносную систему, что позволяет уменьшить дозировку

ХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

Контрацептивные стероидные препараты, как уже указывалось, состоят из двух компонентов, обладающих гестагенной и эстрогенной активностью. Природный гормон желтого тела — прогестерон — как гестагенный компонент оставляет желать много лучшего: он вызывает нежелательные побочные явления, а главное — неактивен при приеме внутрь. Это вызвало необходимость синтеза соединений, не дезактивирующихся кишечником и легко переходящих в кровяной ток; обладающих более высокой антиовуляторной активностью, что позволяет снизить дозировку, и, наконец, оказывающих меньшее побочное влияние. Успехи в развитии химии стероидов за последние два десятилетия позволили довольно быстро решить эту задачу.

Большая исследовательская работа по синтезу и сравнительной оценке активности нескольких сот соединений дала возможность установить те элементы структуры, присутствие которых необходимо для антиовуляторной активности. Эти соединения относятся к двум группам: производным мужского полового гормона

тестостерона (на рис. 2 изображено его этильное производное — этистерон) и производным гормона желтого тела — прогестерона (рис. 3). В обоих рядах соединений изменения биологической активности после введения отдельных групп оказались аддитивными, т. е. как бы суммированными. Поэтому путем соответствующей комбинации модифицирующих групп удалось получить высокоактивные препараты.

У производных тестостерона антиовуляторная активность повышается при удалении метильной группы между циклами A и B, введения добавочной метильной группы в кольцо B или удлинении боковой цепи в кольцо D. Изменение положения двойной связи у норэтинодрела уменьшает побочное андрогенное действие. Чрезвычайно интересно, что удаление кислородного заместителя в кольцо A (линэстренол) не уменьшает антиовуляторной активности, в то время как все природные стероидные гормоны непременно содержат такой заместитель. Высокую антиовуляторную активность имеют также соединения (их нет на рис. 2) с добавочной двойной связью в различных положениях кольца B или галогенсодержащим заместителем в боковой цепи.

Для основных структурных модификаций прогестерона (см. рис. 3) характерно введение двойной связи, метильной группы или галогена в кольцо B и оксигруппы или алкильной группы в кольцо D. Помимо приведенных на схеме применяются также соединения с добавочной алкильной группой в кольцо A или оксигруппой и галогеном в кольцо C. По антиовуляторной активности хлормадинон в 35 раз активнее норэтистерона и в 3500 раз активнее прогестерона. Это показывает, сколь значительны результаты, достигнутые в увеличении активности путем модификации структуры.

Названия и состав некоторых широко применяемых контрацептивных препаратов приведены в таблице на стр. 45.

СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Пожалуй, ни одна группа лекарств не вызвала столько споров, противоречащих одно другому суждений, сколько контрацептивные стероиды. Это станет понятным, если учесть социальные, экономические, религиозные и моральные проблемы, связанные с широким применением этих препаратов. Прежде всего

Состав контрацептивных стероидных препаратов

Название	Гестагенный компонент (см. рис. 2 и 3)	Эстрогенный компонент (см. рис. 4)
Эновид (ноновид) Ортоновум (норинил) Норлестрия (ановляр) Эталондин	Норэтинодрел Норэтиндрон	Местренол Местренол
Овулен	Норэтиндринацетат Норэтиндринацетат	Местренол Этинилэстрадиол
Линдиол (нордиклив) Ораков Провест	Этиндиолацетат Линэстренол	Этинилэстрадиол Местренол
Валидан С-Квенс Делядротат	Диметистерон Медроксипрогестерон Мегэстрол-анетат Хлормедион Ацетобенонид 16 α , 17 α -диоксипрогестерона	Этинилэстрадиол Этинилэстрадиол Местренол Местренол Эстрадиоланатат

следует отметить, что не оправдались первоначально высказывавшиеся опасения относительно «сексуальной анархии» или прекращения прироста населения при распространении контрацептивных стероидов (в США, где их применяет значительная часть замужних женщин, рождаемость не уменьшилась).

Применение контрацептивных стероидов имеет, прежде всего, чисто медицинское значение — прекращение абортон и, стало быть, улучшение здоровья женщин. Оно дает возможность «сознательного материнства» — дети] рождаются только тогда, когда их появление желанно для обоих родителей. Для Советского Союза, по-видимому, будет актуален именно этот — медицинский и семейный — аспект применения контрацептивных стероидов.

Однако сознательным материнством не ограничивается их социальная роль. С разработкой этих препаратов человечество впервые в своей истории получило эффективный и безопасный метод ограничения численности населения. Вопрос, нужно ли вообще ограничивать эту численность, стал особенно важным в связи с так называемым «демографическим взрывом» — ускорением

прироста населения Земли за последние десятилетия¹.

Следует рассмотреть отдаленные и ближайшие перспективы роста населения. Отдаленные перспективы можно охарактеризовать таким примером. При сохранении нынешних темпов прироста населения всего через тысячу лет — в 3000 году — на площади суши, равную странице этого журнала (5 д.м²), будет приходиться 75 человек. Даже при вводе в действие всех потенциальных ресурсов земного шара и учете естественных демографических факторов, ограничивающих ныне прирост населения в развитых странах, необходимость регулирования роста населения в будущем представляется неизбежной.

Ближайшие перспективы связаны с тем, что во многих развивающихся странах Азии, Африки и Латинской Америки резко нарушено равновесие между численностью населения и объемом используемых природных ресурсов. По данным ООН, в следующие 20 лет, на протя-

¹ Точки зрения советских ученых по этому вопросу изложены в популярных статьях В. В. Покшишевского («Природа», 1967, № 1) и Б. Ц. Урланиса («Курьер ЮНЕСКО», 1967, № 2).

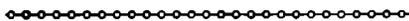
жении жизни одного поколения, население этих стран увеличится примерно на 75%, т. е. на миллиард человек. Очевидно, что в ближайшей перспективе дело не только в том, какое количество населения может прокормить та или иная страна при полном использовании всех своих ресурсов. Важнее другое: сможет ли эта страна обеспечить в ближайшие годы уровень капиталовложений, необходимый для того, чтобы и прокормить возрастающее население, и дать ему образование, и создать рабочие места в сфере производства и обслуживания. Этот уровень многие страны обеспечить не в состоянии, и для них демографическая политика, направленная на регулирование роста населения, становится государственной проблемой.

Вопрос об использовании для этой цели контрацептивных стероидов, естественно, решается каждым государством в отдельности (в настоящее время они находят применение в 25 развивающихся странах).

Разумеется, было бы совершенно неправильно рассматривать контрацептивные стероиды как панацею от всех экономических затруднений (как это делают многие буржуазные демографы). Однако нельзя отрицать того факта, что они могут оказать серьезную помощь в оптимизации роста населения, т. е. в обеспечении наиболее целесообразных с экономической точки зрения темпов прироста населения данной страны в данных условиях.

В заключение авторы еще раз подчеркивают, что неправильно отождествлять роль контрацептивных стероидов с задачами ограничения рождаемости, не учитывая их медицинского значения. Следует помнить, что большинство женщин, использующих эти средства, живут в США и Западной Европе, имеющих и без того низкий или средний прирост населения.

УДК 612.018



МЕРЗЛЫЕ ТОЛЩИ ЗЕМЛИ

Н. А. Граве

Доктор географических наук

До недавнего времени вечной мерзлотой интересовались в основном строители и геологи в связи с освоением Крайнего Севера. Сейчас к этим важным вопросам прибавилась новая проблема, можно сказать, планетарного порядка — количественный учет льда, находящегося в литосфере, его развитие и баланс. Возникла эта проблема потому, что жизнь действительно требует выявления ресурсов воды во всех ее состояниях на всем земном шаре и правильного их использования. Ученые всего мира приступили к этой огромной работе по проекту Международного гидрологического десятилетия. Лед, в том числе и заключенный в мерзлых горных породах, становится объектом количественных исследований.

Огромный размах буровых работ на территории европейского Севера и Сибири, связанный большей частью с поисками нефти, газа и других полезных ископаемых, дал возможность получить новые данные, значительно меняющие и расширяющие наши старые представления об основных параметрах вечной мерзлоты.

Мы теперь убеждаемся в значительно более глубоком охлаждении земной поверхности, чем это представлялось ранее. Мы узнали, что в горных районах интенсивность промерзания пород часто не подчиняется общепринятому представлению о связи этого процесса с высотной поясностью. Скважины открыли нам не известное до того явление — глубоко погребенные остатки мерзлых толщ ледникового периода, вечную мерзлоту под ледниками. Выяснилось, что не только повторножильные льды образуют самые мощные скопления льда в литосфере. Наконец, много нового стало известно об истории развития мерзлых толщ в четвертичном периоде.

На совещании по мерзлотоведению¹ были подведены итоги советских исследований. Как самостоятельная наука мерзлотоведение в СССР оформилось в 20-х годах нашего столетия. Благодаря трудам советских ученых проф. М. И. Сумгина, акад. В. А. Обручева и других

¹ См. Материалы Всесоюзного межведомственного совещания по мерзлотоведению. Якутск, 1966, вып. 1—9.

эта наука продолжает развиваться чл.-корр. АН СССР Н. А. Цытовичем, П. Ф. Швецовым, профессором В. А. Кудрявцевым, А. И. Поповым, И. Я. Борановым, П. И. Мельниковым и многими другими. Совещание показало, что советское мерзлотоведение уже к 50-летию Советского государства по многим вопросам занимало ведущее положение.

Нас могут спросить: разве под землей так много льда, что он может иметь какое-либо значение в гидрологическом балансе планеты? Самые приблизительные подсчеты (см. табл. на стр. 48) показывают, что масса подземного льда составляет второй по величине процент по сравнению со всеми видами льда на Земле и уступает только ледникам.

Но это лишь общее представление о порядках величин и их соотношении, которого совершенно недостаточно для составления гидрологического баланса, а тем более для решения все более реального вопроса — что станет с вечной мерзлотой в случае искусственного преобразования

Обнажение ледяных жил плейстоценового возраста в верхней части Мамонтовой горы на реке Алдан

Фото А. Толстова



природы Арктики¹. Прогноз поведения мерзлых толщ потребовался и при проектировании огромного водохранилища на р. Вилюе в связи со строительством Вилюйской ГЭС.

Режим мерзлой толщи горных пород зависит от условий, которые существуют на ее границах с дневной поверхностью и тальми породами (на нижнем контакте). Ведь именно эти условия определяют величины тепловых потоков — на верхнем и нижнем пределах слоя вечной мерзлоты. Если «верхние» условия выражены в величине результирующего теплового потока на глубине, где затухают сезонные колебания температуры, связанные с тепловыми процессами на поверхности почвы, то «нижние» условия определяются величиной потока геотермического тепла. От соотношения верхних и нижних, так называемых граничных, условий и зависит — увеличивается во времени слой вечной мерзлоты, уменьшается или остается стабильным.

Поэтому для ответа на вопросы о возможном направлении процесса промерзания пород, о скорости этого процесса и о последствиях его, обнаруживающихся на дневной поверхности, можно судить, только зная фи-

¹ Например, П. М. Борисов, автор очень смелого проекта перекрытия Берингова пролива плотиной, предполагает, что экономические последствия оттаивания вечной мерзлоты на советском Севере будут в общем ничтожны по сравнению с практическим эффектом потепления климата Сибири. Может быть, это и так, но, к сожалению, мы еще не знаем, как будет происходить процесс оттаивания подземного льда — быстро или медленно, снизу или сверху, или с обоих концов мерзлой толщи; будут ли медленно и незаметно проседать здания на оттаивающем грунте или этот процесс вызовет катастрофическое их разрушение.

зико-географические и геологические особенности распространения льда в породах.

Существенное значение при этом имеет изучение истории развития мерзлых толщ в четвертичном периоде и применение расчетных (машинных) методов в исследовании процессов промерзания и протаивания.

ГЛУБИНА 1500 МЕТРОВ!

В 1964 г. в глубокой, почти двухкилометровой буровой скважине, пробуренной для выяснения перспектив нефтегазоносности близ Полярного круга, в верховьях р. Мархи — левого притока р. Вилюя — была измерена температура горных пород. Результат оказался неожиданным: отрицательная температура пород наблюдалась почти до 1500 м! Такой большой глубины промерзания земли до сих пор не знали. Считалось, что максимальная толщина слоя вечной мерзлоты не превышает 600—650 м, как это ранее было установлено на севере Якутии. Ведь в районе пос. Мирный мерзлота не превышает 400 м, а гораздо севернее — в бухте Тикси — 650 м.

Дважды повторяли измерения, и результат был получен тот же.

Чем же объяснить такое сильное охлаждение земной коры?

Ответ на этот вопрос ученые стали искать в геологическом строении района. Мархинская скважина заложена на южном склоне Анабарского массива¹, и кристаллический

¹ Этот массив представляет собой выход на поверхность древнего кристаллического фундамента (за пределами массива этот фундамент опущен на большую глубину и его поверхность покрыта более молодыми геологическими напластованиями).



Николай Александрович ГРАВЕ — старший научный сотрудник Института географии АН СССР, ученик акад. В. А. Обручева и проф. М. И. Сумгина. Много лет занимается изучением вечной мерзлоты на Северо-Востоке Сибири. Известен своими работами «Условия и особенности мерзлых толщ в Чукотско-Корякской стране и на Камчатке», «Промерзание зимней поверхности и оледенение в хребте Сунтар-Хаята» и др.



Характеристики льда в природе (по Шумскому, Кренке и Зотикову, 1964 г.)

Вид льда	Масса	Площадь распространения		
		% ко всей массе льда	миллионы км ²	% к площади (суши, океана и земной поверхности)
Ледники	$2,398 \times 10^{22}$	98,95	16,2	10,9 суши
Подземный лед	от 2 до 5×10^{20}	0,83	21,0	14,1 суши
Морской лед	$3,483 \times 10^{19}$	0,14	28,0	7,2 океана
Снежн. покров	$1,05 \times 10^{19}$	0,04	72,4	14,2 поверхности земли
Айсберги	$7,65 \times 10^{18}$	0,03	63,5	18,7 океана
Атмосферный лед	$1,68 \times 10^{18}$	0,01	310,1	содержится в атмосфере всюду
Всего	$2,423 \times 10^{22}$	100		

фундамент, сложенный породами архейского возраста, залегает на глубине 2120 м. Сверху он покрыт сначала докембрийскими породами, а с глубины 1700 м и выше — известняками и доломитами кембрийского и ордовикского возраста.

При проходке скважины было встречено три горизонта подземных вод: на глубинах 300, 1042—1105 и 1831 м. Воды самого нижнего горизонта обладают сильным напором — до 1800 м и очень высокой минерализацией (500 г/л).

По-видимому, аномально глубокой промерзание верхних слоев земной коры в верховьях р. Мархи объясняется поступлением сюда холодных рассолов с Анабарского кристаллического массива, где они залегают ближе к поверхности и имеют низкую отрицательную температуру (П. И. Мельников, 1966 г.).

Обнаруженное очень интересное в научном отношении явление имеет и большое практическое значение. Кембрийские породы, вскрытые скважиной, в нижней части почти наполовину насыщены нефтью. Но при такой низкой температуре нефть становится настолько вязкой, что трудно здесь ожидать ее интенсивного притока. Следовательно, промышленную нефть следует искать уже в более глубоких горизонтах.

Геологические процессы оказывают самое различное влияние на температуру и мощность вечной мерзлоты и резко нарушают широтную зональность в географическом распределении этих важнейших параметров мерзлых толщ горных пород.

Любопытная аномалия была от-

мечена недавно в той же Якутии — в долине среднего течения р. Лены на участке от пос. Хатырык (120 км к северу от Якутска) до г. Жеганска — в области, которую геологи называют Приверхоянским краевым прогибом. Здесь глубокими скважинами обнаружена вечная мерзлота более 500—600 м мощностью — на 200—300 м больше и с температурой почти на 2° выше, чем в Якутске. А глубже вечной мерзлоты, по крайней мере начиная с глубины 1000 м, температура пород резко повышается, и на глубине 3 км она достигает почти 60—80°.

Растянутая геотермическая ступень (более 100 м/град) в мерзлой толще Приверхоянского прогиба, сложенного, по мнению чл.-корр. АН СССР П. Ф. Швецова, мезозойскими и кайнозойскими осадочными породами, вероятно, отражает очень длительное существование вечной мерзлоты и постепенное погружение литосферы в этом районе. Погружение и оттаивание промерзшего осадочного чехла здесь должно было повлечь за собой выхолаживание более глубоких слоев вследствие поглощения скрытой теплоты таяния льда.

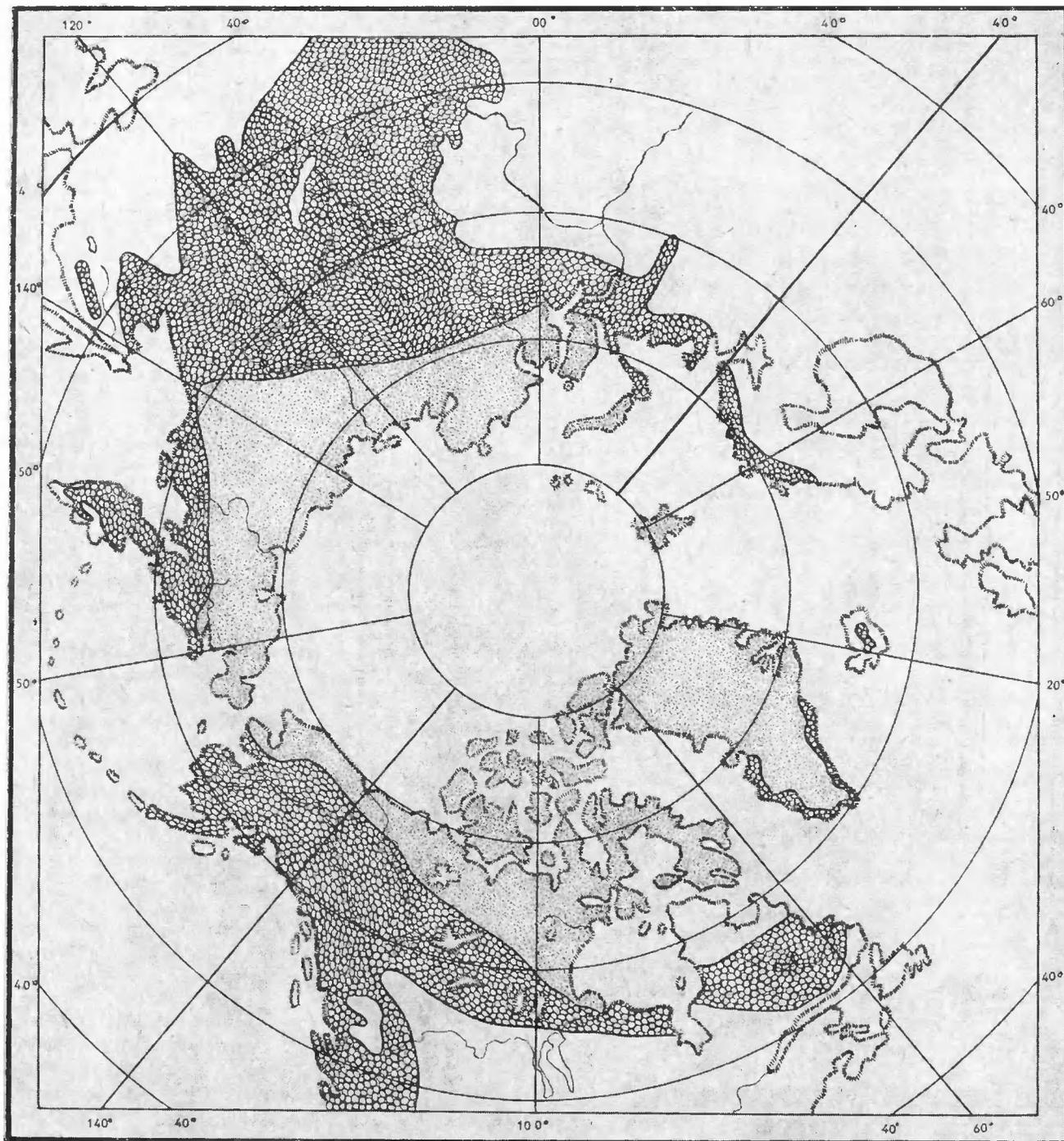
В ГОРНЫХ РАЙОНАХ И ПОД ЛЕДНИКАМИ

Нередко думают, что в горах все просто: чем выше горы — тем холоднее и тем глубже промерзает поверхность. Это правильно, но лишь отчасти. На самом деле совокупность целого ряда факторов, как геологических, так и географических, резко нарушает широтную зональность

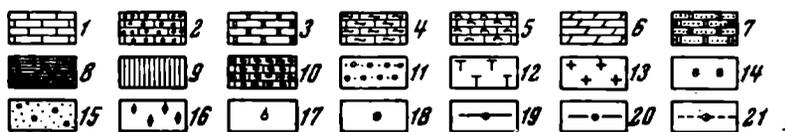
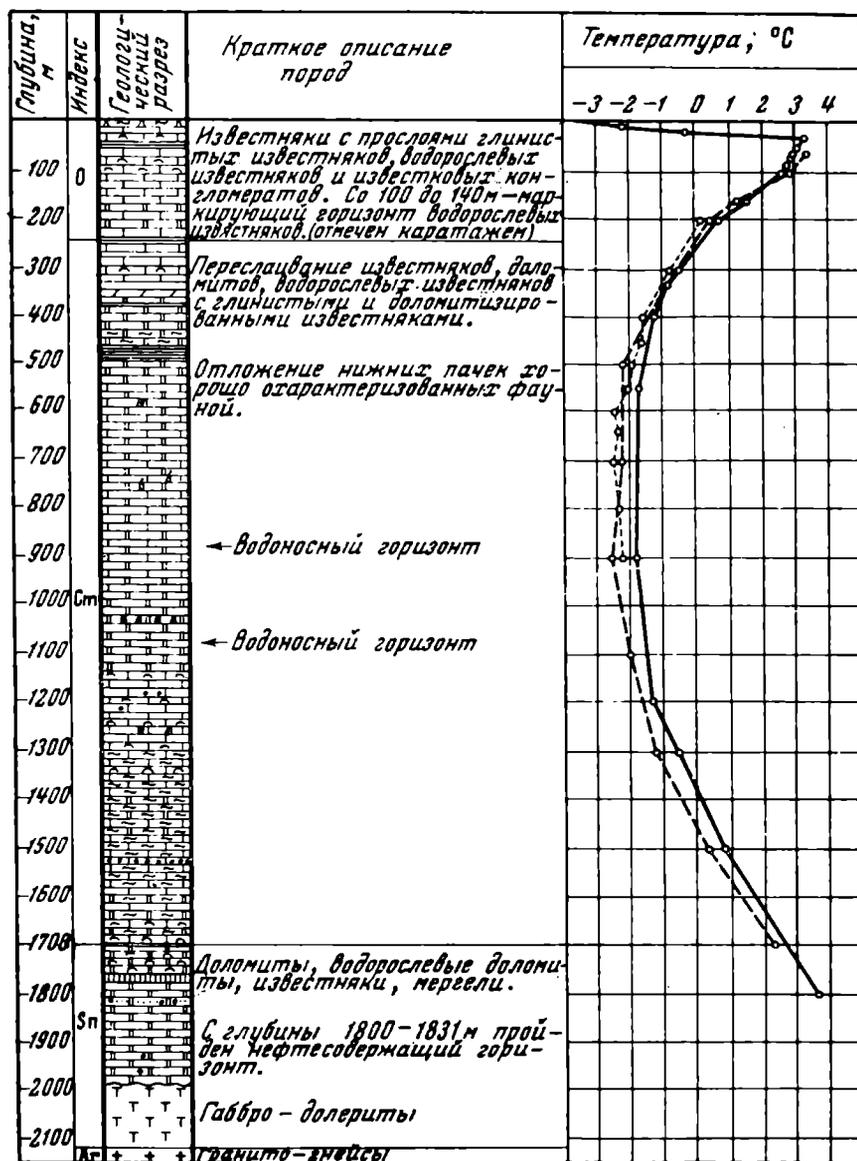
и высотную поясность в распространении мерзлых толщ. Это прежде всего относится к подземным водам, особенно активным в горных районах молодого геологического возраста, и приотливности залегающих снежного покрова, наличию геохимических процессов в горных породах, с которыми связано выделение или поглощение тепла, и др. Конечно, климатический фактор (температура воздуха и осадки) играет огромную роль в промерзании поверхности гор, но роль его зависит не только от широты и высоты, а в большой степени — от континентальности места. В горных районах Восточной Сибири, вдали от морских берегов, одним из главных следствий континентальности положения горных массивов является зимняя температурная инверсия. Она выражается в том, что зимой в межгорных впадинах и котловинах, вследствие интенсивного радиационного выхолаживания земной поверхности, образуется довольно мощный слой плотного, холодного воздуха, в котором самая низкая температура наблюдается в приземном слое, а выше она заметно повышается. Например, средняя температура января в Оймяконской впадине на 20° ниже, чем на расположенном рядом хребте Сунтар-Хаята высотой 2—3 км. А в отдельные зимние дни, когда в Оймяконе стоит густой морозный туман и термометр показывает 60°, кому очень холодно, может отправиться в горы «погреться»: там, на высоте около 2000—2500 м, в это же самое время мороз может быть не ниже 15—20°.

Явление зимней температурной инверсии связано с охлаждением нижних слоев почти неподвижного в замкнутых котловинах воздуха, зависит от выхолаживания в процессе длинноволнового излучения земной поверхности. Высокогорные же районы испытывают на себе тепляющее влияние воздушных масс, приносимых с океанов. А в уменьшении промерзания почвы здесь играет роль также большое количество выпадающего снега, толщина которого почти в 4 раза больше, чем в Оймяконе.

В континентальных районах под высокими широтами существуют три



Всячая мерзлота в Северном полушарии (по Т. Л. Павз, 1966): зоны сплошного (1) и островного (2) распространения мерзлоты



Геологический и геотермический разрез мархинской скважины (П. И. Мельников, 1966 г.): 1 — известняки; 2 — известняки оолитовые; 3 — известняки доломитизированные; 4 — известняки глинистые; 5 — доломиты водорослевые; 6 — мергели; 7 — доломиты алевролитовые; 8 — аргиллиты; 9 — сланцы; 10 — конгломераты известковистые; 11 — гравелиты; 12 — доле-

риты; 13 — гранито-гнейсы; 14 — водопроявления; 15 — проявления капельно-жидкой нефти; 16 — битуминозность; 17 — газ; 18 — ископаемая фауна; 19 — температурная кривая по измерениям 13—14 февраля; 20 — температурная кривая по измерениям 20—21 февраля; 21 — температурная кривая по измерениям 23 февраля

«этажа» криосферы¹ (И. Н. Луговой, 1967 г.). Нижний совпадает со слоем инверсии. В пределах первого этажа промерзание пород должно уменьшаться с высотой места. Выше, во втором этаже, температура воздуха достигает максимума и остается почти неизменной на некотором интервале высот. Здесь выпадает больше всего снега и зима отличается наибольшей мягкостью, вследствие чего и промерзание пород должно быть во втором этаже наименьшим, а в некоторых случаях и вовсе отсутствовать. Наконец, еще выше, в третьем этаже, температура воздуха резко понижается с высотой, снежный покров уменьшается и промерзание пород должно усиливаться тем больше, чем выше отметка места.

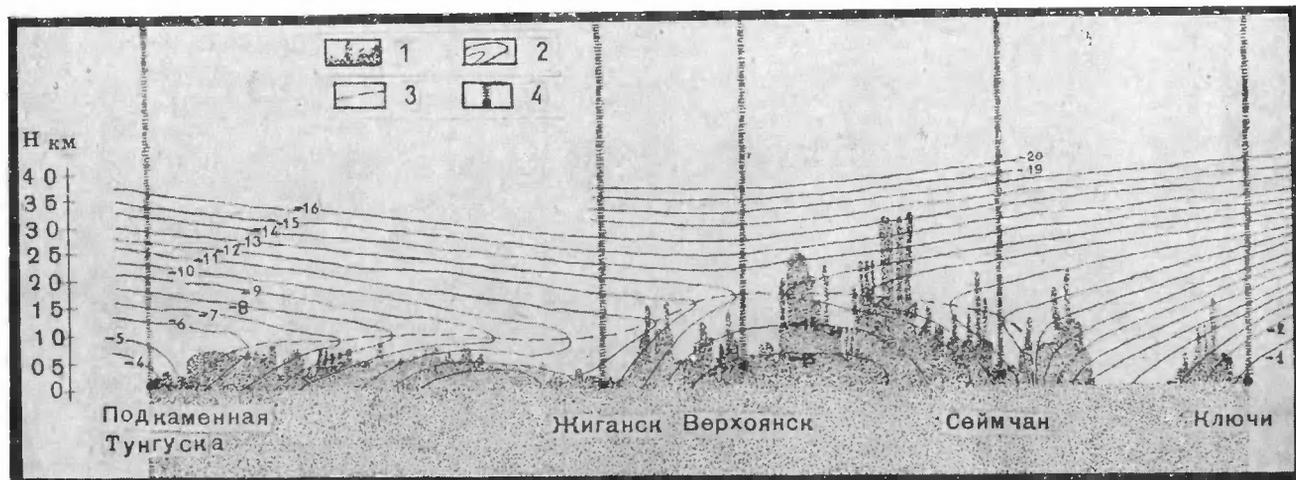
К сожалению, о глубине промерзания в горных районах пока данных очень мало. Например, в хр. Удокан (восточное Забайкалье) на высоте более 2 км породы промерзли до глубины 900 м (И. А. Некрасов). Самую мощную вечную мерзлоту, вероятно, надо искать в горах Средней и Центральной Азии.

Однако нарисованная картина — это лишь грубая схема, в природе все гораздо сложнее, так как на общую закономерность накладываются влияние местных факторов.

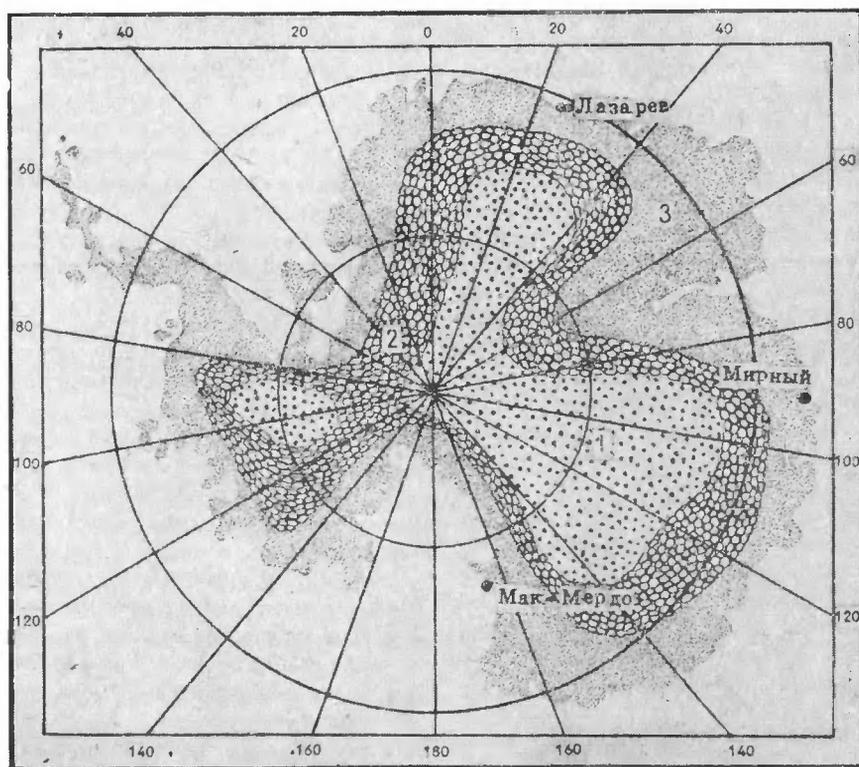
А есть ли вечная мерзлота под ледниками? Вопрос этот существен уже хотя бы потому, что ледниками покрыто на Земле более 16 млн. км².

Широко развито мнение, что вечная мерзлота и оледенение — антагонисты: оледенение развивается в более океаническом, богатом осадками климате, а вечная мерзлота — в континентальном. Мощный снежный покров и ледниковые толщи препятствуют промерзанию под ними горных пород. Исходя из этого, долгое время считалось, что под ледниками мерзлоты нет, тем более, что ледники, двигаясь по своему ложу, должны иметь в приземных слоях температуру, близкую к таянию льда. Но в последнее время начали появляться

¹ Криосфера — оболочка Земли, имеющая отрицательную температуру. В криосферу входят часть верхних слоев литосферы, часть гидросферы и нижние слои тропосферы. Нижняя граница криосферы очерчивается изотермой в 0°.



Средние годовые температуры воздуха в нижних слоях тропосферы по профилю: Средняя Сибирь — Камчатка (П. Н. Луговой, 1967 г.): 1 — рельеф, 2 — средние годовые изотермы воздуха, 3 — уровень наивысших температур, 4 — пункты аэрологического зондирования. В горах Восточной Сибири четко выражен купол инверсионного слоя температур воздуха



Области ледяного щита Антарктиды, охваченные донным таянием при расчетных значениях географического потока тепла q_g , равного $1,25 \cdot 10^{-6}$ кал/см² сек (1), и при q_g , равном $2,5 \cdot 10^{-6}$ кал/см² сек (2). Область вероятного распространения вечной мерзлоты под ледником (3) (И. А. Зотиков, 1966 г.).

факты, свидетельствующие о том, что под некоторыми ледниками (хр. Сунтар-Хаята, Земли Франца-Иосифа и даже Гренландии, где мощность ледникового покрова превышает 2 км) есть вечная мерзлота.

Исследования температурных разрезов антарктического ледникового покрова и теоретический расчет тепловых потоков в разных точках этого огромного ледника (И. А. Зотиков, 1966 г.) показали, что под центральной частью ледника вечной мерзлоты, по-видимому, нет: там мощность льда достигает 2—3 км, и в основании ледник тает, давая ежегодно 20 км³ воды. При таких больших мощностях льда тепло, идущее из недр Земли, и тепло, выделяющееся за счет движения ледника, оказалось сильнее невероятного холода, царящего на поверхности: на глубине 15 м от поверхности, на высшей точке ледника, имеющего отметку почти 4 км над ур. м., температура фирна в среднем за год может достигать минус 95° (А. П. Капица, 1964 г.).

Что же касается периферической части Антарктического ледника, то действительно, в районе пос. Мирный, где толщина льда достигает 65 м, бурением установлено, что под ледником скальные породы находятся в мерзлом состоянии, температура их под ледником достигает —6,6° (В. Н. Богословский, 1960 г.). Если

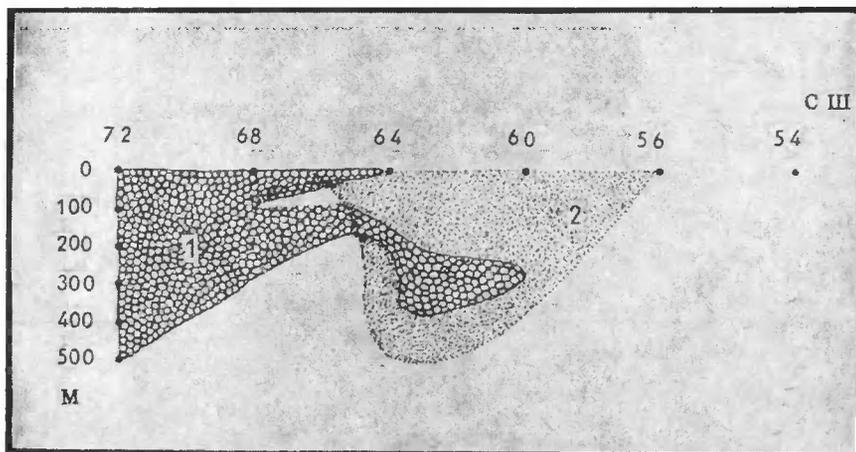
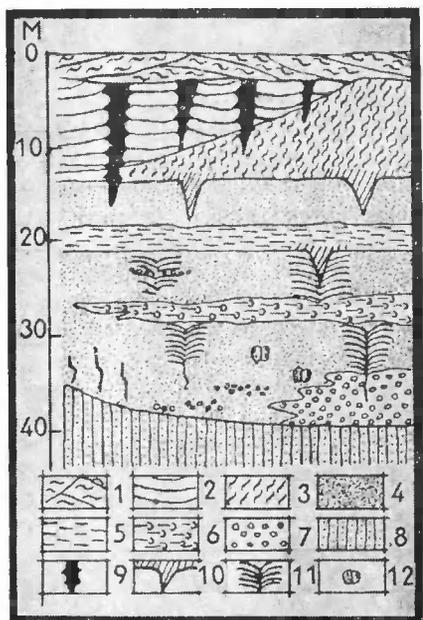


Схема распространения «вечной мерзлоты» на территории Западной Сибири по меридиональному профилю (В. В. Баулин, 1962): 1 — вечная мерзлота в современную

эпоху; 2 — граница распространения мерзлой толщи в первой половине плейстоцена (ямальская и казанцевская трансгрессии моря)



Разрез северной части Мамонтовой горы (Е. М. Катасонов, 1965): 1 — суглинки с пологоволистной лизовидной криогенной текстурой (дельвий); 2 — суглинки с волгнутыми криогенными текстурами (отложения полигональной поймы); 3 — суглинки илистые с косыми и вертикальными криогенными текстурами (донные осадки); 4 — пески разноразмерные; 5 — суглинки с захороненными на месте кустарниками, с горизонтальными криогенными текстурами; 6 — суглинки загорфованные и торф; 7 — галечник; 8 — пески с остатками теплолюбивой флоры — третичные; 9 — ледяные жилы; 10 — земляные жилы, сложенные суглинками; 11 — песчаные жилы, состоящие из отогнутых вниз слоев; 12 — плоды *Juglans cinerea*

экстраполировать полученные температурные данные на более глубокие горизонты, то нулевую температуру следует ожидать на 30 м ниже ложа льда. Однако в 4 км от этой скважины по направлению в глубь материка (толщина льда здесь более 500 м) температура, измеренная в другой скважине, показывает, что вечной мерзлоты под ледником не должно быть.

Таким образом, вечная мерзлота в Антарктиде распространена лишь в виде пояса по периферии материка.

Следует подчеркнуть, что эти данные вовсе не опровергают тезиса об антагонизме вечной мерзлоты и оледенений, а только показывают различное соотношение сил в разных условиях. К факторам, влияющим на промерзание пород под ледником, относятся температура на поверхности ледника, мощность ледника, скорость его движения и величина геотермического потока тепла, идущего из недр земли. В холодных странах даже мощные ледники, но со слабым движением, видимо, не препятствуют промерзанию под ними горных пород, а только ограничивают глубину проникновения отрицательных температур.

РЕЛИКТЫ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Еще сравнительно недавно на территории Западной Сибири было обнаружено любопытное явление: необычайно глубокое залегание многолетнемерзлых пород и их двухслойное

строение. Около г. Салехарда, в долине р. Оби, при бурении скважины было установлено, что мерзлые породы простираются здесь до глубины только 20—25 м, а глубже находятся талые породы. Но с глубиной 75—80 м скважина вновь наткнулась на мерзлые породы, залегающие слоем до 100 м мощности. Уже тогда ученые предположили, что нижняя, глубоко залегающая толща представляет собой реликт более отдаленной эпохи, сохранившийся до наших дней.

Вначале эти предположения вызвали сомнения — не играют ли здесь роль подземные воды, нарушающие целостность мерзлых толщ в области водоносных слоев, и правильны ли были геотермические измерения?

Однако более поздние исследования, основанные на данных электро- и термокаротажа¹, не только подтвердили, но и позволили развить существовавшие предположения и получить довольно стройную картину оригинальной истории развития мерзлых толщ на обширной территории между Обью и Енисеем (В. В. Баулин, 1962 г.).

В Западной Сибири мы имеем дело с уникальным явлением, отражающим особые черты палеогеографии этой страны в четвертичном периоде. Промерзание пород на севере изменности благодаря резкому похолоданию климата началось еще в конце третичного — начале четвертичного периода.

Несколько позже северная часть низменности, примерно до Полярного круга, начала постепенно затонлеться морем, и затем здесь длительное время существовал обширный опресненный водный бассейн (ямальская и казанцевская трансгрессии). Горные породы, промерзшие вначале на значительную глубину, под водой оттаяли. Бассейн этот не был постоянен в своих границах, и его южные пределы перемещались от 62—63° с. ш. на юг до 64—66° с. ш. на севере, на освобождавшейся от моря территории породы вновь промерзли. Непрерывно они промерзали к югу от 62—63° с. ш.

Интенсивное промерзание горных

¹ Физические методы изучения состава и температуры горных пород, применяемые в геологических исследованиях.

пород к северу от 64° с. ш. началось во второй половине плейстоцена, т. е. около 40—50 тысяч лет тому назад, после окончательного ухода моря на север. Климатические условия этого времени были более суровыми, чем в настоящее время. В горах развивалось оледенение (зырянская и сарганская эпохи).

В голоцене почти во всем Северном полушарии отмечается период значительного потепления. По некоторым данным средняя годовая температура воздуха была на 4° выше, чем сейчас. В Сибири граница леса и тундры пролегла в 300—400 км к северу по сравнению с современным положением, что хорошо подтверждается находками пней лиственницы в торфяниках современной тундры. На севере Западной Сибири развились олиготрофные болота, в которых накапливался торф (до 5—6 м).

Период потепления продолжался 4—6 тысяч лет. Вечная мерзлота за это время в южных районах (южнее 61° с. ш.), видимо, совсем оттаяла, а в более северных оттаяла только частично: до глубины 40—80 м на широте Полярного круга и до 200 и более метров на 61—62° с. ш. Южная граница области вечной мерзлоты проходила в то время где-то примерно по 68° с. ш. (на широте Нового Порта).

Наконец, только 1,5—2 тыс. лет тому назад, т. е. уже в историческое время, началось новое похолодание, постепенно приблизившее климат к его современному состоянию.

Промерзание горных пород усилилось, и там, где они оттаяли в период потепления, они промерзли вновь в виде довольно тонкого слоя—порядка 100 м, а там, где вечная мерзлота оставалась на большой глубине от дневной поверхности, образовалась двуслойная толща, которая и была обнаружена сначала в Салехарде, а затем и в других местах Западной Сибири.

Таким образом, самые древние толщи вечной мерзлоты в Западной Сибири сохранились под 62—63° с. ш. Возраст их относится к самому началу четвертичного периода.

Установление на такой большой площади древних реликтов, о которых мы рассказали, представляет собой научное открытие, так как до

сих пор единственными надежными свидетелями древнего происхождения вечной мерзлоты были находки неразложившихся трупов мамонтов и волосатых носорогов, сохранившихся в послеледниковых, т. е. значительно более молодых, отложениях.

Совсем недавно мы получили данные о достаточно древнем возрасте вечной мерзлоты в Якутии. Это — классическое обнажение четвертичных отложений высокого обрыва р. Алдана в его нижнем течении — «мамонтовый обрыв»¹.

Удивительную картину представляют самые верхние части обнажения, где в огромных полуцирках выходят на поверхность мощные жилы подземного льда, тающие на горячем солнце и дающие начало мутным водопадам и потокам жидкой, зловонной грязи.

Жилы льда явились результатом накопления и замерзания воды и снега в мощных морозобойных трещинах (Е. М. Катасонов, 1962 г.), расщепивших поверхность поймы древней долины р. Алдана.

Эти жильные льды — очень древние, ископаемые, и их возраст относится к плейстоцену, вероятно к ледниковой эпохе. Сейчас, обнажаясь в обрывах рек, они вытравивают. Начало глубокого промерзания горных пород, которое связывается с появлением следов сначала небольших, а затем и более крупных ледяных жил (впоследствии лед был замещен песком), в Якутии относится к концу третичного периода.

Таким образом, изучая отложения четвертичного периода, можно прийти к выводу о непрерывном существовании в Якутии вечной мерзлоты с конца третичного периода и до наших дней. Все это подтверждает основную идею проф. М. И. Сумгина о «ледниковом» возрасте вечной мерзлоты, высказанную еще в 1929 г.

Еще совсем недавно считалось, что именно жильные льды способны образовать самые мощные скопления подземного льда в вечной мерзлоте. Крупнейшие залежи подземного

¹ Название произошло от находок у подножия этого обрыва большого количества костей мамонта и других вымерших млекопитающих, в совокупности образующих так называемую «мамонтову фауну».

льда на Новосибирских островах, на арктическом побережье Сибири, на Приморской низменности долгое время принимались за пластовые образования. Они даже назывались «каменным льдом». Теперь выяснилось, что их происхождение жильное: жилы льда врезаны в заключающие их отложения на глубину до 80 м.

В самое последнее время, сначала в тундре Западной Сибири, а затем на Чукотке, были обнаружены мощные, до 10—15 м, пласты подземного льда, имевшие протяженность до 200—300 м, с признаками, исключающими их жильное происхождение. Отличительными чертами этих пластовых залежей льда были их глубокое залегание (25—30 м) от дневной поверхности и наличие горизонтальной слоистости. Существенным признаком являлась приуроченность этих льдов к мерзлым морским четвертичным отложениям.

Эти льды возникли при просачивании воды в морские глины и ее замерзании в период постепенного выхода осадков из-под уровня моря во время регрессии. В Западной Сибири они образуют наиболее значительные залежи на п-ове Ямал, п-ове Гыдан и в низовьях р. Енисей. Объем залежей достигает нескольких тысяч кубических километров. Они не встречаются южнее 68° с. ш. на западе и 69—70° с. ш. на востоке.

По-видимому, залежи инъекционного льда распространены гораздо шире, чем мы пока знаем: не только в нашей стране, но на всем земном шаре (Д. Росс-Маккей, 1964 г.).



Все, о чем здесь говорилось, — это новые данные, которые используются мералотооведами для составления карты. На ней должны быть отражены морфологические особенности мерзлых толщ и учтены закономерности распределения льда в мерзлых толщах, особенно в их верхних 25—30 м. Эта карта и послужит тем материалом, которым можно оперировать при расчетах гидрологического баланса и при геокриологических прогнозах, реально вставших перед человечеством.

УЛЬТРАЗВУК И НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Профессор В. А. Красильников

Когда речь идет об упругих волнах (звук и ультразвук) или об электромагнитных (свет, радио) — обычно имеют в виду распространяющиеся синусоидальные волны определенной частоты и амплитуды. Если потери энергии из-за поглощения на пути распространения волн невелики, они остаются синусоидальными, частота колебаний не меняется и лишь амплитуда постепенно уменьшается благодаря тому, что энергия расходящейся волны распределяется на все большую поверхность. Такие волны, если в пространстве их несколько, распространяются независимо друг от друга; действует принцип суперпозиции, или наложения волн. Мы имеем здесь случай линейного волнового процесса.

Линейные волновые процессы главным образом и составляют содержание всего огромного комплекса явлений, изучаемых акустикой, оптикой и радиофизикой. То обстоятельство, что, например, звуковые волны,

распространяясь в помещении в различных направлениях, движутся независимо друг от друга, позволяет нам наслаждаться музыкой. Независимое распространение световых волн — видеть неискаженную цветную картину на киноэкране; независимое распространение радиоволн позволяет принимать неискаженную передачу нужной радиостанции из переуплотненного эфира. Однако при определенных условиях характер распространения волн начинает зависеть от их амплитуды, принцип независимости распространения волн нарушается и сам процесс распространения становится нелинейным.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

В развитии теории колебаний и волн вслед за разработкой линейных процессов центр интересов переме-

щается в область нелинейных процессов. Применение все больших интенсивностей упругих волн привело к развитию нелинейной акустики, получение больших интенсивностей электромагнитных колебаний — к развитию нелинейной электродинамики. В связи с появлением оптических квантовых генераторов (лазеров) и получением мощных импульсов когерентного света возникла и развивается нелинейная оптика.

В этой статье мы расскажем о некоторых изученных за последнее время интересных нелинейных явлениях в области ультразвука, которые, кроме общего познавательного значения, имеют также ряд практических приложений.

Начнем с того, что описание любого процесса распространения упругих волн в газах и жидкостях основано на уравнениях гидродинамики, к которым относятся уравнение движения и уравнение состояния среды. Первое связывает изменение скорос-

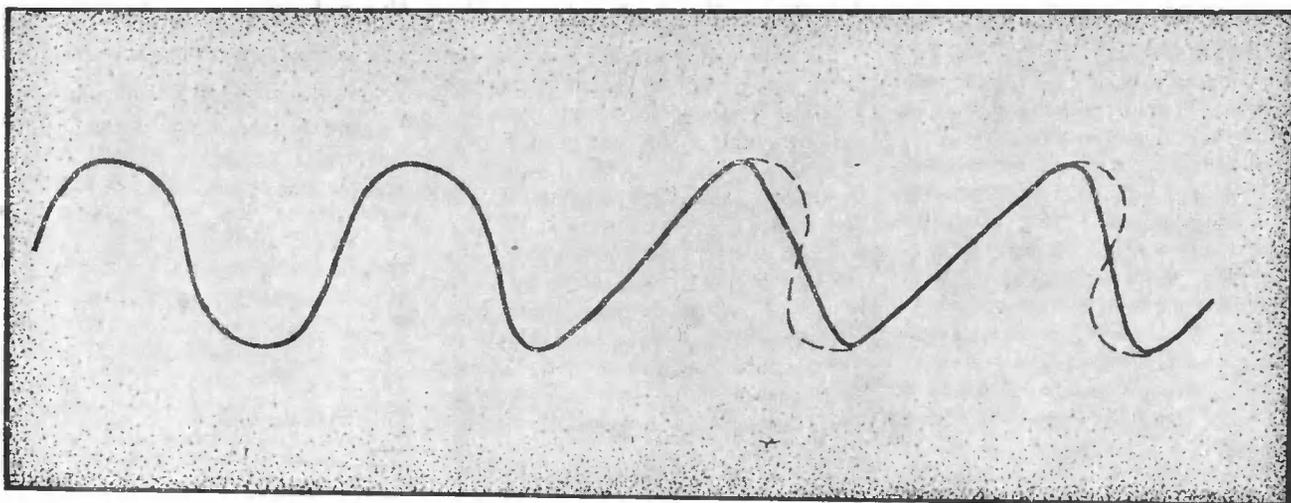


Рис. 1. Схема изменения профиля колебательной скорости в упругой волне сжатия — разрежения по мере ее распространения. В отличие от волн на поверхности воды здесь нет «захлестывания» или опрокидывания (пунктир) — волна становится пилообразной.

ти движения элемента объема среды с приложенной силой (перепадом давления на расстоянии линейного размера элемента объема) и эквивалентно второму закону Ньютона, а второе связывает изменение плотности среды с изменением давления — эквивалент закона Гука для твердых тел. Эти уравнения нелинейны, т. е. между изменением скорости со временем (ускорение) в данной точке среды и изменением давления нет прямой пропорциональности; нет прямой пропорциональности также между изменением давления и изменением плотности.

Теория распространения плоских звуковых волн в газах без учета затухания, но с учетом нелинейности уравнения движения и уравнения состояния была дана еще в прошлом веке Пуассоном и в более законченном виде — Риманом. Учет нелинейности уравнения движения приводит к тому, что в участке сжатия к скорости точек профиля волны (скорости звука) следует добавить колебательную или акустическую скорость, которую имеет частица среды в этой точке; в участке разрежения, наоборот, эта колебательная скорость будет направлена противоположно скорости распространения волны. Нелинейность уравнения состояния действует в том же направлении. В полупериоде сжатия, когда плотность газа максимальна, возникает сгущение и вершина профиля волны распространяется несколько быстрее, поскольку в сжатом газе температура выше, а при более высокой температуре скорость звука больше. В полупериоде разрежения дело обстоит противоположным образом.

Оба эти эффекта приводят к тому, что синусоидальная волна достаточно большой амплитуды (в дальнейшем мы называем ее «конечной амплитудой») по мере своего распространения изменяет свою форму; верхняя часть профиля волны все время будет обгонять ее нижнюю часть, и волна вследствие этого «захлестывается» (рис. 1). Подобным же образом ведут себя морские волны при подходе к пологому берегу. Так как на более глубоком месте волна движется быстрее, верхние участки вол-

ны обгоняют нижние, в результате чего волна опрокидывается, обрушиваясь на берег. В отличие от поверхностной морской волны, упругая волна у нас объемная и продольная; частицы среды испытывают колебания в направлении распространения волны (изобразить это на рисунке трудно).

Конечно, случая, показанного на рис. 1 (пунктир), для упругих волн в действительности быть не может, так как в один и тот же момент времени скорость (или другая величина, характеризующая упругую волну: давление, температура, плотность) не может иметь сразу три различных значения. Волна в этом случае не соответствует пунктирному участку на рис. 1 — в среде образуется в первом приближении разрыв. Поскольку любой газ имеет вязкость и теплопроводность, фронт волны не будет бесконечно крутым, он сглаживается.

Таким образом, по мере распространения от источника синусоидальная волна постепенно искажается и превращается в пилообразную.

Следует заметить, что если бы в среде не было потерь, то плоская волна даже сколь угодно малой амплитуды из-за указанных выше причин превратилась бы в конце концов в пилообразную. Этого не происходит с волнами малой амплитуды только потому, что процессы рассеяния энергии в волне и геометрическое расхождение волн действуют быстрее и волна затухает раньше, чем сумеет развиться искажение. Несинусоидальная (в том числе и пилообразная) форма волны представляет собой волну с набором частот — гармоник; такую волну можно представить как наложение волны основной частоты ω и гармонических составляющих с частотами $2\omega, 3\omega, \dots$, при этом амплитуды гармоник уменьшаются с ростом номера гармоники. Этот прием разложения на гармоники мы используем в дальнейшем изложении.

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ УДАРНЫЕ ВОЛНЫ В ЖИДКОСТИ

Искажение формы волны довольно хорошо было изучено для газов, но существовало общепринятое мн-



Владимир Александрович
КРАСИЛЬНИКОВ

Профессор отделения радиофизики физического факультета МГУ. Его основные работы посвящены проблеме распространения звуковых и электромагнитных волн в турбулентной атмосфере и исследованиям в области ультразвуковых и нелинейных волновых процессов. Автор монографии (вместе с Л. К. Зарембо) «Введение в нелинейную акустику» (1966 г.) и популярной книги «Звуковые и ультразвуковые волны» (1960 г.).

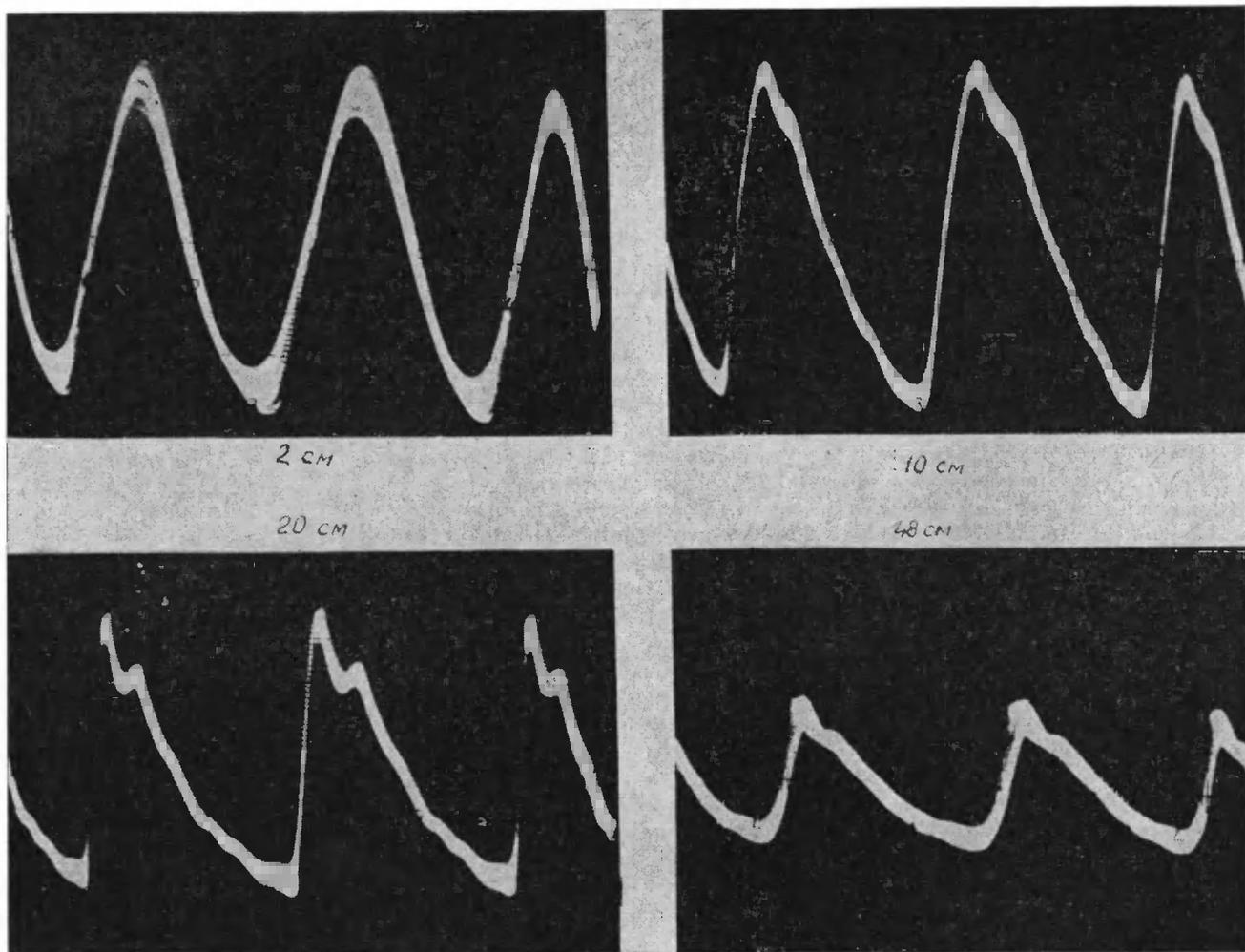


Рис. 2. Изменение формы ультразвуковой волны в воде (частота 1 мц, интенсивность 40 вт/см^2) в зависимости от расстояния от излучателя: 2 см; 10 см; 20 см; 48 см. Фотографии сделаны с экрана катодного осциллографа. Излучение производилось в течение 1—2 сек. Приемником служила помещенная в наполненный трансформаторным маслом корпус кварцевая пластинка диаметром 25 мм с резонансной частотой 11,5 мц. Высокая собственная частота пластинки обеспечивала широкую полосу воспринимаемых частот. На расстоянии 2 см от излучателя волна близка к синусоидальной. По мере удаления начинается искажение, и волна все более приобретает пилообразную форму. Амплитуда по мере увеличения расстояния от излучателя постепенно уменьшается, фронт волны после достижения максимальной крутизны несколько сглаживается, но пилообразная форма сохраняется.

ние, что в жидкостях такого явления, даже в случае распространения ультразвука больших интенсивностей, быть не должно. Такое представление основывалось на том, что в жидкостях внутреннее давление (порядка тысяч атмосфер), вызванное молекулярными силами притяжения, значительно больше, чем избыточные давления в волне, которые возникают при распространении звуковых или ультразвуковых волн (несколько атмосфер или несколько десятков атмосфер). Однако из-за сравнительно небольшого затухания ультразвука (так, в воде при прочих равных условиях затухание пример-

но в 1000 раз меньше, чем в воздухе) нелинейность уравнения состояния и уравнения движения приводит к заметному «накапливанию» искажения формы волны в жидкости и в связи с этим — к образованию гармоник.

Эксперименты по наблюдению искажения формы волны можно проводить двумя методами. Один метод состоит в наблюдении возникновения и нарастания, по мере увеличения расстояния от излучателя, амплитуды давления второй и более высоких гармоник, т. е. в выделении гармонических составляющих из спектра частот искажающейся волны. Этот метод представляет собой спек-

тральный анализ распространяющейся волны. Он обладает большой чувствительностью и позволяет, например, выделять вторую гармонику в воде при напряжении на излучающей кварцевой пластинке с собственной частотой 1 мц всего в несколько вольт. Отметим, что, измеряя амплитуду давления второй гармоники, можно акустическим методом найти важную величину — нелинейный параметр жидкости, аналогом которого для газа служит отношение теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме (показатель адиабаты).

Другой метод состоит в наблюдении за формой кривой в целом при помощи приемной аппаратуры, которая способна пропускать широкую полосу частот, чтобы без искажений передать форму волны, близкую к пилообразной (рис. 2).

Следует отметить, что когда говорят об ударной волне, обычно понимают под этим резкий скачок уплотнения или одиночную волну (поверхность разрыва). Такой скачок образуется, например, при взрыве в воздухе или в воде и при обтекании тела со скоростью большей, чем скорость звука в среде. В этом случае мы имеем дело с сильными ударными волнами.

Здесь мы рассматриваем слабые ударные периодические волны — этот случай, таким образом, отличается и от случая синусоидальных волн очень малой амплитуды и от сильных одиночных ударных волн.

Плоская синусоидальная ультразвуковая волна, распространяясь в нелинейной среде (жидкость, газ), искажается. Что будет происходить, если распространяются, например, две волны различных частот — ω_1 и ω_2 ? В этом случае, поскольку принцип суперпозиции нарушен, волны будут взаимодействовать. Оказывается, что в области, где волны проходят друг через друга или идут вместе (область взаимодействия волн), образуется комбинационный спектр частот: $2\omega_1$, $2\omega_2$, $\omega_1 + \omega_2$, $\omega_1 - \omega_2$ и т. д.

Именно преобразование частот при распространении одной (искажение, образование гармоник) или нескольких волн (комбинационные частоты) и есть характерный признак нелинейного волнового процесса. Отметим также, что мы говорим о средах, в которых звуковые волны распространяются без дисперсии, т. е. скорость волн не зависит от частоты. Оказывается, что при существовании в среде дисперсии процесс искажения волны затруднен. В этом случае скорость волн, соответствующих второй гармонике 2ω , отличается от скорости волн основной частоты ω , поэтому для обеих этих волн нарушается условие синхронизма, что затрудняет образование второй гармоники и гармоник более высоких номеров.

ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УДАРНЫХ ВОЛН

Так как в жидкостях и газах поглощение ультразвуковых волн пропорционально квадрату частоты, то несинусоидальная форма волны должна затухать в большей степени, чем синусоидальная. Действительно, как мы говорили выше, волну пилообразной формы можно представить как набор отдельных волн с частотами ω , 2ω , 3ω ,... Поглощение волн с частотами 2ω , 3ω ,... значительно больше, чем поглощение волны основной частоты ω . Так, например, волна с частотой 2ω имеет коэффициент поглощения в четыре раза больше; волна с частотой 3ω — в девять раз больше и т. д., чем коэффициент поглощения основной волны. Сами же волны черпают свою энергию из основной волны. По этой причине распространение ультразвуковых волн большой интенсивности, когда форма волны близка к пилообразной, должно сопровождаться большим поглощением, чем при волне синусоидальной формы.

Другое отличие поглощения волн конечной амплитуды состоит в самом характере поглощения таких волн: плоские волны малой амплитуды поглощаются так, что убыль амплитуды (например, амплитуды звукового давления) на некотором небольшом участке, пройденном волной, пропорциональна величине этого участка — коэффициент поглощения при этом не зависит от амплитуды волны. В волне же конечной амплитуды этот коэффициент зависит и от амплитуды, и от расстояния от источника.

Вблизи от источника, где искажение формы волны еще мало, коэффициент поглощения волн конечной амплитуды не отличается от коэффициента поглощения волн малой амплитуды; по мере же увеличения расстояния, когда накапливается искажение, этот коэффициент увеличивается. Наконец, при максимальном искажении формы волны коэффициент поглощения достигает максимальной величины. При дальнейшем увеличении расстояния волна постепенно переходит в волну малой амплитуды, имеющую синусоидальную фор-

му и коэффициент поглощения постепенно уменьшается, стремясь к тому значению, которое соответствует этой последней.

На рис. 3 в качестве иллюстрации такого поведения коэффициента поглощения приведена кривая коэффициента поглощения α (по энергии) для ультразвука с частотой 1 мГц при интенсивности 50 вт/см^2 в дистиллированной воде. Как видно из рис. 3, коэффициент поглощения на расстоянии $10\text{--}15 \text{ см}$ достигает максимума (здесь же имеет место максимальное искажение формы волны) и далее уменьшается.

Таким образом, в воде, где поглощение ультразвука невелико, происходит сильное искажение формы интенсивных ультразвуковых волн и значительное увеличение поглощения

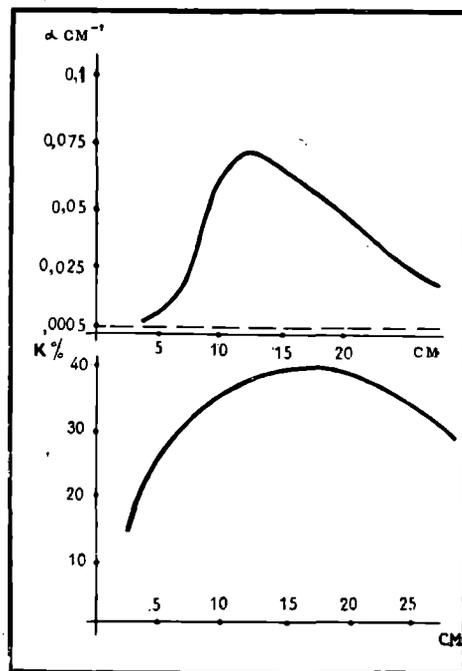


Рис. 3. В верхней части рисунка показана зависимость поглощения (по энергии) на частоте 1 мГц для интенсивности 50 вт/см^2 (дистиллированная вода) от расстояния до излучателя (пунктирная прямая соответствует поглощению волны малой амплитуды). На нижнем рисунке показано отношение амплитуды второй гармоники к амплитуде первой (в процентах относительно амплитуды основной частоты) в зависимости от расстояния до излучателя. В приведенном опыте поглощение ультразвуковых волн более чем в 100 раз превышает поглощение ультразвуковых волн малой амплитуды. Видно, что максимум поглощения почти совпадает с максимумом амплитуды второй гармоники, т. е. примерно с максимумом искажения волны

по сравнению с его малоамплитудным значением. Эти явления существенны для больших интенсивностей ультразвука. Например, в плоской волне нелинейное поглощение создает предел достижимой интенсивности ультразвука в жидкости. Такое нелинейное поглощение ставит также предел в получении больших интенсивностей ультразвука в жидкости при помощи фокусирующих систем. В жидкостях с большой вязкостью искажение формы менее выражено, и в связи с этим увеличение поглощения не столь велико.

ТВЕРДЫЕ ТЕЛА. АНГАРМОНИЧНОСТЬ РЕШЕТКИ

Можно ли в твердых телах наблюдать нелинейное искажение и взаимодействие упругих волн на ультразвуковых частотах?

Работы последнего времени как у нас, так и в США, в существенной мере продвинули эту область исследования. Оказалось, что в твердых телах нелинейные эффекты искажения и взаимодействия волн значительно разнообразнее; это объясняется тем, что в них существует упругость формы и они могут испытывать деформацию сдвига. Поэтому кроме продольных волн в твердых телах могут распространяться еще волны сдвига или поперечные волны, скорость которых примерно в два раза меньше, чем продольных волн. В поперечных волнах направление колебаний частиц перпендикулярно направлению распространения волны. Продольные волны принято обозначать как L , поперечные — как T .

Уравнение движения и уравнение состояния для твердого тела также нелинейны, как для газа и жидкости, однако нелинейность уравнения движения сказывается в меньшей мере. Что такое уравнение состояния применительно к твердому телу? Это основной закон теории упругости — закон Гука, по которому деформация тела (например, сжатие или сдвиг) пропорциональна приложенному к нему напряжению. При больших напряжениях и вызываемых ими больших деформациях, как мы знаем, происходят существенные отклонения от закона Гука, возни-

кают (после снятия нагрузки) остаточные деформации, и при еще больших напряжениях тело разрушается. Однако, строго говоря, и при сколь угодно малых деформациях твердого тела закон Гука не выполняется. Оказывается, что между напряжениями и деформациями вообще нет строгой прямой пропорциональности, как бы малы ни были напряжения. Отклонение от прямой пропорциональности (или нелинейность) невелико, но оно существенно для распространения в твердом теле упругих волн.

Перейдем теперь с макроскопического языка на язык атомов. В отношении твердого тела это естественно сделать, поскольку мы знаем его строение значительно лучше, чем строение жидкости.

Упругие свойства твердого тела связаны с характером взаимодействия между атомами или молекулами. Атомы находятся в узлах пространственной кристаллической решетки и совершают небольшие беспорядочные колебания около своего положения равновесия. Немецкий физик Дебай показал, что такое тепловое движение можно представить как наложение упругих плоских волн (продольных и поперечных) различных частот, вплоть до $10^{12} \div 10^{13}$ гц , распространяющихся по различным направлениям. Эти волны называют дебаевскими волнами или тепловыми фонами. Под фононом понимается квант звука или плоская упругая волна с энергией $\hbar\omega$ и импульсом $\hbar k = \hbar\omega/c$ (\hbar — постоянная Планка, c — скорость волны), имеющим определенное направление. Атомы твердого тела взаимодействуют между собой таким образом, что они находятся в равновесии (притяжение и отталкивание компенсируются). Потенциальная энергия взаимодействия двух атомов в зависимости от расстояния между ними представлена на рис. 4, который изображает так называемую потенциальную яму. Из рисунка видно, что яма несимметрична; увеличение потенциальной энергии взаимодействия в случае сближения двух соседних атомов происходит в значительно большей степени, чем уменьшение этой энергии при удалении атомов друг от друга. Поскольку си-

ла есть изменение потенциальной энергии на элементе длины — из приведенного рассуждения следует, что сила притяжения и сила отталкивания при изменении расстояния между атомами изменяются неодинаковым образом. Это так называемая ангармоничность решетки — явление, обуславливающее очень важные особенности поведения твердых тел. Им, например, объясняется эффект теплового расширения твердых тел, в значительной степени явление теплопроводности и целый ряд других явлений.

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ УДАРНЫЕ ВОЛНЫ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Асимметрия потенциальной ямы приводит к неэквивалентности сжатия и расширения, и это объясняет отклонение от линейности в законе Гука. Если в твердом теле распространяется продольная упругая волна, грубо говоря, она как бы «пересчитывает» нелинейность упругой связи между отдельными атомами. Хотя эта нелинейность и мала, она накапливается на огромном числе атомов на пути распространения волны и ее возможно наблюдать сравнительно несложными средствами. Для этого следует, например, как и в случае с жидкостью, изучать изменение амплитуды второй гармоники с изменением расстояния. Для поперечных волн асимметрия потенци-

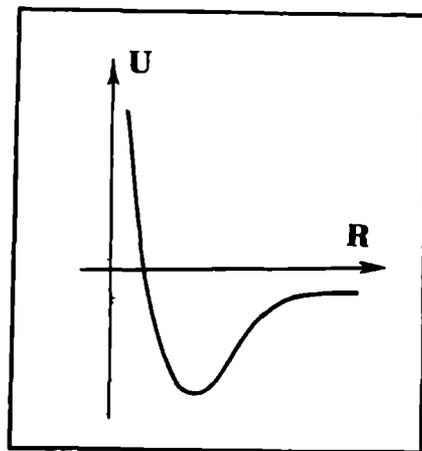


Рис. 4. Кривая потенциальной энергии и взаимодействия двух атомов в зависимости от расстояния R между ними

альной ямы не имеет существенного значения. В этом случае смещения частиц происходят в направлениях, перпендикулярных направлению распространения волны, и расстояния между атомами почти не изменяются. Таким образом, искажения поперечных волн с этой точки зрения быть не должно¹.

Приведенные здесь качественные соображения подтверждаются экспериментально (рис. 5). В случае твердого тела также, как это было в случае с жидкостью, происходит искажение формы синусоидальной ультразвуковой волны. К сожалению, мы не можем привести столь же наглядную фотографию пилообразной звуковой волны, как это было сделано для жидкости. Дело в том, что нелинейность жидкости проявляется в большей степени, чем нелинейность твердого тела. Кроме того, излучать большую интенсивность ультразвука в твердое тело затруднительно. Тем не менее в некоторых твердых телах, у которых упругая нелинейность велика, это, по-видимому, можно сделать. Но пока слабые ударные волны в твердом теле еще не получены. Таким образом, увеличение поглощения ультразвуковых волн конечной амплитуды и его зависимость от расстояния, проходимость волной, пока также не наблюдались.

РАССЕЯНИЕ ЗВУКА НА ЗВУКЕ. ФОНОН-ФОНОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Мы качественно описали нелинейное искажение и взаимодействие волн, распространяющихся в одном направлении.

В твердых телах, в отличие от газов и жидкостей, кроме параллельного взаимодействия, возможны взаимодействия при пересечении плоских волн под углом. При выполнении определенных условий, которые называют резонансными, из области взаимодействия двух плоских волн (или, точнее говоря, двух ультра-

звуковых пучков) с частотами ω_1 и ω_2 излучается волна комбинационной частоты ω_3 , направление распространения которой определяется этими условиями, — иначе говоря, возникает комбинационное рассеяние звука на звуке (рис. 6). Эти резонансные условия, или правила отбора, легко получаются, если представить взаимодействующие три волны как фононы, т. е. если вести разговор на квантово-механическом языке.

Из законов сохранения энергии и импульса фононов¹ следует, что если скорость распространения волн всех трех частот $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ одинакова (это, как мы говорили выше, выполняется в газах и жидкостях), то возможен только один тип взаимодействия — когда волны распространяются в одном и том же направлении (параллельное взаимодействие). В твердом теле распространяются два типа волн (продольные и поперечные), имеющие разные скорости. В зависимости от соотношения этих скоростей, а также в зависимости от частот волн ω_1 и ω_2 , возможны также направления распространения волн с частотой ω_3 , которые составляют определенный угол относительно двух исходных волн с частотами ω_1 и ω_2 . На рис. 7 показана схема эксперимента по наблюдению рассеяния звука на звуке. На пьезокварцевую пластинку 6 подается напряжение от генератора импульсов с частотой повторения импульсов 50 гц и частотой заполнения импульсов (несущей частотой) ω_1 . Пусть пластинка излучает в образец, имеющий вид круглого диска, поперечные ультразвуковые волны с частотой ω_1 ; обозначим их через $T(\omega_1)$. На пластинку 3 с генератора подается напряжение частоты ω_2 , и она излучает непрерывно поперечные волны $T(\omega_2)$. Волны от излучателей 6 и 3 пересекаются под углом α , и между ними в области пересечения пучков происходит взаимодействие. Из законов сохранения импульса и энергии следует, что в данном ма-

териале возможен такой угол взаимодействия γ , под которым может распространяться продольная волна с частотой $\omega_1 + \omega_2$, которую мы назовем $L(\omega_1 + \omega_2)$. Таким образом, в принятых нами обозначениях процесс взаимодействия волн будет записываться в виде $T(\omega_1) + T(\omega_2) = L(\omega_1 + \omega_2)$ — два «поперечных» фонона аннигилируют, в результате чего рождается «продольный» фонон суммарной частоты. Опыт показывает, что такой тип взаимодействия действительно есть и он хорошо наблюдается (вспомним, что параллельного взаимодействия поперечных волн, когда угол $\alpha = 0$, не имеется). Пластинка 4 принимает продольную волну суммарной частоты $L(\omega_1 + \omega_2)$. Конечно, амплитуда этой волны очень мала по сравнению с амплитудами исходных волн $T(\omega_1)$ и $T(\omega_2)$, поэтому на опыте приходится встречаться с определенными трудностями при ее обнаружении. Однако амплитуда волны $L(\omega_1 + \omega_2)$ быстро увеличивается с ростом ω_1 и ω_2 и с ростом области взаимодействия волн этих частот.

Кроме указанного типа косоугольного фононного взаимодействия могут быть в принятых обозначениях еще другие, например:

$$L(\omega_1) + T(\omega_2) = L(\omega_1 + \omega_2)$$

$$L(\omega_1) + T(\omega_2) = T(\omega_1 - \omega_2)$$

Таким образом, возможно появление и разностной частоты (в этом случае можно сказать, что фонон с большей энергией, имеющей частоту ω_1 , расщепляется на два фонона меньшей энергии — с частотами ω_2 и $\omega_1 - \omega_2$). Теория комбинационного рассеяния ультразвуковых поперечных и продольных волн друг на друге хорошо подтверждается экспериментально. Явление нелинейного взаимодействия упругих волн достаточной большой амплитуды в твердом теле, по-видимому, может быть использовано для осуществления так называемого параметрического усиления, которое с успехом применяется для нелинейно взаимодействующих электромагнитных волн.

Пусть две волны идут вместе в одном направлении и между ними существует нелинейное взаимодействие. При этом одна волна слабая (малой амплитуды) с частотой ω —

¹ Эти законы сохранения имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} h\omega_1 + h\omega_2 &= h\omega_3 \\ h\vec{k}_1 + h\vec{k}_2 &= h\vec{k}_3 \end{aligned} \right\}$$

где $h_1 = \frac{\omega_1}{c_1} n_1, \dots$ и т. д., \vec{n}_1 — единичный вектор, соответствующий направлению волнового вектора \vec{k}_1 .

¹ Искажение поперечных волн происходит, если в кристаллической решетке есть дефекты (или дислокации); тогда может возникнуть неэквивалентность сдвига в одном и в другом направлениях.

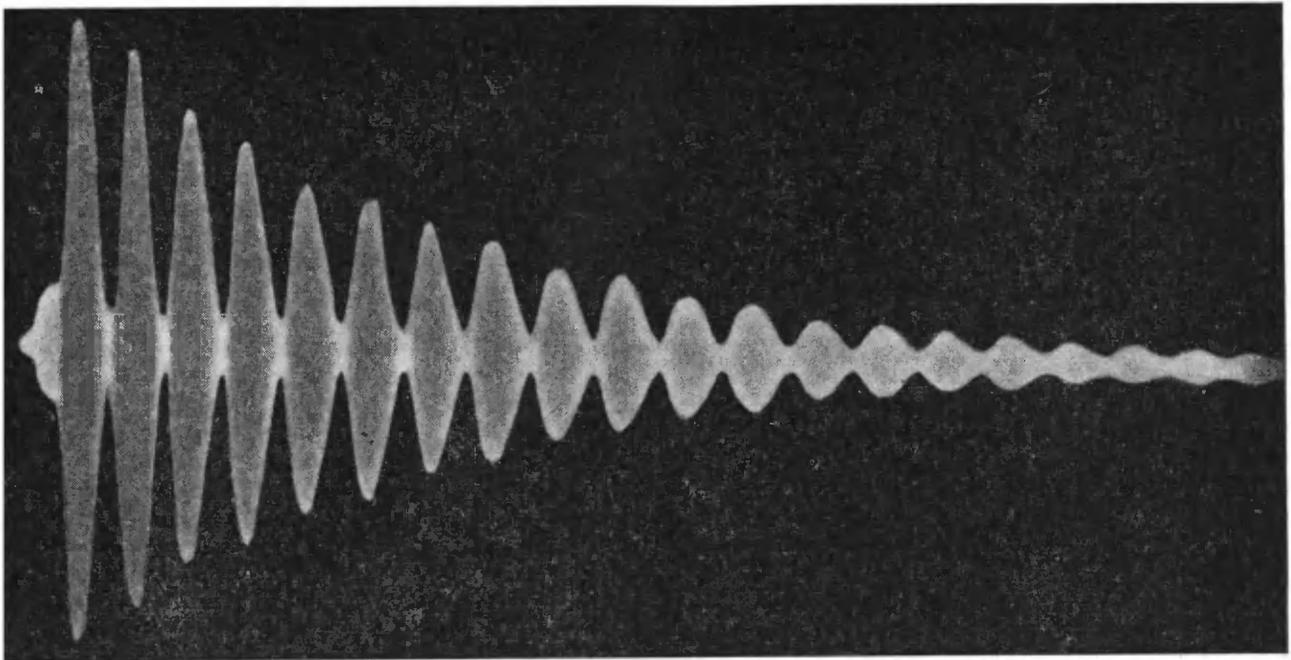
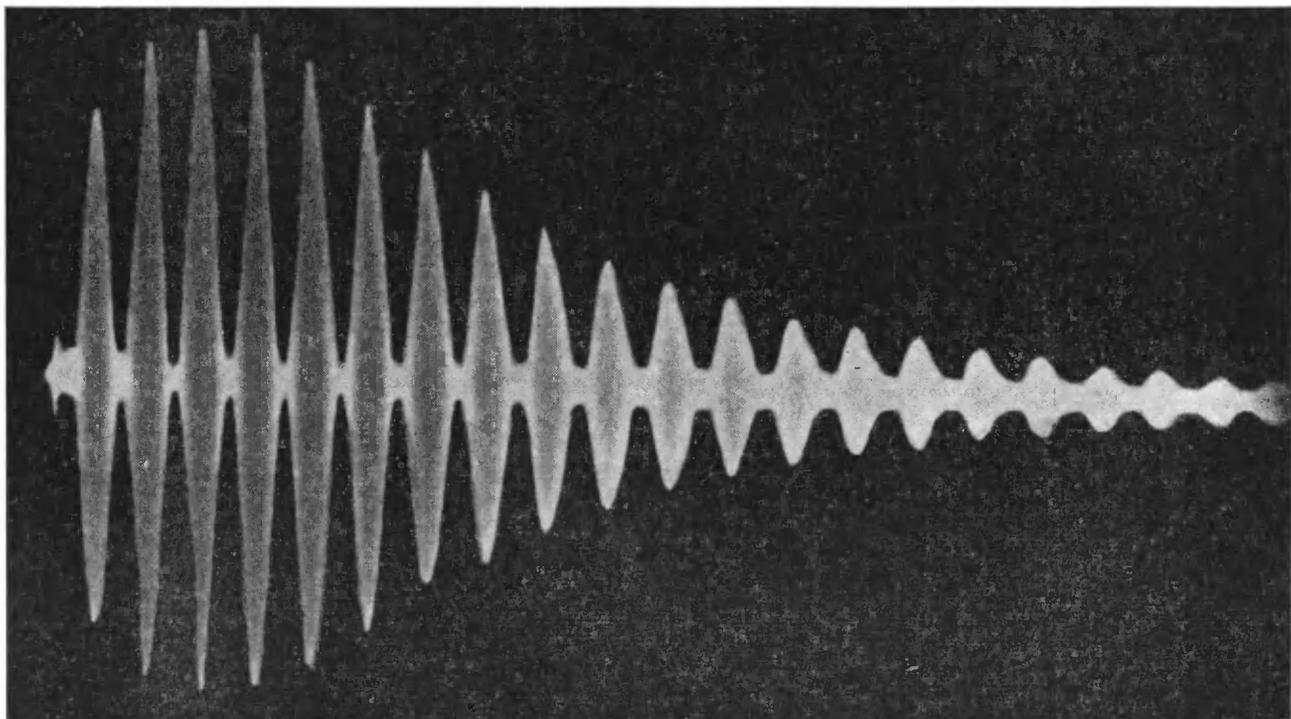


Рис. 5. Серия экспоненциально спадающих по амплитуде импульсов с несущей частотой 5 мГц в магнито-алюминиевом сплаве (а). Длина стержня 7,5 см. Напряжение на излучателе частоты 5 мГц 1000 в (амплитудных). Импульсы многократно

отражаются от торцов стержня и постепенно убывают по величине (вверху). Серия нарастающих и далее убывающих по амплитуде импульсов второй гармоники (10 мГц), соответствующих условиям верхнего рисунка (внизу). Видно, что сначала импульсы

(амплитуда второй гармоники) по мере прохождения волной расстояния от излучателя возрастают, достигают максимума и затем убывают, т. е. амплитуда второй гармоники ведет себя так же, как в жидкости (сравни рис. 3, нижняя часть)



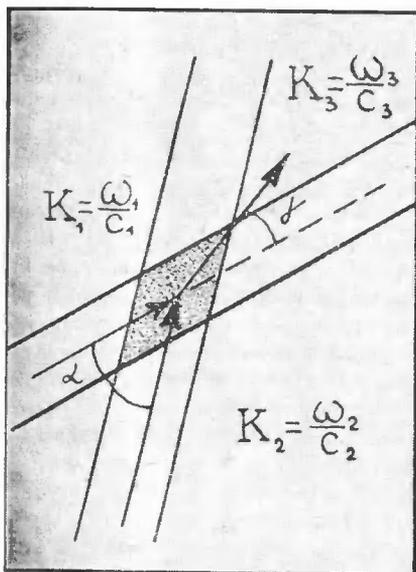
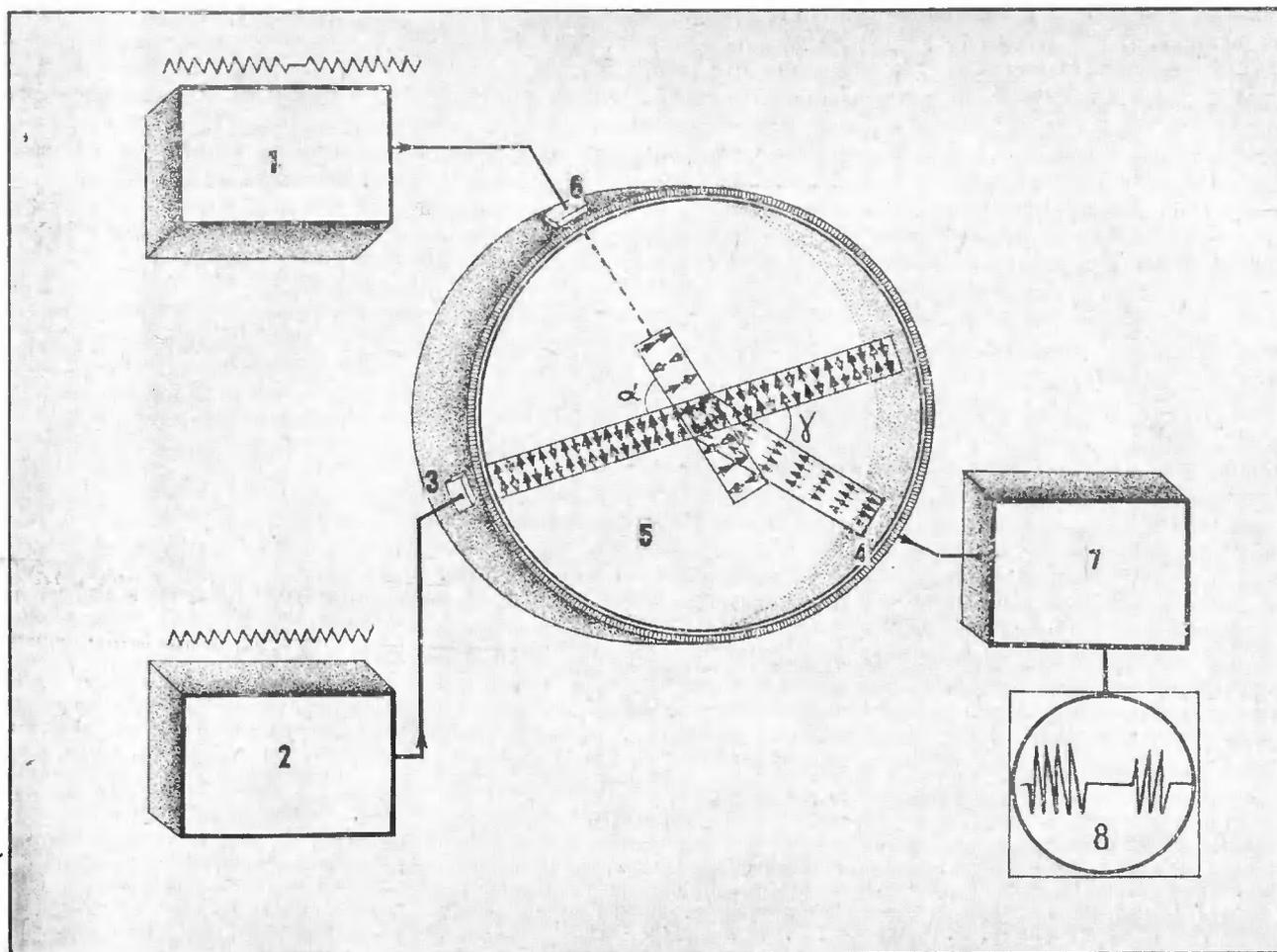


Рис. 6. Пересечение двух ультразвуковых пучков. Область пересечения пучков становится источником волн комбинационной частоты ω_3 ; происходит комбинационное рассеяние звука на звуке. k — волновое число, c_1, c_2, c_3 — скорости распространения соответствующих волн.

Рис. 7. Комбинационное рассеяние звука на звуке. Две поперечные волны $T(\omega_1)$ и $T(\omega_2)$, встречаясь под углом α , дают продольную волну суммарной частоты $L(\omega_1 + \omega_2)$, идущую под углом γ относительно направления волны $T(\omega_1)$. Размер области, на который действует импульс в образце для рассеянной продольной волны $L(\omega_1 + \omega_2)$, примерно в два раза больше, чем длина импульса исходной поперечной волны $T(\omega_1)$, так как скорость распространения поперечной волны в два раза меньше, чем скорость продольной волны. Условные обозначения: 1. Генератор электрических импульсов с частотой ω_1 ; 2. Генератор непрерывных электрических колебаний частоты ω_2 ; 3. Пластина поперечных звуковых волн на частоту ω_2 ; 4. Пластина продольных волн на частоту $\omega_1 + \omega_2$; 5. Образец; 6. Пластина поперечных волн на частоту ω_1 ; 7. Усилитель; $L(\omega_1 + \omega_2)$; 8. Индикатор



это слабый сигнал, который требуется усилить. Другая волна с частотой 2ω имеет большую амплитуду; эту волну называют волной накачки. В результате указанного нелинейного взаимодействия волны накачки с волной сигнала возникают комбинационные частоты, в том числе частота $2\omega - \omega = \omega$, т. е. волна, частота которой равна частоте сигнала. Если слабая волна сигнала и сильная волна накачки идут вместе достаточно долго, энергия волны накачки передается в волну сигнала и последний заметно усиливается. Такое параметрическое усиление похоже на раскачивание качелей; за период колебания качелей раскачивание их производится дважды.

Если в среде нет изменения скорости звука с частотой, т. е. нет дисперсии, то сильная волна накачки, как мы знаем, будет искажаться, превращаясь постепенно в пилообразную волну, которая сильно затухает. Поэтому параметрическое усиление затруднено и возможно только на участке, где волна накачки еще незначительно искажилась. Чтобы волна накачки не искажалась и энергия накачки не просачивалась через гармоники, как сквозь сито, используют естественную или создают ис-

кусственную дисперсию. Тогда гармоники распространяются с другой скоростью, чем основная частота ω , и между этой частотой и гармониками не будет синхронизма, волна накачки не искажается и затухает незначительно.

К сожалению, акустический параметрический усилитель создать труднее, чем электромагнитный, так как естественная дисперсия упругих волн незначительна, а искусственную дисперсию трудно создать. В твердых телах, однако, имеется целый ряд нелинейных взаимодействий волн L и T . Возможно, по-видимому, (при существовании дисперсии) создание таких параметрических усилителей в области гиперзвуковых частот, где нелинейное взаимодействие велико¹.

Мы ограничивались только трехфононными взаимодействиями. Ясно, что при большем числе исходных фононов (или плоских волн) число возможных комбинаций для направлений и частот рождающихся фононов будет все больше.

Здесь мы рассматривали взаимо-

¹ Упругие волны с частотами, большими 10^8 гц, принято называть гиперзвуком.

действие искусственных (ультразвуковых) фононов. Но, как мы уже говорили, в любом теле происходит тепловое движение и всегда есть тепловые фононы, или дебаевские волны. Описанные эксперименты с «искусственными» или ультразвуковыми фононами непосредственно доказывают, что и эти тепловые фононы непрерывно и нелинейно взаимодействуют между собой. Именно так может быть объяснено явление теплопроводности: тепловые фононы, нелинейно взаимодействуя между собой, осуществляют установление теплового равновесия. Такое же взаимодействие между тепловыми фононами и ультразвуком очень высоких частот объясняет поглощение волн этих частот.

Отметим, что мы рассматривали нелинейные взаимодействия фононов только между собой (фонон-фононные взаимодействия). В последние годы усиленно начинают изучаться взаимодействия фононов с другими частицами или квазичастицами, например, с электронами, фотонами, квантами спиновых волн (магнонами). В этих взаимодействиях нелинейные явления также играют весьма существенную роль.

УДК 534.321.9 530.18

ИМЕНИ Н. И. ВАВИЛОВА

В связи с 80-летием со дня рождения академика Н. И. Вавилова Президиум Академии наук СССР присвоил имя выдающегося советского биолога Всесоюзному обществу генетиков и селекционеров.

На состоявшемся 18 декабря 1967 г. в московском Доме ученых торжественном заседании, посвященном 80-летию со дня рождения ученого, об этом сообщил в своем вступительном приветственном слове президент АН СССР академик М. В. Келдыш. От имени всех членов Общества с ответным словом выступил президент Общества академик Б. Л. Астауров.

Наше Общество, сказал он, еще

очень молодо — оно возникло немногим более полутора лет назад, но насчитывает уже в своем составе 17 региональных отделений в различных областях и городах страны и около 2000 членов. Общество призвано служить развитию двух ветвей науки — генетики как теоретической основы селекции и селекции как практического воплощения генетических знаний в целях умножения продуктивности растениеводства и животноводства. Носить имя Николая Ивановича Вавилова для нашего Общества большая честь. Самозабвенно отдавал Н. И. Вавилов свои силы и знания, свою жизнь науке, просвещению, научной организации сельского хо-

зяйства нашей страны. Работа на поприще генетики и селекции объединялась в его деятельности с удивительной цельностью. Вот почему его имя станет теперь знаменем и эмблемой нашего Общества, которое приложит максимум энергии, чтобы оправдать эту высокую честь.

С докладами и воспоминаниями о жизни и деятельности выдающегося советского биолога, генетика, селекционера, растениевода, путешественника-географа, каким был один из первых лауреатов премии им. В. И. Ленина академик Н. И. Вавилов, выступили на заседании профессора А. М. Негруль, Б. Н. Семевский, Н. В. Тимофеев-Ресовский и С. С. Хохлов.

ГЕОЛОГИЯ И ТОЧНЫЕ НАУКИ

В. П. Высоцкий
Кандидат геолого-минералогических наук
Москва

В последнее десятилетие в связи с успехами физики и химии часто противопоставляют «точные» физические методы «неточным» геологическим. Вследствие этого иногда геологию считают описательной наукой, не достигшей еще стадии «настоящей» науки. Такую мысль, например, высказал известный английский ученый Д. Бернал в 50-х годах в своей книге «Наука в истории общества». Он, в частности, указал, что геология не имеет собственных методов, а заимствует их из физики и химии. Однако это не так. Дело здесь значительно сложнее. Рассмотрим соотношение геологических и физических методов на примере определения абсолютного геологического возраста.

Кроме относительной геохронологии (моложе — древнее), в геологии еще с конца XVIII в. разрабатывалась абсолютная шкала времени с геологических позиций — по скорости разрушения рельефа (денудации) или отложений различных осадков, по темпам развития организмов, накоплению солей в океане и т. п. К середине XX в. эти способы стали второстепенными, притом для решения частных вопросов геохронологии. Решение общих проблем основывается теперь исключительно на изучении результатов радиоактивного распада некоторых элементов. Чаще применяются калий-аргоновый, рубидиево-стронциевый, урано-свинцовый и радиоуглеродный методы. Они возникли в связи с изучением явлений радиоактивности, распада и образования некоторых элементов, позволили разработать абсолютную геохронологию на основе физического эксперимента.

Историю проблемы абсолютного возраста осветил в марте 1912 г. в журнале «Природа» известный геолог

Н. И. Андрусов. По различным геологическим процессам время с кембрия оценивалось разными учеными от 30 до 972 млн лет, для всего периода образования осадочных пород, т. е. с архея, — до 1500 млн, а в одном варианте (по соли океанской воды) — до 8000 млн лет.

Впервые определение возраста породы по радиогенному свинцу было сделано В. Болтвудом (Канада) в 1907 г. Для разных минералов он получил возраст от 246 до 1320 млн лет. Несколько позднее по радиогенному гелию возраст минерала циркона из палеозоя был определен примерно в 140 млн лет, а в 1911 г. А. Холмсом возраст позднедевонских пород по свинцу — в 370 млн лет. Некоторые определения были явно ошибочны, поэтому геологи весьма недоверчиво отнеслись к зарождающейся радиогеохронологии, а среди экспериментаторов возникали сомнения в независимости радиоактивных превращений от внешних условий. В СССР первые определения возраста минералов (по свинцу и гелию) относятся к середине 20-х годов (К. А. Ненадкевич, В. Г. Хлопнин.)

В 1920 г., до появления первых «физических» хронологических шкал, известный геолог А. П. Павлов критически рассмотрел чисто геологические представления о времени в свете актуализма¹ и сравнительно-исторического метода и предложил свою шкалу. Он писал: «... если мы знаем, что работавшие геологические силы и раньше работали так же, как и теперь, то ясно, что результаты

работы могут быть мерилем времени¹. Но он вводит поправки на возможную (в частности, большую) интенсивность действовавших ранее некоторых факторов.

За эталон А. П. Павлов взял послетретичное время, длительность которого он считал установленной достаточно точно. Шкала Павлова сопоставлена в таблице (см. стр. 64) со шкалами некоторых исследователей и со шкалой, доложенной советскими учеными в 1964 г. Международному геологическому конгрессу. Для оценки цифр нужно учесть, что с 20-х годов некоторые границы относительной шкалы несколько сместились. Хорошо сопоставляется длительность четвертичной эпохи, А. П. Павлов использовал расчеты А. Пенка, но указал, что Пенк не привнес во внимание некоторых своих же соображений, поэтому цифра, возможно, выше, чем 1140 тыс. лет. Кроме того, Павлов основывался на имеющихся сведениях о древности первых каменных орудий. Позднее были открыты более глубокие горизонты археологического разреза.

Наибольшие расхождения наблюдаются для мела и карбона — перми. Но это легко объяснить. Одним из критериев времени у геологов, в том числе и для Павлова, была скорость развития жизни, видообразования. На геохронологическое значение этого явления указал еще Ж. Б. Ламарк (1744—1829). В мелу и «нермо-карбоне» как раз усиливается видообразование и развитие новых групп и классов организмов. А. П. Павлов считал, что в прошлом возможны иные скорости процессов, но, будучи последовательным эволюционистом, он, видимо, недооценил неравномерность в эволюции би-

¹ Актуализм — научный метод геологии, применяемый для реконструкции геологического прошлого и прогноза будущего путем всестороннего использования результатов изучения современных явлений.

¹ А. П. Павлов. Представления о времени в истории, археологии и геологии. М., 1920, стр. 11.

Сопоставление различных геохронологических шкал

Периоды	Длительность в миллионах лет				
	1920, А. П. Павлов	1947, А. Холмс	1959, А. Холмс	1960, СССР	1964, СССР
Четвертичный	не менее 1,0—1,14	1	1	—	1,5—2,0
Третичный	40	57—67	69	70	65
Мел	200	69—72	65	70	70
Юра Триас	200	25—27 29—30	45 45	45 40	58 45
Мезозой	400	123—129	155	155	173
Карбон + Пермь	400	73—79	125	95	100—120
Девон	100	43—58	50	80	50—70
Силур	100	112—117	100	80	90
Кембрий	100	80	100	90	≥70
Палеозой	700	308—334	375	345	310—350
Всего с начала кембрия	1141	489—531	595	570	≥570

¹ Сопоставление сделано по шкале А. П. Павлова, менее дробной, чем шкала 1964 г. Карбон и пермь объединены у А. П. Павлова.

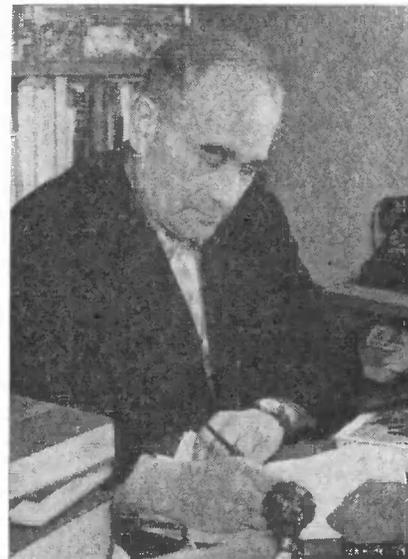
ологических видов¹ и зависил длительность этих эпох. Однако он правильно принял относительно большую продолжительность мела и «пермо-карбона» сравнительно с другими периодами мезозоя и палеозоя. Эти ошибки, кстати сказать, — достаточно объективное доказательство значительной неравномерности процесса видообразования в истории Земли.

Можно предположить, что за истекшие годы абсолютная геохронология, исчисляемая по геологическим процессам, уточнилась бы, если бы ее не заменила радиогеохронология.

А. П. Павлов подчеркивает, что попытки определения полного воз-

раста Земли физиками (по ее охлаждению) давали противоречивые результаты: 20—400, вероятнее всего 100 млн лет, причем последнюю цифру отстаивал Дж. Дарвин еще в 1886 г., а в 1905 г. тот же Дарвин заявил, что открытие радиоактивности делает эти расчеты совершенно ненадежными. Добавим, что для определения длительности отдельных геологических периодов физика в то время не располагала средствами. Таким образом, до радиоактивного метода геологические способы определения абсолютного возраста Земли были точнее, чем физические, и являлись единственными для дробных подразделений шкалы.

Радиоактивные методы не обладают абсолютной точностью. Помимо обычных погрешностей определения величин, необходимых для вычисления времени, получение сравнимых результатов требует полного учета относительной геохронологии — положения породы в геологическом разрезе, а также всех условий возник-



Борис Петрович ВЫСОЦКИЙ.
Старший научный сотрудник, занимается вопросами истории геологии, в частности эволюции ее методов. Ведет в Институте истории естествознания и техники АН СССР тему «История актуализма».

¹ На эту неравномерность неоднократно указывалось в литературе, особенно с конца XIX в. В 1908 г. И. Вальтер назвал «анастрофами» эпохи резкого ускорения развития жизни (интенсификации геологических процессов вообще). Н. С. Шатский в 1938 г. с позиций чистого эволюционизма указал на представления об эпохах вымирания видов и расцвета видообразования как на признак «неокатастрофизма».

новения и изменения осадка и породы, т. е. характера и степени их диагенеза и метаморфизма, а также других влияний среды на породу. Относительная простота чисто физического эксперимента осложняется необходимостью детального изучения геологических процессов. Для иллюстрации укажем, что при построении своей шкалы А. Холмс в 1947 г. использовал лишь пять опорных цифр абсолютного возраста, а длительность периодов и границы между ними были рассчитаны главным образом по мощности пород, т. е. по чисто геологическим соображениям. Естественно, что со временем средние цифры возраста уточнялись, но не могут считаться вполне окончательными и сейчас.

Следует признать, что шкала А. П. Павлова свидетельствует о больших успехах геологии, позволивших косвенными, «своими» путями довольно близко подойти к решению проблемы абсолютной геохронологии. Подчеркнем, что не случайно А. П. Павлов рассматривал время начиная с кембрия. Лишь с этой эпохи сохранились сравнительно полные геологические документы (малоизмененные породы и органические остатки). Цифры, приведенные Павловым, не произвольны, а являются результатом логического анализа геологического экспериментального материала. Полный возраст Земли мог тогда лишь экстраполироваться. Но подобная экстраполяция «от геологии» была надежнее, чем попытки определить возраст планеты с точки зрения физики.

В настоящее время полный возраст Земли также достаточно гипотетичен, и соответствующие цифры за последние десятилетия колебались в пределах $3,7-7 \cdot 10^9$ лет.

Сказанное никак не умаляет значения радиоактивных методов, которые несравненно объективнее всех ранее существовавших. Но они не могут противопоставляться геологическим и потому, что являются не физическими, а геофизическими методами (т. е. разновидностью геологических методов в широком смысле этого слова).

В чем основное различие между

этими группами? В обоих случаях инструментами для измерения времени служат остаточные явления, результаты геологических процессов. Решающее преимущество радиоактивных методов в том, что ведущий процесс — радиоактивный распад элементов — непрерывен, равномерен и независим от влияний среды (как это с достаточными основаниями принимается за геологическое время). Метаморфизм пород и другие сложные процессы (анализ их, как указывалось, и здесь необходим) являются все же второстепенными. Собственно геологические методы основаны на заведомо неравномерно идущих, обычно прерывистых, полифакторных процессах. Это и обуславливает их большую субъективность, так как логический анализ сложнейших явлений мог производиться различно — современники А. П. Павлова придерживались и других цифр.

Принципиальная основа в любом случае определения абсолютного возраста — актуализм и (в меньшей степени для радиоактивных методов) сравнительно-исторический метод. Актуализм проявляется в признании равной современной скорости распада элементов на протяжении геологической истории. Кроме того, условно доказать это равенство можно лишь проверкой результатов определения абсолютного возраста относительной геохронологией, без которой проблема не может быть решена.

Установление относительной геохронологии — нераздельная часть любого способа определения абсолютного возраста. Можно было бы показать, что любой «физический» метод становится в геологии «геофизическим», т. е. специфически геологическим, или используется лишь в качестве рабочего. Физические процессы, лежащие в основе определения абсолютного возраста, — предмет изучения самой геологии (радиогеологии). Мнение, что проникновение физики в геологию когда-нибудь преобразует геологию из «описательной» в «точную» науку, несостоятельно. Дело в том, что геология уже давно не описательная наука. Она становится все точнее и объективнее, как любая другая наука. Однако исторические

науки всегда сохраняют свои особенности, отличающие их от физико-химических и механико-математических наук. Это хорошо видно при сравнительном рассмотрении проблемы абсолютного возраста.

Но и исторические науки различны. Физические и химические процессы не являются предметом изучения социальных наук, в отличие от биологии и геологии. Археология (см. «Природа», 1966, № 2 и 3) использует для абсолютной хронологии методы других наук, которые можно назвать в этом случае точными: определение возраста по ленточным глинам, по интенсивности солнечной радиации и, наконец, физические — радиоуглеродный и другие. Не касаясь фактов, приведенных в упомянутой статье Л. С. Клейном, о которых предоставим судить специалистам, укажем, что период времени, изучаемый археологией, несравним с геологическим временем. Радиоуглеродная геохронология практически неприменима более чем на первые десятки тысяч лет (это автор недостаточно подчеркнул).

Наконец, радиоуглеродный метод имеет существенное отличие от других, так как изотоп углерода, распад которого лежит в основе определения возраста, возникает в атмосфере под воздействием космических лучей. Постоянство этого процесса вызывает сомнения: дальнейшая миграция радиогенного углерода в атмосфере и гидросфере в принципе может быть несколько различной. Возможные неточности при общей длительности «археологического» времени могут оказаться заметными. С определением времени по изотопу углерода в ряде конкретных случаев, в принципе, могут конкурировать и другие косвенные способы. Все они являются «рабочими» для археологии, не входя в ее структуру, как геофизика в геологию. Поэтому археология (насколько основательно — это другой вопрос) и спорит с физикой.

Будущее геологии, как и других исторических наук, не в превращении геологии в «физическую» науку, а в максимальном обогащении ее методов достижениями методов других наук. Только в этом смысле геология становится наукой все более точной.

БЫСТРОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН

„ПРИРОДА“ ПИСАЛА: 1925, № 1—3

В Отделе семеноведения Главного ботанического сада¹ Д. Н. Нелюбов нашел способ определять способность семян к прорастанию, пользуясь окрашиванием их. Из произведенных до сих пор опытов оказывается, что таким способом можно легко определять процент всхожести семян в образце. Благодаря этому можно, когда это необходимо, определить всхожесть семян, не прибегая к их проращиванию...



КОММЕНТАРИИ. 1968 г.

Биохимические методы определения жизнеспособности семян, в том числе и метод Д. Н. Нелюбова, имеют то преимущество перед непосредственным проращиванием, что позволяют быстро определить качество образца семян. Это особенно важно для семян древесных растений, которые прорастают недружно и в течение длительного времени (иногда — в течение многих месяцев). Вот почему этот и другие подобные методы оказались весьма плодотворными.

В настоящее время используется ряд таких методов, основанных на различной степени проникновения тех или иных красителей в живые и мертвые ткани.

При погружении семян в растворы индигокармина или кислого фуксина мертвые ткани клеток зародышей легко пропускают красители и окрашиваются ими в синий или красный цвета, что свидетельствует о нежизнеспособности семян. При намачивании же семян в водном растворе препарата динитробензола и последующем погружении их в раствор аммиака живые клетки семени приобретают пурпуровую окраску.

Однако биохимические методы определения жизнеспособности семян весьма трудоемки. Во всех случаях при определении всхожести семян этими методами требуется предварительное намачивание их в воде, уда-

ление семенных покровов, извлечение зародышей. Поэтому наравне с применением этих методов продолжались и поиски новых, более удобных способов.

В СССР для определения жизнеспособности семян сельскохозяйственных культур по предложению Н. В. Карякина начали использовать люминесцентный метод. А затем (в 1957 г.) Н. А. Борисевич и несколько позже (1959 г.) Г. И. Маргайлик применили его для определения качества семян древесных растений. Люминесцентный метод сравнительно прост. Семена очищают, снимая наружные покровы. Под действием ультрафиолетового излучения семена различного качества люминесцируют различным цветом. Связь цвета люминесценции с жизнеспособностью семян устанавливают для каждого вида сравнением с результатами определения жизнеспособности семян другими методами (биохимическими или проращиванием).

М. И. Шевченко (1938) исследовал для определения всхожести семян некоторых лесных пород рентгенографический метод, не получивший сначала распространения. В 1953 г. исследования в этом направлении начали проводить сотрудники Шведского научно-исследовательского института лесоводства А. Густафсон, М. Симак и К. Мёллер-Ольсен. При рентгеновской съемке все изменения плотности тканей семени фиксируются на пленке, с той или

иной интенсивностью. Здоровые семена получают на негативе светлыми, пустые же или поврежденные поглощают меньше рентгеновского излучения и дают на негативе более темное изображение.

Дозы поглощения семенами рентгеновских лучей при съемке незначительны и, как показали специальные исследования, не отражаются на всхожести семян, ни на дальнейшем развитии растений из них.

Для того чтобы установить, жизнеспособны ли семена после длительного хранения, М. Симак предложил намачивать их в растворах хлористого бария, азотно-кислого серебра и уксусно-кислого свинца. Катионы этих солей сильно поглощают рентгеновские лучи. Если семена жизнеспособны, растворы этих солей не проникают внутрь семени, и изображение его на пленке не отличается от изображения семян, не обработанных растворами. Ткани невсхожих семян поглощают соли тяжелых металлов более интенсивно.

Преимущества рентгеновского метода прежде всего состоят в том, что семена — после определения их жизнеспособности — могут быть высеяны. Кроме того, он требует меньших затрат времени, позволяет точно определить величину и расположение зародышей, а также установить, какой сеянец получится из того или иного семени.

Н. Г. Смирнова
Главный ботанический сад АН СССР
(Москва)

¹ Речь идет о ботаническом саду в Ленинграде. Сейчас Главный ботанический сад АН СССР находится в Москве. (Ред.).

ГОРМОНЫ И РЕГУЛЯТОРЫ РАСТЕНИЙ

Дж. Ван-Овербек (США)

В предлагаемом обзоре известного американского физиолога растений Дж. Ван-Овербека сделана попытка подвести итоги изучения ростовых веществ, или гормонов. Огромный экспериментальный материал, накопленный в этой области, представляется в настоящее время во многом неясным, запутанным и даже — противоречивым. Спорен сам термин «гормон» в применении к веществам, участвующим в регуляции роста, развития и дифференциация растительных организмов.

Интерес и важность проблемы ростовых веществ обусловлены той исключительной ролью, которую они, наряду с генетическими факторами, играют в растениях. На всех этапах жизни растения («от семени до семени») гормоны в сложном и поразительно по согласованности взаимодействии выполняют ответственные функции. Прорастание семени, рост, дифференциация органов и тканей, формирование, зацветание, созревание плодов — все эти процессы протекают при действии и взаимодействии (своеобразной «игре») гормонов. Ясно, что изучение растительных гормонов и регуляторов является частью одной из основных проблем современной науки — проблемы биологической регуляции.

Дать ясную и строгую картину механизма действия ростовых ве-

ществ в настоящее время трудно. Автор обзора справедливо подчеркивает «поливалентность», многообразие проявлений действия растительных гормонов. Существовало (да и сейчас существует) мнение о высокой специфичности действия гормонов, заключающейся в строгом разграничении их функций и в однонаправленности действия каждого вида гормонов. Возможно, это объясняется тем, что на первые работы по гормонам растений оказывали влияние аналогии с гормонами животных, а гормоны животных гораздо более специфичны, чем гормоны растений. Данные, которые приводит Ван-Овербек, говорят о том, что специфическая ответная реакция растительного организма может быть вызвана не обязательно только одним ответственным за нее эвocatorом (возбудителем). Известно, что ауксин, например, в одних случаях стимулирует рост почек, в других тормозит его, в одних случаях ускоряет зацветание, а в других подавляет. Примеров прямо противоположного действия одних и тех же гормонов в растении в зависимости от времени и места действия множество. Видимо, специфична сама протоплазма, которая при действии и (это подчеркивает автор) взаимодействии веществ дает специфическую ответную реакцию. Недаром известный физиолог растений Тиман

писал: «...начинает казаться, что для осуществления активности ауксина необходима вся клетка». Не надо забывать, кроме того, что гормоны растений, как бы велика ни была их роль, служат лишь посредниками, посыльными, осуществляющими «приказы» каких-то факторов, которые действительно регулируют процессы роста, развития и дифференциации растений.

Исследования в области ростовых веществ имеют много сторон. Число научных публикаций во всем мире по вопросам, связанным с регуляторами растений, огромно. Необходимость время от времени обобщать и пересматривать этот материал очевидна. Автору обзора удалось отобрать важные и интересные факты и показать сложную роль гормонов в жизни растений. Следует помнить, однако, что Ван-Овербек не ставил себе задачи ответить на более сложный вопрос — чем и как регулируется концентрация и распределение в пространстве и времени самих гормонов. Обсуждать это — значило бы пытаться ответить на вопрос о том, как и почему, по выражению Н. В. Тимофеева-Ресовского, «в организме в должное время, в должном месте происходит должное».

А. В. Симолин

*Институт органической химии АН СССР
(Москва)*



Сорок лет тому назад были получены первые веские доказательства существования веществ, ускоряющих рост растений. В 1926 г. в Голландии Ф. Вент показал, что вещество, переходящее из проростков овса в агаровый блок, ускоряет рост самих проростков. Это от-

крытие положило начало исследованиям в области ауксипов.

В том же году в Японии в бесклеточных фильтрах патогенного гриба Е. Куросава обнаружил вещество, ускоряющее рост проростков риса. После этого японскими учеными были начаты работы в области

гиббереллинов, которые привлекли всеобщее внимание лишь в начале 50-х годов. Теперь хорошо известно, что ауксины и гиббереллины — два самостоятельных класса химических соединений, различно воздействующих на рост растений.

АУКСИНЫ

Сейчас уже вполне обоснованно можно утверждать, что природный ауксин — это индолил-3-уксусная кислота (ИУК), присутствующая в растущих тканях растений лишь в ничтожных количествах. Так, в 1 кг побегов ананаса найдено только 6 мкг ауксина. Д. Нитш подсчитал, что это соответствует весу иглы, затертой в 22-тонном стоге сена. Столь низкое содержание ИУК объясняется тем, что в растениях она непрерывно разрушается ферментом ИУК-оксидазой. На этот процесс влияют присутствующие в растениях ароматические спирты (моно- и дифенолы), причем первые его активируют, а вторые подавляют. С обнаружением этого факта стала понятной ростоускоряющая активность дифенолов, например кофейной кислоты, которую вначале относили к ауксинам. Кофейная кислота угнетает ИУК-оксидазу и тем самым препятствует разрушению ИУК, что приводит к повышению в тканях уровня последней.

Был получен также ряд синтетических ауксинов. Некоторые из них оказались даже более активными, чем ИУК. Наиболее известный представитель синтетических ауксинов — 2,4-дихлорфеноксисукусная кислота, или гербицид 2,4-D. Сейчас только Соединенные Штаты Америки ежегодно производят более 45 тыс. т этого препарата.

Ауксины стимулируют растяжение и деление клеток, ускоряют рост растений. Но помимо этого они влияют на многие другие процессы, протекающие в растениях.

При работе с культурами тканей природную ИУК часто заменяют более устойчивым препаратом 2,4-D, который менее подвержен биологической деградации. Садоводы для ускорения корнеобразования у черенков вместо ИУК часто применяют более стойкую синтетическую индолмаляную кислоту.

Ауксины оказывают сильное влияние и на дифференциацию тканей. Так, известно, что нафтилуксусная кислота и 2,4-D могут ускорить зацветание ананасов.

Недавно А. Ланг с сотрудниками провел опыт по выращиванию в искусственной среде цветочных почек, взятых с молодого растения огурца. Если почки оставались на растении, они развивались в мужские цветки, если их культивировали в среде — в женские. Это происходило только в присутствии ИУК — гормона, который, воздействуя на цветочную почку, изменял ее пол.

ГИББЕРЕЛЛИНЫ

Гиббереллины были открыты в выделениях патогенного гриба, паразитирующего на высших растениях. Позднее оказалось, что они есть и в зеленых растениях. Это впервые было доказано в 1956 г. М. Рэдли, которая воздействовала на карликовый горох экстрактом из обычного гороха, что привело к формированию растений нормального роста. Гиббереллины, подобно ауксинам, присутствуют в растениях в ничтожных количествах: 100 почек семян подсолнечника содержат только 0,001 мкг гиббереллина.

Наиболее известный гиббереллин — гибберелловую кислоту, или гиббереллин A_2 (GA_2) — получают из культуральной жидкости гриба *Gibberella fujikuroi*. Сейчас известно тринадцать гиббереллинов, от GA_1 до GA_{13} ¹. Порядковый номер гиббереллина отражает последовательность выделения и установления его строения. Большинство работ было проведено с доступной гибберелловой кислотой.

Химическое строение гиббереллинов близко к структуре GA , но все они существенно отличаются от него и друг от друга по своей биологической активности.

Например, GA_7 и GA_1 стимулируют образование цветков у незабудки, остальные же гиббереллины не обладают этой способностью. Гиббереллин A_7 в концентрации $5 \cdot 10^{-10}$ в 1 мл вызывает у папоротника образование мужского полового органа — антеридия. Гиббереллин A_5 , по-ви-

димому, ответственен (скорее всего, косвенно) за пониженную скорость роста у карликового гороха.

Карликовость гороха обнаруживается только при его выращивании на свету. Карликовый и нормальный горох и на свету и в темноте содержит GA_1 и GA_5 примерно в одинаковом соотношении, но на свету ткани карликового сорта становятся менее чувствительными к GA_5 . Чувствительность же растений к GA_1 на свету существенно не снижается. В молекуле GA_5 имеется двойная связь, отсутствующая в структуре GA_1 . К тому же в GA_5 , в отличие от GA_1 , нет гидроксильной группы. Такие, казалось бы, незначительные различия в структуре GA_5 и GA_1 на самом деле существенно сказываются в физиологических реакциях растений.

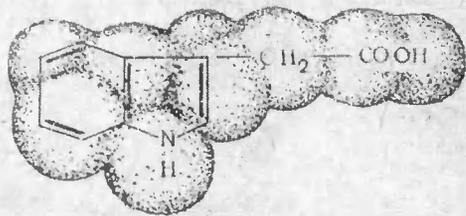
Незначительные вариации в химическом строении гиббереллинов обуславливают разнообразие и различия в их физиологической активности. С другой стороны, известны вещества, по своему строению весьма далекие от GA_5 , но обладающие гиббереллиноподобной активностью. Одно из таких соединений — витамин E, другое — гелиминтоспорол. Гиббереллиноподобную активность обнаруживают также стевииол и некоторые производные каурина, которые являются биологическими предшественниками гиббереллинов.

Ни один из гиббереллинов не удалось пока синтезировать в лаборатории — все они природного происхождения. Если образование ИУК в растениях связано с превращением аминокислоты — триптофана, то гиббереллины — продукты метаболизма дитерпенов.

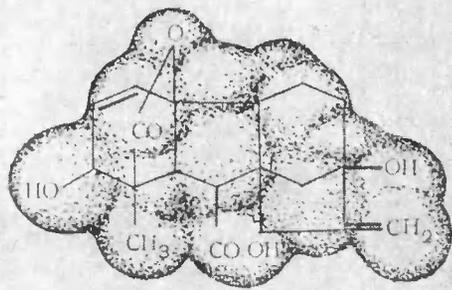
ЦИТОКИНИНЫ

В 1941 г. я пришел к выводу, что в молоке кокосовых орехов содержится сильное ростовое вещество, отличающееся от известных в то время ростовых веществ. Это дало толчок работам в двух направлениях: во-первых, стало возможно более эффективно культивировать органы и ткани в искусственных средах, и во-вторых, начать исследование нового гормона.

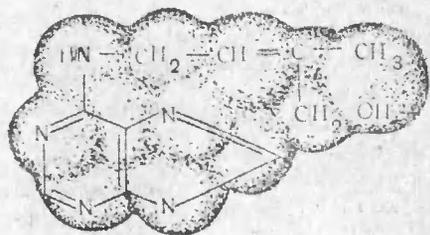
¹ После написания этой статьи были получены новые гиббереллины, и в настоящее время их известно уже 18. Большинство из них обнаружено и в растениях и в культуральной жидкости гриба, а часть только в выделениях гиббереллы.



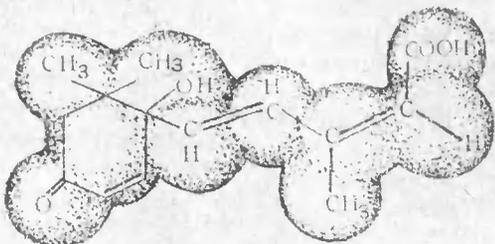
ИУК



ГИББЕРЕЛЛОВАЯ КИСЛОТА / GA₃/



ЗЕАТИН



АБСЦИЗИН II, ИЛИ ДОРМИН

В молоке кокосового ореха содержится много сахаров и других компонентов, что затрудняло выделение и очистку неизвестного вещества. Поэтому для выделения нового гормона были использованы другие источники с аналогичным действием. В 1955 г. эти попытки увенчались успехом: из фракции ДНК спермы сельди было выделено производное аденина¹, названное кинетином. Вскоре синтетически были получены другие производные аденина, близкие по строению к кинетину. Новые активные вещества были названы кининами, а позднее переименованы в цитокинины.

Цитокининовая активность обнаружена в зеленых растениях, в их семенах, в молоке кокосовых орехов и в пасоке (клеточном соке).

Содержание цитокининов в природных источниках исключительно мало (50—100 мг в 1 т пасоки винограда), и прошло около десяти лет, прежде чем удалось получить первые сведения об их строении.

В 1964 г. Д. Летхэму с сотрудниками удалось установить структуру цитокинина, выделенного из молодых семян кукурузы и получившего название зеатин.

Из синтетических цитокининов хорошо известен бензиладенин. Недавно выяснилось, что цитокининовой активностью обладают некоторые производные мочевины.

Помимо участия в процессах роста и дифференциации клеток растений цитокинины способны выполнять и другие физиологические функции. Одна из них — задерживание старения растений. Срезанные и обработанные цитокинином листья долго остаются зелеными, так как гормон задерживает распад белков и, тем самым, пожелтение листьев. Другое интересное свойство цитокининов — их способность направлять поток различных химических веществ в растении.

¹ Аденин — химическое соединение, входящее в состав нуклеиновых кислот и в таком виде широко распространенное в живых организмах.

ИНГИБИТОРЫ

Среди физиологов крешнет уверенность, что состояние покоя в растении регулируется взаимодействием ингибиторов и гиббереллинов. Т. Хемберг уже давно высказал предположение, что в покоящихся клубнях картофеля ингибиторы подавляют активность фермента α -амилазы. Р. Уоринг выделил ингибиторы из листьев древесных растений, которые выращивались в условиях короткого дня. Эти ингибиторы, удачно названные «дорминами» (от лат. *dormio* — спать), регулируют переход вегетирующей почки к зимнему покою, превращая зачатки листьев в почечные чешуйки. Один из ингибиторов обладает особенно высокой активностью. Молекула этого dormina содержит карбоксильную, гидроксильную и кетонную группы и, возможно, идентична молекуле абсцизина — вещества, родственного витамину А.

В растениях dormin, по-видимому, сложно взаимодействует с ауксинами и гиббереллинами. Известно, например, что dormin подавляет α -амилазную активность в оболочке ячменя, вызванную гиббереллином.

Таким образом, ингибиторы могут выполнять в растениях функцию антагонистов гиббереллинов. Ингибиторы, вероятно, оказывают слабое воздействие на карликовые сорта злаковых, но значительно тормозят рост нормальных растений. Это ингибирующее действие может быть снято гиббереллином. Dormin подавляет также рост отрезков колеоптилей¹ овса, вызванный ИУК. Любопытно, что первоначальная скорость роста может быть восстановлена не ауксином, а гиббереллином. В отсутствие dormina отрезки колеоптилей не дают ответной реакции на гиббереллин.

Все это говорит о том, что и гиббереллины и ауксины необходимы для нормального роста растений.

Пока шли работы по установлению строения природных ингибиторов, было обнаружено несколько

синтетических соединений, замедляющих рост растений. Д. Митчелл с сотрудниками сообщили о синтетическом препарате — АМО-1616, который подавляет образование новых гиббереллинов, но не блокирует действие уже образовавшихся гормонов. Известны и другие синтетические ингибиторы, причем часто это вещества разной химической природы. Интересно, что, задерживая рост, эти препараты часто ускоряют цветение и плодоношение растений. В ряде случаев перспективно их применение в сельском хозяйстве.

Список рострегулирующих веществ далеко не исчерпывается ауксинами, гиббереллинами, цитокининами и ингибиторами. Уже давно к ростовым гормонам относят этилен, который образуется в растениях и обладает высокой биологической активностью. Этилен, по-видимому, играет важную роль в созревании плодов, а также участвует в процессах увядания листьев и в механизме действия ауксинов.

Вопрос, является ли данное химическое соединение гормоном растений или нет, в значительной мере терминологический и зависит от смысла, который вкладывают в понятие «растительный гормон». Гормон, вообще говоря, — это химический сигнал, вызывающий ответную реакцию такого рода, которая в результате определенного механизма оказывается необходимой и полезной для отдельного организма или вида. Этот термин следует относить только к природным соединениям, которые участвуют в регулировании жизненных процессов.

Регулятором роста называют синтетические препараты, сходные по своему действию на растения с гормонами.

В стремлении к классификации мы — по традиции — не относим к растительным гормонам и регуляторам органические питательные вещества и неорганические ионы. Но природа не делает подобных различий. Сахары, например, могут контролировать рост плодов на конечной стадии их созревания. Кроме того, сахар совместно с ауксином играют решающую роль в дифференциации проводящей ткани растений. Меха-

низм ростстимулирующего действия гиббереллина тесно связан с превращением сахаров в формы, доступные для потребления растениями.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ГОРМОНОВ

Выяснение роли гиббереллинов при прорастании семян позволило сделать одно из самых поразительных открытий в области растительных гормонов. О том, что гиббереллин ускоряет прорастание ячменя и риса, знали с 1940 г. Но до 1960 г., когда Х. Иомо в Японии и Л. Палег в Австралии начали свои работы с зародышами ячменя, не было известно, что именно гиббереллин служит тем химическим сигналом, посредством которого зародыш активизирует клетки для секреции гидролитического фермента. Гибберелловая кислота в чрезвычайно низкой концентрации ($2 \cdot 10^{-11}$ моля на 1 л) способна вызывать расщепление крахмала в лишенном эндосперма зародыше ячменя. Недавно опытами Д. Варнера было показано, что секреция α -амилазы клетками алейронового¹ слоя осуществляется после синтеза этого фермента.

Известно также, что в прорастающих семенах пшеницы новообразование гиббереллинов происходит в зародыше. Чтобы вызвать образование α -амилазы, гиббереллин активирует ферменты, ускоряющие деградацию клеточных стенок. При этом происходит не только использование эндосперма — ферменты размягчают и семенные оболочки, позволяя проростку пробиться наружу.

Взаимодействие ауксина и гиббереллина в зернах злаковых растений можно представить следующим образом. Зародыш после оводнения активируется и выделяет гиббереллин. Гормон попадает в алейроновые клетки, где вызывает синтез или активацию (или и то и другое) гидролитических ферментов, включая протеазу, которая расщепляет резервный белок и освобождает триптофан.

¹ Колеоптиль — влагалищный лист, первый (после семядоли) лист злаков.

¹ Алейроны — мельчайшие белковые образования в клетках семян злаков и других растений. Алейроны играют роль запасного материала и используются растением при прорастании семян.

Триптофан поступает в молодые побеги и по мере продвижения к верхушке проростка «подготавливается» к превращению в ИУК. Хорошо известно, что ИУК движется от верхушки coleoptили к его основанию. Перемещаясь, ИУК приводит в движение механизм, размягчающий стенки клеток, которые начинают более интенсивно всасывать воду и за счет этого растягиваются.

После того как было показано, что удлинение первичных корешков у прорастающего семени дугласовой пихты стимулируется гиббереллиновой кислотой, я пришел к выводу, что гиббереллин — более вероятный стимулятор роста корней, чем ауксин. Убедительные данные в пользу этой точки зрения содержатся в работе Л. Палега об ускорении роста первичных корешков салата гиббереллинами. Особенно активным оказался ГА₆. Ауксины, как правило, задерживают рост корней, но в то же время ускоряют корнеобразование у черенков. Гиббереллин же при культивировании зародышей в искусственных условиях более эффективен, чем ауксин, и способен ускорять рост корня в длину.

Гиббереллин может образоваться и в верхушке проростка семени, и в его корешках. Если действительно гиббереллин, а не ауксин служит основным стимулятором роста корешка, то можно объяснить, почему у прорастающего семени образуется сначала корешок, а потом проросток: при дифференциации проростка гиббереллин образуется на более ранней стадии развития, чем ауксин.

Контроль гиббереллина над удлинением корня не означает, однако, что ауксин не выполняет в корнях определенных функций. В ответ на действие силы тяжести ауксин вызывает рост первичного корня вниз.

В процессе прорастания участвуют и цитокинины, присутствующие в семенах и играющие важную роль на ранних стадиях роста зародыша и прорастания. Цитокинины вызывают образование лигнина и, видимо, контролируют и стабилизируют ростовые процессы. Кроме того, цитокинины изменяют действие других гормонов. Совместное применение

ауксина и цитокинина вызывает не только количественный эффект, но и очень интересное качественное явление. Ф. Скут показал, что дифференциация ткани в корнях и побегах растений контролируется соотношением ауксина и цитокинина. Пользуясь этим замечательным свойством цитокинина, можно из недифференцированной массы клеток в условиях культуры тканей вырастить нормальное растение табака.

Сейчас ясно, что для быстрого роста тканей необходимо постоянное присутствие цитокинина. Выяснение его роли в жизни растений по существу только началось; многое в этой области остается еще непонятным и требует дальнейшего изучения.

В настоящее время все больше и больше физиологов растений и биохимиков приходит к мысли, что растительные гормоны действуют на какую-то часть аппарата нуклеиновых кислот, где-то на участке между ДНК и информационной РНК. Это действие передается затем на механизм образования ферментов и тем самым влияет на биохимию и физиологию растения в целом. Такая картина сама по себе очень привлекательна, но после первого взрыва энтузиазма появилась опасность упрощенного подхода к этим сложным процессам.

Согласно принятым представлениям, во всех живых клетках содержится полный набор ДНК, характерный для данного организма. Но из этого набора генов в каждый момент активна только какая-то их часть. Гены могут, таким образом, «включаться» и «выключаться». Изменение активности генов — это результат различий между клетками, содержащими одинаковые наборы генов. «Включение» и «выключение» генов, как полагают, регулируется нуклеогистонами.

Исходя из этого, можно предположить, что первичная гормональная реакция гиббереллина в семени приводит к включению определенного участка ДНК. Активированная ДНК может теперь синтезировать специфическую информационную РНК, что в свою очередь приводит к образованию специфических ферментов.

Ферменты вызывают в растении изменения в обмене веществ, новую фазу дифференциации и начало нового цикла роста.

ЧТО ЖЕ НАМ ИЗВЕСТНО?

Сорок лет продолжают исследования гормонов растений. Что же нам удалось узнать и понять за это время?

Мы выяснили химическую природу ауксинов, гиббереллинов и цитокининов, а в последнее время и некоторых ингибиторов. Как это ни странно, знание химического строения фитогормонов почти ничего не дало для понимания их функций. Но зато в наших руках оказались методы получения и выделения индивидуальных гормонов и регуляторов, как природных, так и синтетических. Вряд ли нужно говорить о значении чистых препаратов для физиологических экспериментов.

Мы узнали также, что гормоны полivalentны, т. е. обладают широким спектром действия. Ауксины — не только гормоны растяжения клеток, цитокинины — не только гормоны клеточного деления. Первые способны стимулировать клеточное деление, а вторые — вызывать растяжение клеток. Функции гормонов перекрываются. Ауксины образуются в семенах созревающих плодов. Плод, лишенный семени, обычно перестает расти. Но было показано, что развитие бессемянных плодов персика можно стимулировать обработкой гиббереллином, после чего рост и созревание плода протекают так, что невозможно отличить бессемянный персик от нормального. Значит, в бессемянных плодах гиббереллин способен выполнять функции, которые считались «привлекательной» ауксина.

Удалось установить, что гормоны растений действуют в определенной последовательности. Цитокинины и гиббереллины преобладают на ранних стадиях развития растения, ауксины — на поздних. Концентрация гормонов в растении никогда не бывает постоянной. Напротив, для них типично быстрое достижение максимума концентрации с последующим быстрым ее падением. Если содер-

жание гормона в растении долгое время искусственно поддерживается на высоком уровне, то характерные подъем и падение концентрации смещаются и нормальное взаимодействие гормонов нарушается. Именно поэтому ауксин 2,4-D, который обладает устойчивой молекулой и долго сохраняется в растениях, может применяться в борьбе с сорняками.

Выяснилось, что ауксины, гиббереллины и цитокинины взаимодействуют: повышение или понижение концентрации одного из гормонов влияет на ответную реакцию, вызываемую другим гормоном.

Наконец, мы начинаем понимать, что механизм действия гормонов (по крайней мере некоторых) осуществляется, по-видимому, на уровне генов. В ряде случаев, ускоряя синтез информационной РНК, гормоны дают толчок к новому синтезу

специфических ферментов. Ферменты в свою очередь контролируют биохимию, следовательно, и физиологию организма.

Теория одностороннего первичного действия гормонов не может, однако, не вызывать сомнений, как слишком упрощенная.

Свенэй 25 лет назад показал, что движение протоплазмы в клетках проростка ускоряется уже через несколько секунд после воздействия ничтожных количеств ауксина (от 0,001 до 1 мг ИУК на 1 л). Такую быструю реакцию клеток нельзя считать результатом процессов, связанных с аппаратом ДНК-РНК-фермент. Почему гормон не может «открывать» несколько различных реакций, подобно ключу, открывающему несколько дверей? Никаких серьезных возражений против подобного понимания первичной реакции гормона нет.

Кроме того, существует еще одно предположение: не являются ли некоторые эффекты с участием РНК (ряд авторов считает эти эффекты результатом первичной гормональной реакции) необходимыми и незаменимыми процессами, направленными на поддержание структур, участвующих в росте (таких, как плазматические мембраны), без которых гормональное действие вообще не может проявляться?

От нашего взора еще многое скрыто. Наиболее значительное и интересное лишь едва прорывается на самой границе знаний. Однако мы знаем достаточно, чтобы понять, насколько волнующая картина открывается перед нами в будущем.

Сокращенный перевод А. В. Симолина из журнала «Science», т. 152, 1966, № 3723.

УДК 581.1

ПРЕМИЯ ИМЕНИ Е. С. ФЕДОРОВА

Премия имени Е. С. Федорова, выдающегося русского кристаллографа, присуждена за 1967 г. Президиумом АН СССР доктору физико-математических наук Александру Исааковичу Китайгородскому (Институт элементоорганических соединений АН СССР).

Исследования А. И. Китайгородского в области органической кристаллохимии и теории структурного анализа получили широкое признание в Советском Союзе и за рубежом. Он — создатель нового научного направления — органической кристаллохимии; его монография, посвященная этой теме¹, — первая в мировой литературе. Вскоре после ее появления книга «Органическая кристаллохимия» была издана в США

¹ См. популярную статью А. И. Китайгородского «Органические кристаллы», «Природа», 1965, № 3, стр. 6.

и получила высокую оценку мировой научной общественности.

На основе систематизации и тщательного изучения экспериментальных материалов в книге сформулированы правила построения органических кристаллов из молекул, предсказывающие симметрию кристалла и взаимное расположение молекул в ячейке. За последнее время накоплено много данных, которые убедительно подтверждают ценность «правил Китайгородского».

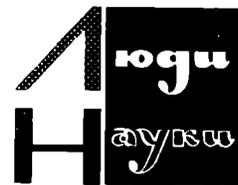
Дальнейшим развитием геометрической теории, положенной в основу «Органической кристаллохимии», служат исследования автора в области создания схемы количественного расчета структуры и свойств органических кристаллов методом атом-атомных потенциалов, обобщенные в работе «Физические аспекты упаковки органических молекул в кристалле». В последние годы все большее

число исследователей в лабораториях многих стран используют эти идеи А. И. Китайгородского и конкретные схемы предложенных им расчетов.

Значительный вклад сделан автором в теорию определения структур без тяжелых атомов. В монографии «Теория структурного анализа» им дано обоснование закона преимущественной положительности структурных производных — важного правила, находящегося на вооружении экспериментаторов.

Совокупность работ А. И. Китайгородского представляет крупный вклад в современную кристаллографию и смежные разделы физики твердого тела.

А. И. Китайгородский является постоянным автором «Природы», и редакция приносит Александру Исааковичу свои сердечные поздравления.



ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ И ОБЪЯСНЕНИЯ СВЕРХТЕКУЧЕСТИ ЖИДКОГО ГЕЛИЯ

К 60-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА Л. Д. ЛАНДАУ

Член-корреспондент АН СССР Е. М. Лифшиц

Институт физических проблем АН СССР (Москва)

Шестидесятилетие Льва Давидовича Ландау дает повод вернуться к истории открытий, составивших одну из наиболее блестящих страниц советской физики и положивших начало новой области науки — физики квантовых жидкостей. Значение этой области все более растет: несомненно, что ее развитие за последние десятилетия оказало революционизирующее влияние и на другие области физики — физику твердого тела и даже на физику ядра.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ГЕЛИЯ II

Жидкий гелий — единственное вещество, которое может оставаться жидким при охлаждении вплоть до абсолютного нуля: все другие вещества в конце концов затвердевают. Между тем, согласно «классическим» представлениям, при абсолютном нуле все атомы вещества должны были бы остановиться, т. е. занять определенные положения внутри тела, а это означает, что тело было бы твердым.

Уже это обстоятельство — первое свидетельство того, что свойства жидкого гелия могут быть поняты только на основе совершенно иных представлений, а именно представлений квантовой механики. Хорошо из-

вестно, что этой механике подчиняются явления микромира — мира атомов и молекул. В данном же случае мы имеем дело не с отдельными микроскопическими частицами, а с макроскопическим телом, состоящим из огромного числа атомов. В известном смысле можно сказать, что в таких телах при обычных температурах квантовые свойства как бы заслоняются хаотическим тепловым движением частиц. Лишь при самых низких температурах, когда интенсивность этого движения становится слабой, проявляются глубокие квантовые свойства вещества. Все вещества, за исключением только гелия, затвердевают прежде, чем их квантовые свойства успевают в достаточной мере выделиться. Один лишь гелий может стать «квантовым» до своего затвердевания, а после этого он уже вообще не обязан затвердевать, так как в квантовой механике несправедливо утверждение о полной остановке движения атомов при абсолютном нуле температуры. Таким образом, жидкий гелий является единственным в своем роде объектом, который природа предоставила в распоряжение физиков для изучения «квантовой жидкости».

Гелий (при атмосферном давлении) переходит в жидкое состояние

при абсолютной температуре $4,2^\circ$. При температуре же $2,2^\circ$ гелий, оставаясь жидким, претерпевает еще одно превращение. Оно было первоначально открыто (Каммерлинг-Оннесом в 1926 г.) по скачкообразному изменению теплоемкости жидкости. Жидкий гелий при температурах выше точки превращения получил название гелий I, а ниже — гелий II. Именно последний и оказался жидкостью, совершенно исключительной по своим свойствам.

Первое указание на эти свойства было получено в 1936 г. в Лейдене В. Кеезомом и мисс А. Кеезом. Они обнаружили, что разность температур между концами заполненного гелием капилляра выравнивается чрезвычайно быстро, так что гелий II оказывается как бы наилучшим из известных нам проводников тепла.

ОПЫТЫ П. Л. КАПИЦЫ

Но решающий шаг в раскрытии свойств жидкого гелия был сделан в 1938 г. Петром Леонидовичем Капицей в Институте физических проблем в Москве. Произведенный им опыт имел целью измерение вязкости жидкого гелия.

Вязкость жидкости обычно измеряется по скорости ее протекания через тонкие капилляры. В опытах

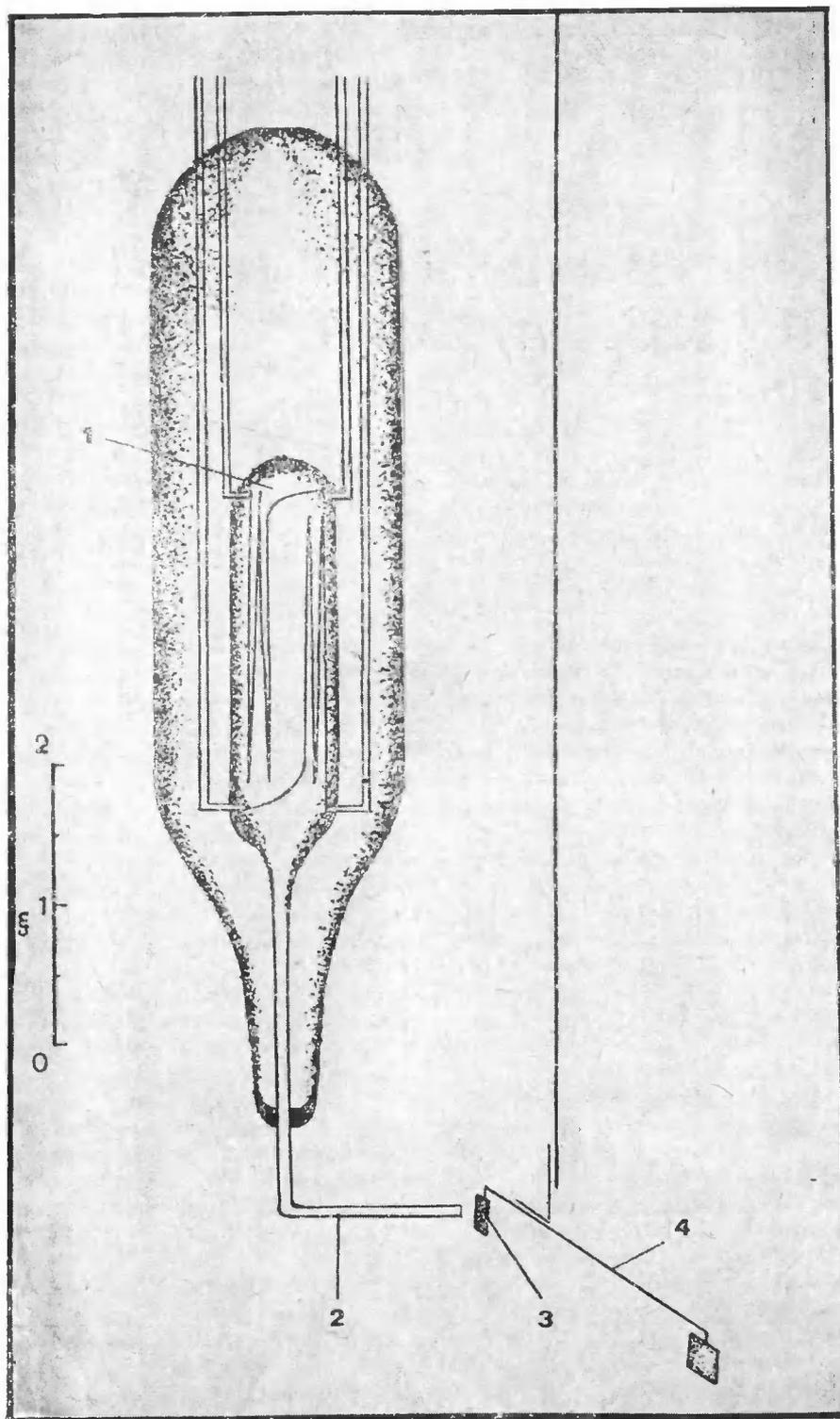


Рис. 1. Прибор для исследования тепловой струи в жидком гелии. Сосуд 1 и соединенный с ним капилляр 2 образуют маленький дюваровский сосуд (с общей длиной около 9 см). Внутри сосуда находится нагреватель. Перед открытым концом капилляра висит легкое крылышко 3 на балансирах 4, подвешенном на кварцевой нити. Сосуд заполнен жидким гелием, и вся система погружена в жидкий гелий. При нагревании жидкости в сосуде крылышко отклоняется

Капицы чувствительность такого способа была значительно увеличена за счет того, что его прибор допускал протекание большего количества жидкости, чем пропускает тонкий капилляр. Это было достигнуто в опыте, в котором гелий II протекал по узкой щели между оптически плоскими стеклянными дисками, расстояние между которыми устанавливалось прокладками из слюды. При ширине щели 0,5 микрона гелий I протекал едва заметно, а при заполнении системы гелием II уровни выравнивались в течение нескольких секунд. Опыт привел к поразительному результату: оказалось, что вязкость гелия II во всяком случае не превышает 10^{-9} пуаз (что почти в 10 000 раз меньше, чем вязкость наиболее легко подвижного из известных веществ — газообразного водорода).

Отсюда Капица сделал смелый вывод, что в действительности гелий II течет как жидкость, вообще не имеющая вязкости, и предложил назвать это явление сверхтекучестью. Тогда же им было высказано предположение, что «сверхтеплопроводность» жидкого гелия представляет собой в действительности не его первичное свойство, а является следствием сверхтекучести, приводящей к легкому возникновению конвективных потоков.

В последующие несколько лет П. Л. Капица провел обширное экспериментальное исследование механизма теплопередачи в жидком гелии в свете его сверхтекучести. Эти исследования привели к установлению основных свойств данного явления и дали надежное основание для построения теории сверхтекучести.

Упомянем здесь лишь некоторые из наиболее наглядных опытов. Было обнаружено, что если перед отверстием сосуда, наполненного жидким гелием (и погруженного в жидкий гелий), подвесить легкое крылышко, то при нагревании гелия в сосуде крылышко отклоняется (рис. 1). Тем самым непосредственно доказывается связь процесса теплопередачи в гелии с возникновением движения в нем. Но это движение имеет весьма парадоксальный характер: из отверстия

вырывается струя жидкости, отклоняющая крылышко, и в то же время количество жидкости в сосуде не меняется, он остается полным. Таким образом, необходимо было предположить, что одновременно с вытекающей струей имеет место также и какой-то «противоток» жидкости. Однако не менее парадоксальным представлялся и другой аспект этого явления. Опыт показал, что вытекающая из отверстия струя жидкости оказывает на сосуд реактивное действие (рис. 2). Реактивная сила исчезла, когда перед отверстием устанавливалось жестко скрепленная с сосудом заслонка, воспринимавшая на себя удар струи. Дело обстоит так, как если бы вытекающий «противоток» сам по себе никакого механического воздействия на сосуд не оказывал.

Мы описали выше основной опыт Кашицы, приведший к открытию сверхтекучести. Но примерно в то же время исследователи в Торонто и Лейдене измеряли вязкость жидкого гелия другим способом. Подвешенный в жидкости цилиндр (или диск) совершал крутильные колебания вокруг своей оси, и мерой вязкости жидкости служило трение, приводящее к торможению колебаний. При этом у гелия II была обнаружена хотя и небольшая, но вполне измеримая вязкость. Между тем у всякой обычной жидкости оба опыта должны были бы привести к одинаковому результату.

СОЗДАНИЕ Л. Д. ЛАНДАУ ТЕОРИИ СВЕРХТЕКУЧЕСТИ

Таковы основные факты, которые предстояло теоретически объяснить. Это было сделано в 1940—1941 гг. Львом Давидовичем Ландау, создавшим последовательную теорию сверхтекучести, основанную на принципах квантовой механики. Замечательна та полнота, с которой эта теория была создана с самого начала: уже в первой статье Ландау содержатся почти все основные идеи как микроскопической теории жидкого гелия, так и построенной на ее основе макроскопической теории — термодинамики и гидродинамики этой жидкости.

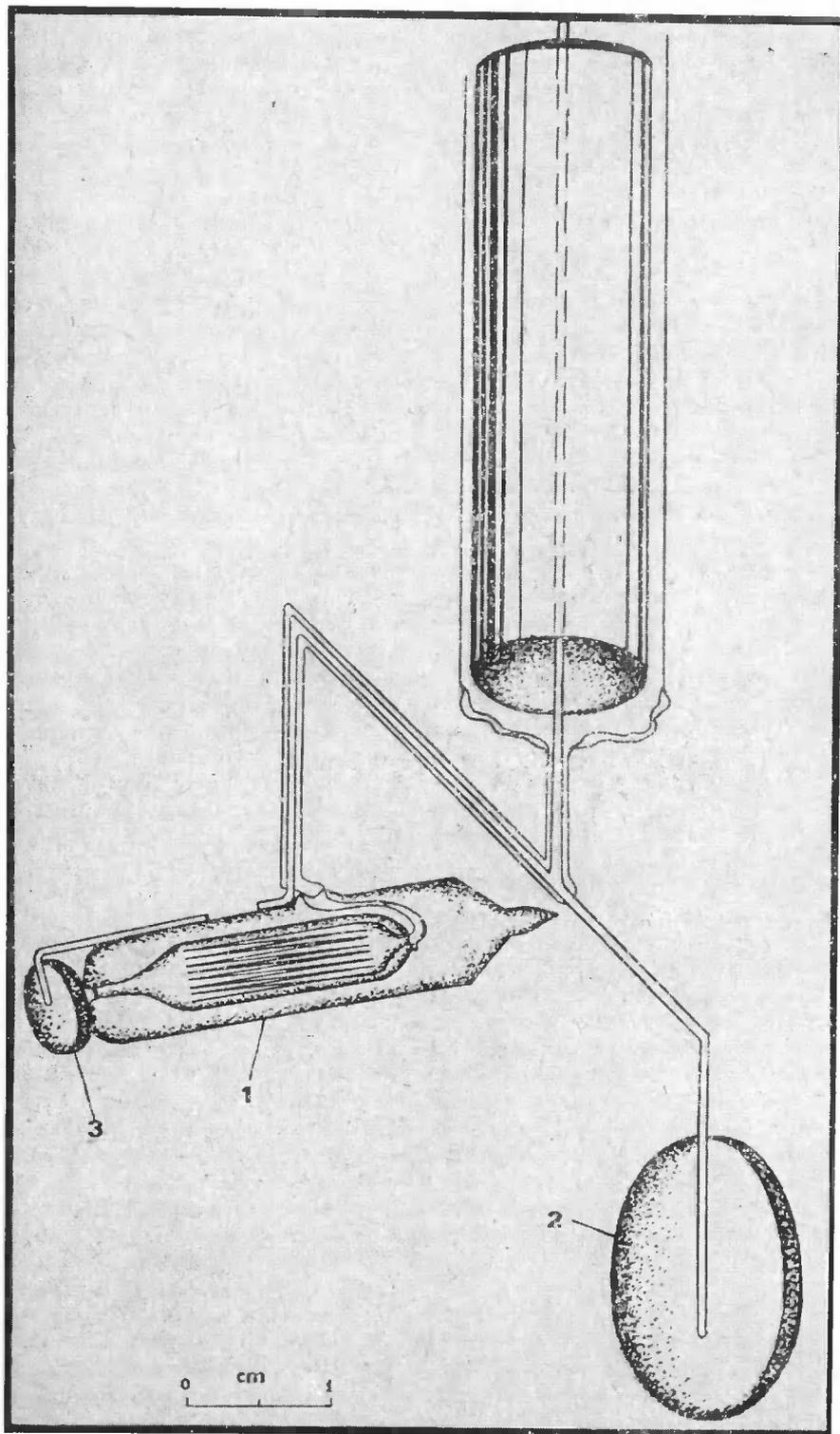


Рис. 2. Прибор для исследования реактивной струи. Миниатюрный дюаровский сосуд 1 (около 2 см длиной и весом около 0,2 г) вместе с противовесом 2 подвешен на кварцевой нити. Во внутренней полости сосуда находится нагреватель, а полость заканчивается тонким капилляром. Перед открытым концом капилляра может устанавливаться экран 3. При нагревании гелия в сосуде последний испытывает реактивную силу, которая, однако, исчезает при установке экрана

В основе теории Ландау лежит представление об элементарных возбуждениях или «квазичастицах» как носителях тепловой энергии жидкости. Читателям «Природы» это понятие известно из ряда уже публиковавшихся в этом журнале статей¹. Поэтому здесь будет достаточно лишь напомнить, что квазичастица — чисто квантовое понятие, с помощью которого в квантово-механической картине описывается коллективное движение атомов тела. Так, вместо классического представления о звуковых волнах в жидкости возникает представление о квазичастицах — фононах, т. е. «квантах звука» (подобно тому как классическая картина электромагнитных волн заменяется в квантовой теории картиной световых квантов — фотонов). Каждая квазичастица обладает определенной энергией ϵ и определенным импульсом p ; о зависимости ϵ от p говорят как об энергетическом спектре тела. Это основная характеристика макроскопического тела в квантовой теории.

Именно Ландау впервые поставил вопрос об энергетическом спектре макроскопического тела в таком наиболее общем виде, и он же нашел характер спектра для квантовой жидкости того сорта, каким является жидкий гелий. Основные свойства этого спектра были указаны уже в работе 1941 г., а окончательный его вид установлен через несколько лет, в 1947 г.

На рис. 3 изображен знаменитый график энергетического спектра жидкого гелия. Его начальная, прямолинейная часть отвечает зависимости $\epsilon = up$, где u — скорость звука; это — фононы. Квазичастицы, отвечающие участку кривой вблизи ее минимума, названы ротонами. Фундаментальное значение имеет факт существования на графике начального линейного участка, выходящего из начала координат под конечным углом. Именно это обстоятельство и приводит, как показал Ландау, к свойству сверхтекучести жидкости. Установление вида энергетического спектра жидкого гелия, исходя из одних только общих соображений и косвенных экспериментальных данных, —

триумф научной интуиции и силы научного воображения.

В экспериментальном аспекте прямое подтверждение предложенного Ландау спектра было дано в 1961—1964 гг. в опытах (произведенных в Швеции и США) по рассеянию нейтронов в жидком гелии. Эти опыты (описанные недавно в «Природе» М. И. Кагановым¹), дают возможность непосредственного измерения энергии и импульса отдельных квазичастиц. Их результаты оказались в блестящем не только качественном, но и количественном согласии с кривой Ландау, построенной на основании совершенно иных данных — результатов измерения тепловых характеристик жидкости. Интересно, что опыты по рассеянию нейтронов подтверждают, по-видимому, также и еще одно теоретическое предсказание: в 1959 г. Л. П. Питаевский при помощи разработанных к этому времени новых мощных методов статистической физики показал, что линия спектра должна обрываться при определенной энергии, имея в этой точке горизонтальную касательную.

В теоретическом аспекте большое значение имела опубликованная в 1947 г. работа Н. Н. Боголюбова, в которой впервые был дан последовательный вывод энергетического спектра макроскопического тела, исходил, как говорят, из «первых принципов» квантовой механики. Им рассматривалась теоретическая модель газа гелия, в котором частицы предполагаются слабо взаимодействующими друг с другом. Хотя, разумеется, такая модель не может претендовать на количественное сходство с реальной жидкостью, но для нее был получен требуемый качественный результат — начальный линейный участок спектра.

В этой статье не может быть, конечно, дано сколько-нибудь детальное изложение теории Ландау. Мы ограничимся здесь лишь описанием той весьма примечательной картины явлений, к которой эта теория приводит. Следует сказать, что примерно одновременно с Ландау, независимо от него, некоторые качественные представления описываемой ниже

картины были высказаны венгерским физиком Л. Тиссой (находившимся в то время в Париже); его статья, опубликованная в 1939 г. во Франции, была получена в СССР в силу условий военного времени лишь в 1943 г.

ДВУХЖИДКОСТНАЯ МОДЕЛЬ ГЕЛИЯ II

Всякому, вероятно, представляется само собой разумеющимся, что для описания движения жидкости вполне достаточно указать ее скорость в каждом месте потока. Но уже это, казалось бы очевидное, положение несправедливо для той квантовой жидкости, которой является гелий II. Оказывается, что гелий II может совершать два движения одновременно, так что для описания его течения необходимо указать в каждой точке потока значения не одной, а сразу двух скоростей. Наглядно можно представить себе это поразительное свойство так, как если бы гелий II был смесью двух жидкостей, двух компонент, которые могут двигаться независимо «одна через другую», не испытывая при этом никакого взаимного трения. Но в действительности-то жидкость всего одна, и необходимо подчеркнуть, что эта «двухжидкостная» модель гелия II является не более как удобным способом описания происходящих в нем явлений. Как и всякое описание квантовых явлений в классических терминах, оно не вполне адекватно — совершенно естественная ситуация, если вспомнить, что наши наглядные представления являются отражением того, с чем мы сталкиваемся в обычной жизни, между тем как квантовые явления проявляются обычно лишь в недоступном нашему непосредственному восприятию микромире.

Каждое из двух одновременно происходящих в жидком гелии движений связано с перемещением определенной части массы жидкости. В этом смысле можно говорить о массах обеих «компонент» гелия II, хотя снова надо подчеркнуть, что такая терминология ни в коем случае не означает реального разделения атомов вещества на две категории. Каждое из двух движений является коллективным свойством большого числа одних и тех же атомов жидкости.

¹ См., например, «Природа», 1958, № 5, стр. 11—20.

¹ См. «Природа», 1967, № 3, стр. 11—18.

Оба движения совершенно различны по своим свойствам. Одно из них происходит так, как если бы соответствующая «компонента» жидкости не обладала никакой вязкостью; Ландау назвал ее «сверхтекучей компонентой». Другая же компонента, «нормальная», движется так, как вполне обычная вязкая жидкость.

Но этим не исчерпывается различие между двумя видами движения в гелии II. Важнейшее различие состоит в том, что нормальная компонента переносит при своем движении тепло, сверхтекучее же движение вообще не сопровождается каким бы то ни было переносом теплоты. Нормальная компонента — это совокупность распространяющихся в жидкости квазичастиц — фононов и ротоннов. В известном смысле можно сказать, что это и есть само тепло, которое, таким образом, становится в жидком гелии самостоятельным, отрываясь от общей массы жидкости и как бы приобретая способность перемещаться относительно некоторого «фона», находящегося при абсолютном нуле температуры. Стоит вдуматься в эту картину, чтобы понять, сколь радикально она отличается от обычного представления о тепле как о хаотическом движении атомов вещества, неотделимом от всей его массы.

Эти представления сразу позволяют объяснить основные результаты описанных экспериментов. Прежде всего устраняется противоречие между измерениями вязкости жидкости по трению, испытываемому вращающимся цилиндром, и по протеканию жидкости через узкие щели. В первом случае цилиндр останавливается благодаря тому, что, вращаясь в жидкости, он испытывает трение о его «нормальную» часть, и мы по существу измеряем вязкость этой компоненты. Во втором же случае через щель протекает сверхтекучая часть гелия, между тем как обладающая вязкостью нормальная компонента задерживается щелью, «просачиваясь» через нее весьма медленно; таким образом в этом опыте обнаруживается отсутствие вязкости у сверхтекучей компоненты.

Но отсюда следует новый вывод: поскольку сверхтекучее движение не переносит тепла, то при вытекании

гелия через щель как бы отфильтровывается жидкость без тепла, а тепло остается в сосуде. В идеальном пределе достаточно тонкой щели вытекающая жидкость должна была бы находиться при абсолютном нуле. В реальном же опыте следует ожидать, что она будет иметь хотя и не равную нулю, но более низкую, чем в сосуде, температуру. Такого рода явление действительно наблюдалось еще в 1939 г. Доунтом и Мендельсоном, а Капице, продавливавшему гелий II через пористый фильтр, удалось достичь понижения температуры гелия на $0,3-0,4^\circ$; при температурах, составляющих всего $1-2^\circ$, это, очевидно, очень большая величина.

Не менее естественно объясняются явления, сопровождающие теплопередачу в гелии. В опыте Капицы при нагревании жидкости в сосуде тепло выходит из него в виде струи нормальной компоненты, которая и отклоняет стоящее перед отверстием крылышко. Но навстречу этой струе в сосуд втекает поток сверхтекучей компоненты, так что реальное количество жидкости в сосуде не меняется.

Остается объяснить, почему этот встречный поток не оказывает на крылышко никакого действия. Здесь надо обратиться к еще одному отличию между двумя видами движения

в гелии, тоже предсказываемому теорией. Оказывается, что любое сверхтекучее движение всегда относится к тому типу течений, которые в гидродинамике носят название «безвихревых» (в противоположность «вихревым»). Не останавливаясь на объяснении точного смысла этих терминов, укажем лишь, что еще со времен Эйлера известно, что идеальная (т. е. не обладающая вязкостью) жидкость, совершающая безвихревое движение, не должна оказывать никакого воздействия на обтекаемое ею тело. Этот идеальный случай как раз и осуществляется при сверхтекучем движении жидкости. Таким образом, возникает чрезвычайно своеобразная ситуация: поскольку нормальный и сверхтекучий потоки в данном случае как раз компенсируют друг друга по количеству переносимого ими вещества, то можно сказать, что никакого суммарного движения жидкости как целого здесь не происходит; в то же время на погруженное в жидкость тело (крылышко) действует отличная от нуля сила.

В настоящее время физики — во всяком случае те, которые работают в области низких температур — в достаточной степени привыкли к изложенным представлениям, и они уже не внушают особого удивления.



Н. Бор и Л. Д. Ландау на празднике Архимеда в МГУ

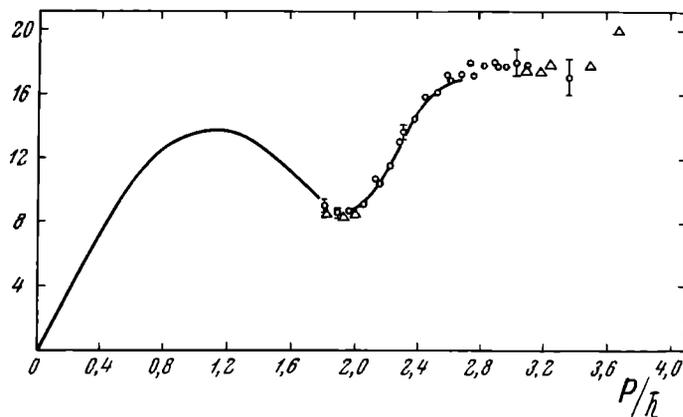


Рис. 3. Энергетический спектр жидкого гелия. По оси ординат отложена энергия ϵ квазичастицы (измеренная в абсолютных градусах), а по оси абсцисс — величина p ее импульса (цифры на оси — значения величины p/h в обратных ангстремах). Начальный линейный участок — фононы, участок вблизи минимума кривой — ротоны. Точки на кривой — результаты измерений по рассеянию нейтронов

В этой связи может быть поучительным вспомнить, насколько неожиданным оказалось в свое время данное Ландау объяснение опытов Капицы. Ведь самому Капице казалось — и это было вполне естественным в то время, — что поразительные результаты его экспериментов можно объяснить лишь одним способом: предположив, что «противоток» гелия, втекающего в сосуд навстречу вытекающей струе, осуществляется в тонком пристеночном слое жидкости, «заполняющей» внутрь вдоль стенок сосуда.

К разряду вихревых движений относится, в частности, вращение жидкости как целого — такое, какое совершает, например, вода, увлекаемая вращающимся вокруг своей оси стаканом. Поэтому сказанное выше приводит к новому выводу: сверхтекучая компонента гелия II не может вращаться как целое.

Это предсказание Ландау было непосредственно подтверждено опытом, впервые произведенным в 1948 г. в Институте физических проблем Э. Л. Андроникашвили. Идея опыта заключается в том, что при вращении цилиндрического сосуда с жидким гелием должна увлекаться лишь часть его массы — его «нормальная» часть, а другая часть, сверхтекучая, остается в покое. В опытах Андроникашвили вращение сосуда было заменено крутильными колебаниями стопки из 100 дисков, сделанных из фольги толщиной около 10 микрон и находящейся на расстоянии 0,02 см друг от друга.

Этот опыт не только выявил непосредственно наличие двух компонент жидкости, но и позволил количественно измерить доли общей массы, приходящиеся на каждую из них. Эти доли зависят, согласно теории, от температуры жидкости. Гелий I — жидкость, находящаяся целиком в нормальном состоянии. В точке его перехода в гелий II впервые появляется сверхтекучая компонента — в этом состоит природа превращения. По мере дальнейшего понижения температуры доля сверхтекучей компоненты становится все больше, и при абсолютном нуле жидкость становится целиком сверхтекучей.

ВТОРОЙ ЗВУК

Не менее замечательным подтверждением теории послужило открытие явления, получившего название второго звука. Предсказание, сделанное независимо Ландау и Тиссой, заключалось в том, что в гелии II могут распространяться с различными скоростями два типа волн.

Первые опыты для обнаружения этого явления были поставлены в Институте физических проблем еще в 1940 г. А. И. Шальниковым и С. Я. Соколовым. Звук в заполненном гелием цилиндре создавался обычным способом — вибрирующей пьезокварцевой пластинкой, и ожидалось, что к другому концу трубки придут два сигнала, соответствующие различным скоростям распространения двух типов звука. Результат опытов

оказался, однако, отрицательным — второго сигнала не было.

В связи с этим вопрос о создании второго звука в жидком гелии был снова рассмотрен теоретически в 1944 г. автором этих строк и была выяснена причина неудачи первых опытов.

Как хорошо известно, звуковые волны в обычной жидкости представляют собой распространяющийся вдоль среды процесс периодических сжатий и разрежений. Каждая частица жидкости совершает при этом колебательное движение, двигаясь с периодически меняющейся скоростью вокруг среднего положения равновесия. Но мы уже знаем, что в гелии II могут одновременно происходить, с различными скоростями, два различных движения. В связи с этим возникают две различные возможности для движения в звуковой волне. Если обе компоненты жидкости совершают колебательное движение в одинаковом направлении, двигаясь как бы вместе, то мы будем иметь звуковую волну того же характера, что и в обычной жидкости.

По есть и иная, специфическая для гелия II возможность — обе компоненты могут совершать колебания во взаимно противоположных направлениях, двигаясь навстречу, «одна сквозь другую», так что количества массы, переносимой в том и другом направлении, почти взаимно компенсируются. В такой волне — это и есть волна второго звука — практически не будет происходить сжатий и разрежений жидкости как таковой. Поэтой причине колебания мембраны, производящие периодические сжатия и разрежения жидкости, будут фактически приводить к возбуждению лишь обычного звука. С этим и был связан отрицательный результат опыта — интенсивность второго звука была слишком мала, чтобы быть обнаруженной.

Но из сказанного следует и другой вывод. Взаимные колебания нормальной и сверхтекучей компонент по существу представляют собой колебания тепла относительно «сверхтекучего фона» и должны приводить в первую очередь к периодическим колебаниям температуры жидкости. Естественно поэтому, что та-

кая «тепловая волна» должна излучаться с наибольшей интенсивностью от нагревателя с периодически меняющейся температурой. Поставленные по такому принципу В. П. Пешковым опыты привели к фактическому открытию второго звука, в полном количественном согласии с теорией. С тех пор это явление стало одним из важных средств для дальнейшего изучения свойств жидкого гелия.

Уже было указано, что нормальная компонента жидкого гелия — это совокупность имеющихся в нем квазичастиц — фононов и ротонов. Механизм вязкости, которой обладает нормальная компонента, состоит в различных процессах столкновений между этими квазичастицами. Детальное теоретическое исследование этих процессов, произведенное Л. Д. Ландау и И. М. Халатниковым в 1949 г., позволило установить характер температурной зависимости вязкости. Как и другие предсказания теории, эта зависимость была затем подтверждена экспериментально.

Дальнейшее развитие теории сверхтекучести в нашей стране тесно связано прежде всего с именем И. М. Халатникова. Ему принадлежит, в частности, детальная разработка гидродинамики гелия II, а также исчерпывающие исследования так называемых релаксационных процессов в жидком гелии.

Изложение этих вопросов, однако, выходит за рамки поставленной в этой статье цели: напомнить основные вехи открытий, начало которым было положено в параллельных, тесно связанных одна с другой работах замечательного экспериментатора П. Л. Капицы и замечательного теоретика Л. Д. Ландау.

Мы оставляем также за рамками этой статьи так называемые критические явления в жидком гелии — нарушения сверхтекучести при достаточно больших скоростях течения. Эти явления были впервые обнаружены уже Капицей, а их объяснение связано с выдвинутой Онсагером и Фейнманом идеей о возникновении в движущемся гелии микроскопических вихревых нитей: об этом рассказано в «Природе» в указанной выше статье М. И. Каганова.



Посол Швеции в СССР г-н Р. Сульман вручает академику Л. Д. Ландау Нобелевскую премию

ДВА ГЕЛИЯ

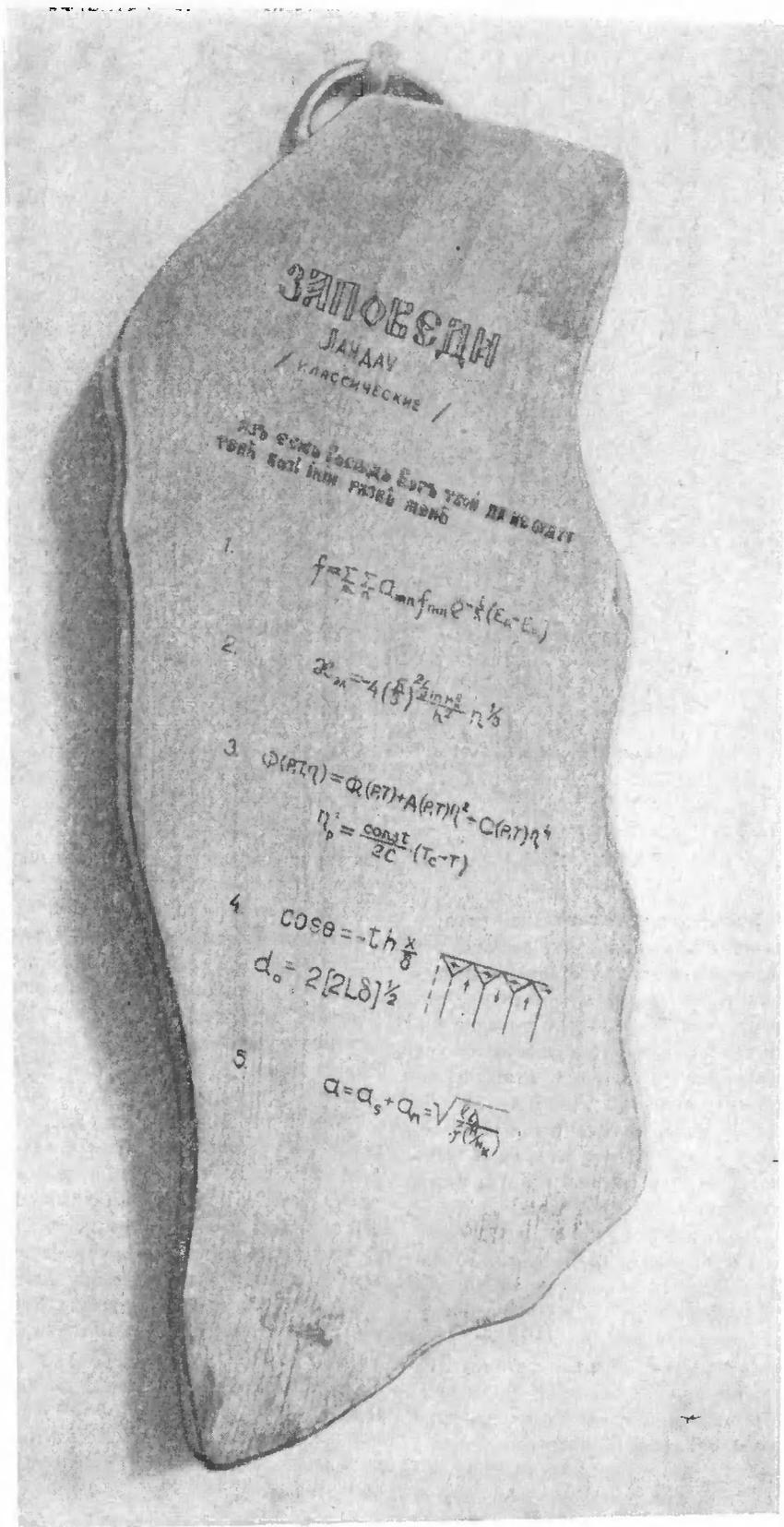
Закачивая этот краткий исторический обзор, надо, однако, еще раз вернуться к началу статьи и исправить высказанное там неточное утверждение. Гелий — это не одно вещество. В природе существуют два различных устойчивых изотопа гелия — с атомным весом 4 (He^4) и 3 (He^3). Гелий из естественных источников — это почти в чистом виде изотоп He^4 ; к жидкому He^4 и относятся все сказанное выше.

Но огромные успехи ядерной физики в последние десятилетия сделали возможным искусственное получение редкого изотопа He^3 в количествах, достаточных для экспериментирования. Этот изотоп становится жидким при температуре $3,2^\circ$ и физики получили в свое распоряжение новую квантовую жидкость.

Хотя химически оба изотопа совершенно тождественны, но между ними имеется чрезвычайно важное

различие, связанное с тем, что ядра атомов He^4 состоят из четного, а ядра He^3 — из нечетного числа частиц (протонов и нейтронов). Это приводит к тому, что квантовые свойства обоих веществ совершенно различны (физики говорят, что атомы He^4 подчиняются «статистике Бозе — Эйнштейна», а атомы He^3 — «статистике Ферми — Дирака»).

Таким образом, в виде жидкого гелия He^3 физики получили квантовую жидкость совершенно нового типа. Хотя ее свойства не столь эффективны, как свойства жидкого He^4 (в частности, эта жидкость не сверхтекуча), но с теоретической точки зрения они не менее интересны. Теория такой жидкости тоже была создана Львом Давидовичем Ландау (в 1956—1957 гг.) и занимает в его научном творчестве место, не уступающее теории сверхтекучести. Ей, однако, должна быть посвящена особая статья.



10 «ЗАПОВЕДЕЙ»

На праздновании 50-летия Льва Давидовича Ландау по решению юбилейной комиссии были категорически запрещены любые официальные приветствия и поздравления, в вестибюле здания висело объявление: «Адреса сдавать швейцару». Каждый выступавший на чествовании Дау должен был придумать оригинальный способ приветствия ученого. От Института атомной энергии (ныне им. И. В. Курчатова) академик И. К. Кикоин преподнес юбилар) «скрижали» из мрамора, на которых были выгравированы 10 важнейших формул («заповедей»), выведенных Л. Д. Ландау.

Редакция журнала «Природа», помещая фото этих «скрижалей», попросила акад. И. К. Кикоина (не в шутку, а всерьез) прокомментировать эти формулы.

1. Л. Д. Ландау в 1928 г. впервые ввел понятие матрицы плотности, которое широко используется в современной квантовой статистике и просто в квантовой механике.

2. Л. Д. Ландау принадлежит честь создания квантовой теории диамагнетизма электронного газа. Квантовые уровни, отвечающие движению электрона в магнитном поле, называются теперь «уровнями Ландау», а само явление — «диамагнетизмом Ландау».

3. Одно из наиболее интересных явлений в физике конденсированного состояния — фазовые переходы II рода, т. е. переходы, при которых скачкообразно меняется только симметрия. Л. Д. Ландау развил термодинамическую теорию фазовых переходов II рода, широко используемую в современной физике.

4. То обстоятельство, что ферромагнетик обладает доменной структурой, известно очень давно. Однако только в 1935 г. Л. Д. Ландау совместно с Е. М. Лифшицем удалось найти закономерности, описывающие размер домена, характер поведения

ЛАНДАУ

магнитного момента на границе между доменами и особенности структуры домена вблизи свободной поверхности ферромагнетика.

5. В произвольном по форме сверхпроводнике при помещении в магнитное поле возникает своеобразное состояние, которому отвечает возникновение чередующихся слоев сверхпроводящей и нормальной фаз. Ландау впервые развил теорию этого так называемого промежуточного состояния и решил вопрос о геометрии таких слоев.

6. Ландау построил статистическую теорию ядер на очень раннем этапе развития ядерной физики. Позднее эта теория получила широкое развитие.

7. Одна из наиболее блестящих работ Ландау — теория сверхтекучести гелия II. Работы Ландау в этой области не только объяснили загадочное явление, впервые открытое П. Л. Капицей, но определили создание нового раздела теоретической физики — физики квантовых жидкостей.

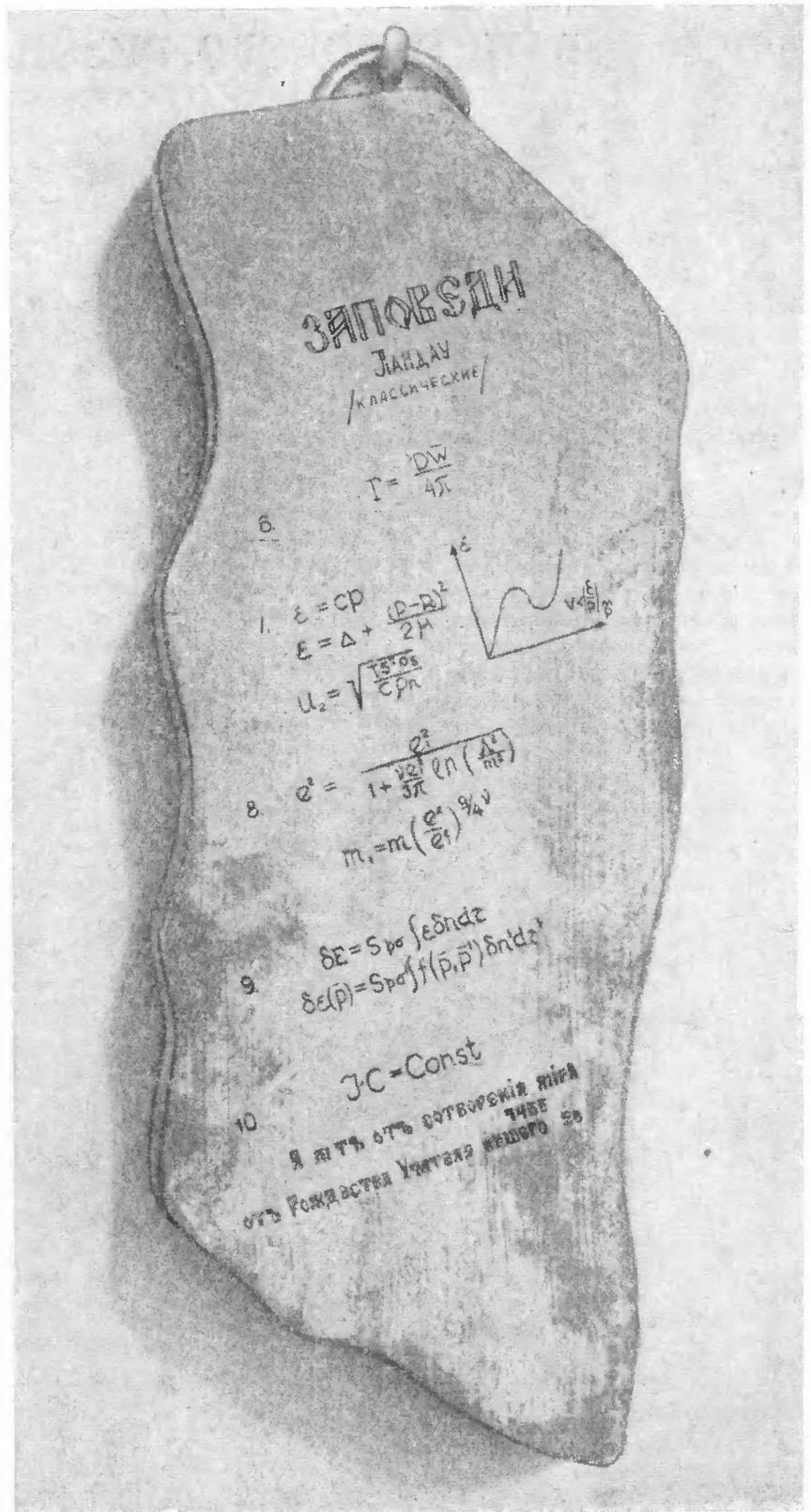
8. Ландау (совместно с А. А. Абрикосовым и И. М. Халатниковым) принадлежат фундаментальные исследования по квантовой электродинамике. Формула выражает связь между физической массой электрона m и «затравочной» массой m_1 .

9. В 1956 г. Ландау создал теорию ферми-жидкости — квантовой жидкости, возбуждения которой обладают полужелым спином. Эта теория получила широкое признание.

10. Ландау впервые ввел принцип комбинированной четности, согласно которому все физические системы будут эквивалентными, только если при замене правой системы координат на левую одновременно перейти от частиц к античастицам.

Академик И. Е. Рикунин

УДК 001. Ландау



ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО РЕЗОНАНСА

А. А. Кузнецов

Кандидат физико-математических наук
Объединенный институт ядерных исследований (Дубна)

Всего несколько лет назад физикам было известно около тридцати ядерных частиц, которые можно было назвать элементарными. Однако с тех пор ситуация сильно изменилась: была открыта большая группа нестабильных частиц¹ — резонансов, о существовании которых физи-

ки даже не подозревали. В настоящее время известно более ста частиц такого типа и стало совершенно ясно, что понятие «элементарный» потеряло свой физический смысл.

По своей природе резонансы мало чем отличаются от известных ранее частиц (электронов, нуклонов, мезонов и гиперонов), но в отличие от них характерной чертой резонансов ока-

зывается их малое время жизни ($\tau \approx 10^{-10} - 10^{-23}$ сек.). Поэтому резонансы не могут оставить видимый след в детекторе и их существование было доказано только при помощи косвенных методов, например при изучении энергетической зависимости полных сечений некоторых процессов, а также при исследовании спектров «эффективных масс»

¹ См. «Природа», 1960, № 8, стр. 8—18.

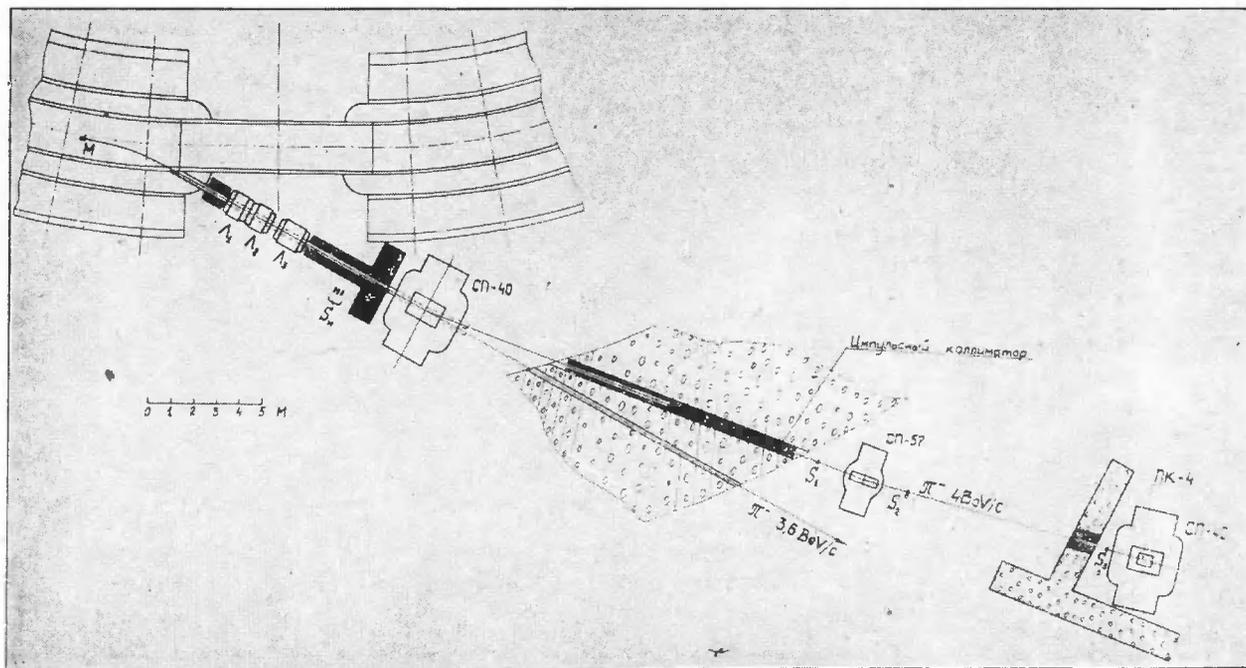


Рис. 1. Схема расположения пропановой пузырьковой камеры в одном из залов здания синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований и схема расположения магнитов и линз, формирующих пучок отрицательных пионов. М — мишень; L_1 , L_2 , L_3 — квадрупольные магнитные линзы; S_M , S_1 , S_2 — сцинтилляционные счетчики, управляющие запуском камеры; СП-40, СП-57 — магниты; ПК-4 — пропановая пузырьковая камера

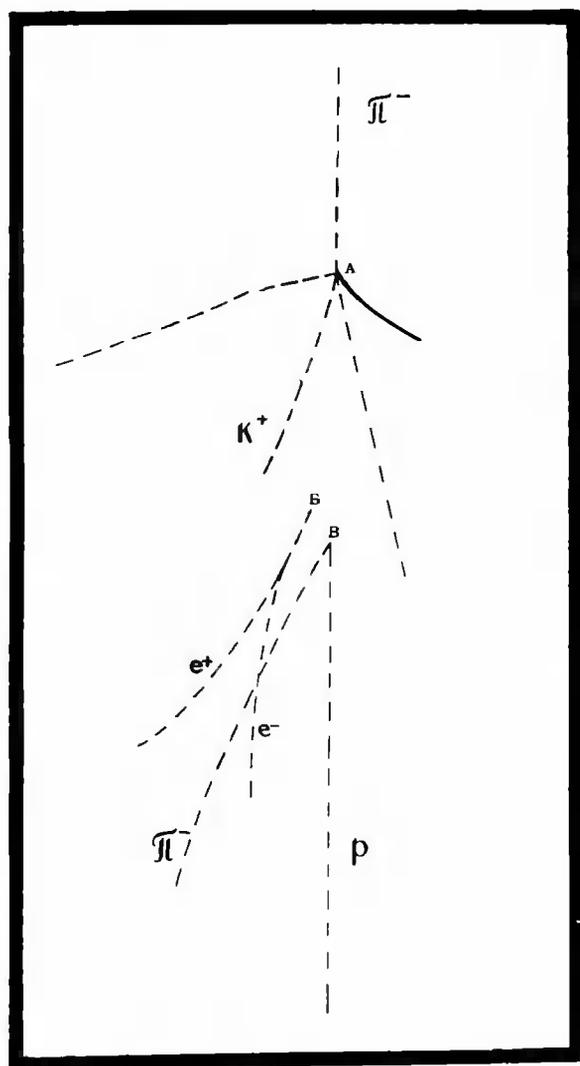
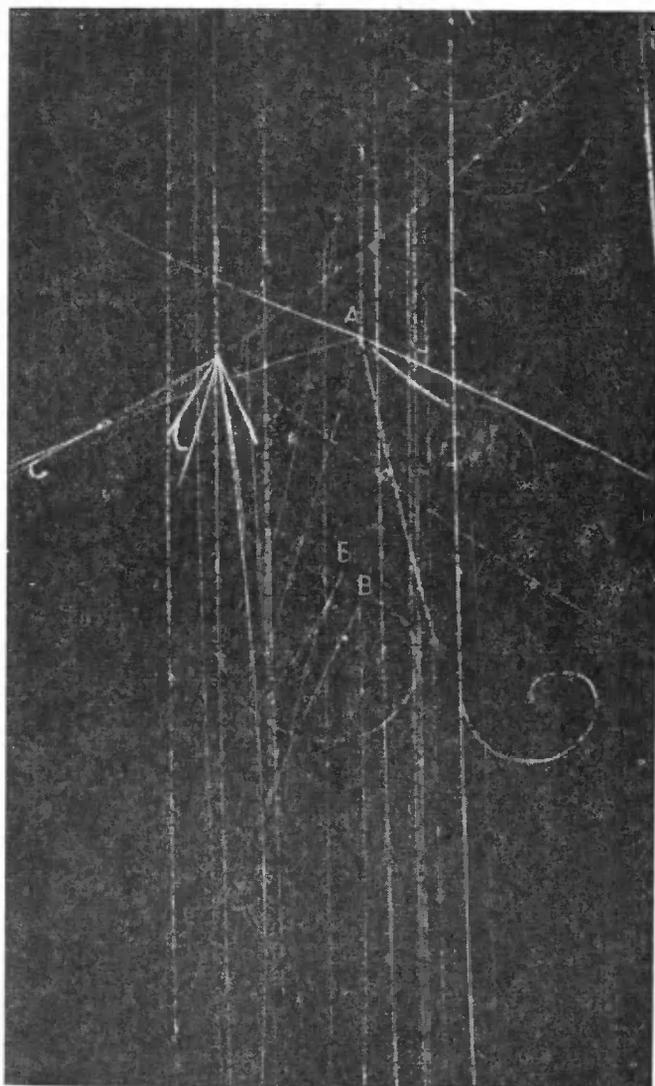


Рис. 2. Фотография события, в котором образуются Δ^0 -гиперон и γ -квант. Отрицательный π -мезон сталкивается с атомом водорода (в А), в результате чего образуются вторичные π -мезоны (показаны на схеме), Δ^0 -гиперон (на фотографии не виден, так как он нейтральный), распадающийся (в В) на π -мезон и p -протон, а также γ -квант (который не виден на фотографии по той же самой причине, что и Δ^0 -гиперон), конвертирующийся (в В) на электрон и позитрон. K^0 -мезон, который также образуется в этом взаимодействии, не виден на фотографии, так как он вылетел из рабочего объема камеры.

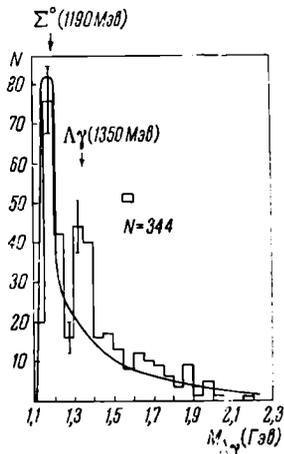


Рис. 3. Спектр эффективных масс системы частиц, состоящей из Λ^0 -гиперона и γ -кванта

системы частиц, образующихся при взаимодействии¹.

В последнее время изучение свойств короткоживущих частиц — резонансов — стало одним из основных направлений физики элементарных частиц. В ряде групп Лаборатория высоких энергий Объединенного института ядерных исследований также занимаются этой проблемой.

Начиная с 1963 г. в одной из научных групп ЛВЭ ОИЯИ проводился поиск и изучение резонансных процессов, продуктами распада которых могли быть Λ^0 -гиперон и γ -кванты. Экспериментальный материал был получен на синхротроне ЛВЭ ОИЯИ при помощи пропановой пузырьковой камеры, установленной в постоянном магнитном поле 13,4 кэ. Для решения этой задачи были исследованы 200 тыс. фотографий, по которым воспроизводились картины ядерных взаимодействий. Пропановая пузырьковая камера была облучена пучком отрицательных π -мезонов с импульсами 4,0, 6,8 и 8,0 Гэв/с. На рис. 1 показана схема расположения пропановой пузырьковой камеры, магнитов и липз, формирующих пучок отрицательных пионов.

Для анализа отбирались также события, в которых в результате взаимодействия π -мезонов с атомами водорода, кроме заряженных частиц, обязательно был Λ^0 -гиперон и хотя бы одна электронно-позитронная

пара, созданная γ -квантом. Одна из фотографий такого рода событий приведена на рис. 2. Отобранные события затем измерялись на специальных приборах-полуавтоматах и далее пересчитывались на электронно-вычислительных машинах по специально составленным программам. С помощью этих программ вычислялись пространственные координаты, пространственные углы, а также импульсы всех образовавшихся частиц при взаимодействии π -мезонов с водородом. Зная импульсы частиц и углы вылета их относительно направления налетающего пиона, можно вычислить «эффективную массу» системы некоторых частиц ($M_{\text{эфф}}$). Если теперь построить график, по одной из осей которого отложить значения эффективной массы, а по другой — число комбинаций из этих частиц, то может оказаться, что на этом графике, кроме плавного распределения по всем значениям $M_{\text{эфф}}$, может быть несколько пиков (или один пик), четко вырисовывающихся на этом распределении. Когда пики выходят за две-три стандартные ошибки относительно плавного фона, то говорят о наблюдении резонанса. Ширина на полувысоте этого пика характеризует время жизни резонанса.

В нашем случае вычислялась эффективная масса системы, состоящей из Λ^0 -гиперона и γ -кванта. Данные расчетов $M_{\text{эфф}}$ для этих частиц приведены на рис. 3. На графике можно видеть, что кроме общего более или менее плавного фона наблюдаются два пика: один — при значении $M_{\text{эфф}} = 1190$ Мэв, а другой — при $M_{\text{эфф}} = 1350$ Мэв. Первый из этих пиков интерпретируется как Σ^0 -гиперон, распадающийся на Λ^0 -гиперон и γ -квант. Появление второго пика нельзя было объяснить существованием какой-либо известной физикам частицы. Подробный анализ событий из второго пика, а также результат теоретических расчетов позволили остановиться на объяснении, что пик в спектре эффективных масс системы Λ^0 -гиперона и γ -кванта обязан новому, не известному ранее резонансу, распадающемуся на Λ^0 -гиперон и η^0 -мезон, который в свою очередь может в 30 случаях из ста распадаться на два γ -кванта, один из которых и был зарегистрирован в нашей ка-

мере. Этот резонанс впервые предсказал в 1962 г. советский физик-теоретик Б. Л. Иоффе. В 1964 г. эта работа была доложена на конференции в Дубне. Спустя год американские физики из Брукхейвенской лаборатории (США) другим методом подтвердили существование открытого в Дубне резонанса.

Список новых короткоживущих частиц-резонансов постоянно пополняется. В связи с этим возникает ряд принципиальных вопросов о природе всех ядерных частиц. В частности, важнейшей проблемой является установление внутренних связей между всеми частицами и резонансами, например подобно тому, как это было сделано Д. И. Менделеевым для химических элементов. К сожалению, попытки установления общей закономерности в мире элементарных частиц пока не привели к желаемому результату, хотя и имеется целый ряд частных успехов на этом пути. Например, известными физиками Гелл-Манном и Нееманом¹ была предложена схема классификация, с помощью которой удалось не только установить связь между известными частицами, но и предсказать существование новых частиц. По своим свойствам открытый в Дубне $\Lambda\eta^0$ -резонанс может быть представителем одного из семейств, предполагаемых теорией симметрии. Сейчас уже известны (включая и $\Lambda\eta^0$ -резонанс) три из четырех членов этого семейства.

В работе по обнаружению и изучению нового резонанса участвовал большой коллектив ученых из Советского Союза и стран — участниц Объединенного института ядерных исследований: Б. П. Банник, Э. Г. Бубелев, Г. И. Кошлов, А. А. Кузнецов, Н. Н. Мельникова (СССР), Ким Хи Ин (КНДР), Б. Чадраа (МНР), Нгуен Дин Ты (ДРВ), В. Болдея, А. Михул, Д. Мумулу, Т. Понта, С. Фелеа (СРР), а также научный сотрудник К. Муклебуст из Норвегии, работавший в Дубне. Работа выполнялась при участии и под непосредственным руководством акад. В. И. Векслера и проф. И. В. Чувило.

¹ См. «Природа», 1964, № 10 и 11.

¹ Эффективная масса — это величина, отвечающая по соотношению Эйнштейна внутренней энергии системы частиц. Ее обычно выражают в единицах энергии.

ЖИЗНЬ БЕЗ МИКРОБОВ

Г. И. Подопригора

Лаборатория экспериментально-биологических моделей АМН СССР (Москва)

В мае 1967 г. в нашей лаборатории впервые в СССР в отечественных изоляторах были получены безмикробные животные — морские свинки. Несколькоми месяцами раньше безмикробные морские свинки у нас впервые были получены в изоляторе конструкции американца Трекслера в Институте эпидемиологии и микробиологии им. Гамалея АМН СССР (О. В. Чахава, М. В. Зенкевич).

Вопрос о возможности жизни без микробов издавна интересовал ученых¹. После того как была открыта роль микроорганизмов в пищеварении, в выработке некоторых витаминов, большинство считало безмикробную жизнь невозможной. Попытки найти безмикробное животное в природе оказались безуспешными.

Идея искусственного получения таких животных была высказана Луи Пастером в 1885 г. Идея гениального ученого была осуществлена через 10 лет: в 1895 г. Г. Нуттль и

Д. Тирфельдер в Берлинском университете впервые в мире получили безмикробных животных. Их сообщение было датировано 24 июня 1895 г. Это число и является днем рождения нового направления в экспериментальной биологии — гнотобиологии.

Вскоре другие ученые провели ряд успешных экспериментов по получению безмикробных цыплят, коз и мух. Эти и последующие эксперименты были утвердительным ответом на вопрос — возможна ли жизнь без микробов. Дальнейшие работы в области технологии безмикробных исследований заключались преимущественно в усовершенствовании методики, описанных пионерами гнотобиологии.

Первый советский изолятор был разработан в Лаборатории экспериментально-биологических моделей АМН СССР в 1966 г. (Г. И. Подопригора). В качестве материала использовался листовой акриловый пластик различной толщины¹. Изоля-

торы изготовлены в двух вариантах (операционный и манипуляционный) и предназначены для получения и содержания в эксперименте мелких безмикробных животных.

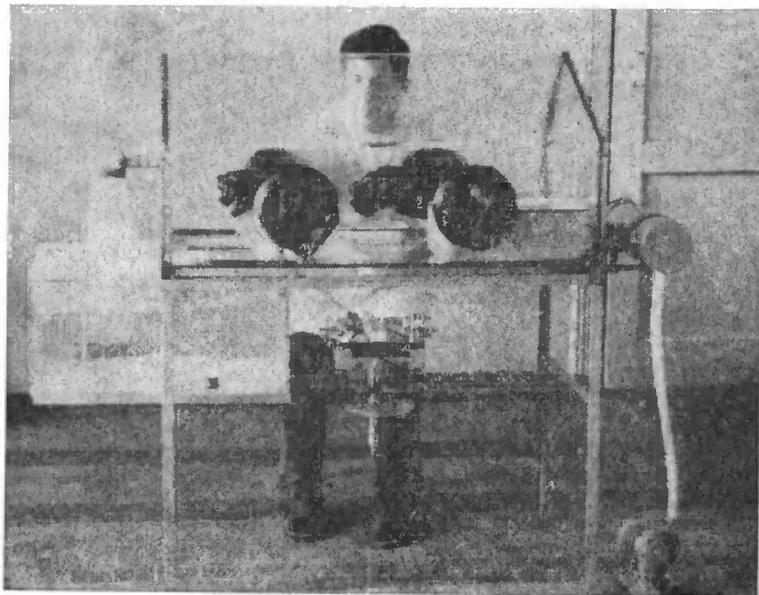
Длительный опыт использования за рубежом пластических материалов в безмикробной технологии показал их высокие качества и экономическую эффективность. При дальнейшей разработке отечественной гнотобиотической техники необходимо повсеместно внедрять эти материалы.

Заслуживают внимания изоляторы, предложенные в последние годы чехословацкими учеными Л. Манделем и И. Травничком. В качестве материала они использовали стеклопластик гласс-ламинат. Эти изоляторы отличаются простотой изготовления и невысокой стоимостью. Стерилизация осуществляется распылением жидких дезинфицирующих средств. В этих изоляторах чехословацкие ученые успешно изучают иммунологические процессы у безмикробных поросят¹.

Материалы двух последних международных симпозиумов по гнотобиологии (Москва, 1966 г. и Япония — Нагойя, 1967 г.) показали большие достижения в новой области биологической науки. В настоящее время гнотобиологические лаборатории имеются почти во всех развитых странах мира. Большое значение безмикробных исследований в разработке самых различных проблем медицины и биологии (в том числе и космических) настоятельно требует обратить самое серьезное внимание на развитие отечественной гнотобиологии. Необходимо, чтобы в ближайшее время в нашей стране такие животные превратились из лабораторного феномена в доступную для исследователя экспериментальную модель.

¹ Подробнее см. «Новая наука гнотобиология», «Природа», 1966, № 11.

¹ Схему см.: «Природа», 1966, № 11, стр. 23.



Первый советский изолятор из акрилового пластика

¹ См. Л. Мандел, И. Травничек. Гнотобиология в Чехословакии, «Природа», 1967, № 7.

ТИРОКАЛЬЦИТОНИН — НОВЫЙ ГОРМОН ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Л. И. Стекольников
Кандидат биологических наук

О. М. Тепелина

Всесоюзный научно-исследовательский институт антибиотиков Министерства
здравоохранения СССР (Москва)

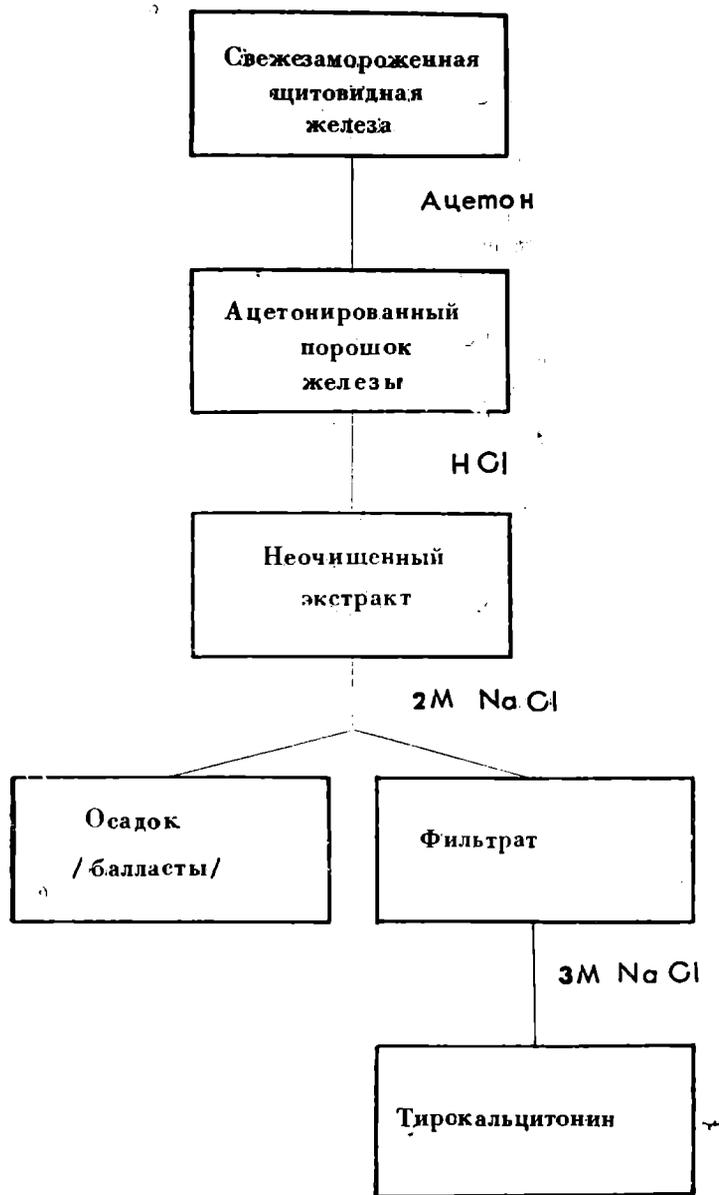


Схема получения тирокальцитонина

В организме человека и животных расположены скопления железистых клеток, которые постоянно вырабатывают и выделяют в кровяное русло большое количество разнообразных химических веществ — секретов. Эти клетки получили в медицине название желез внутренней секреции, а продукты их жизнедеятельности стали называть гормонами. Гормоны активно влияют на рост, развитие, обмен веществ живого организма, регулируют деятельность сердца, мозга, сосудов, различных органов и тканей. Нарушение работы желез внутренней секреции приводит к тяжелейшим расстройствам нормальной жизнедеятельности человека или животных и может окончиться смертью. Поэтому всестороннее биологическое и физико-химическое исследование гормонов — важная проблема эндокринологии, науки о железах внутренней секреции.

Среди всех желез внутренней секреции особое место занимает щитовидная железа, расположенная над пищеводом и трахеей и прикрывающая их как бы щитом (отсюда и название этой железы). Еще в 1908 г. немецкий исследователь Г. Освальд сделал чрезвычайно важное открытие, доказав, что продуктом секреции щитовидной железы является белковое вещество, содержащее в своей молекуле большое количество йода. В дальнейшем это вещество получило название тиреоглобулин. Позднее трудами многочисленных отечественных и зарубежных исследователей в секретах щитовидной железы были обнаружены и другие белки, содержащие йод. Все эти соединения об-

ладают специфической биологической активностью и играют существенную роль в регуляции важнейших процессов жизнедеятельности организма.

Изучение природы и механизма действия выделенных из щитовидной железы йодсодержащих белков потребовало от химиков и медиков всего мира долгих лет напряженного и кропотливого труда. В процессе этой работы стали появляться новые данные, показывающие, что щитовидная железа выделяет в кровь не только йодсодержащие белки, но и какое-то новое гормональное вещество, обладающее иными биологическими свойствами.

В 1961 г. канадский ученый Г. Копп со своими сотрудниками, исследуя на собаках действие кислых вытяжек из околощитовидных желез, доказал наличие в них вещества белкового происхождения, но не содержащего йод. Этот белок обладал выраженной способностью снижать содержание кальция в крови животных и был назван авторами кальцитонином. В дальнейшем другие исследователи убедительно показали, что описанное Коппом вещество действительно существует, но оно вырабатывается не околощитовидной, а щитовидной железой. Это вещество получило название тирокальцитонина.

В настоящее время тирокальцитонин выделен из щитовидных желез крыс, свиней, коров, обезьян, овец и других животных, а в 1966 г. англичанин Г. Фостер доказал наличие этого гормона в щитовидной железе человека.

Механизм биологического действия тирокальцитонина еще окончательно не изучен, однако уже сейчас можно с полной уверенностью сказать, что действие этого гормона обусловлено его прямым влиянием на костную ткань. Присутствие тирокальцитонина в щитовидной железе человека указывает на важную роль его в нормальной физиологии человека и в клиническом течении различных заболеваний костной системы.

В настоящее время тирокальцитонин еще не находит широкого применения в клинике, однако в ряде

стран уже делаются удачные попытки лечения больных гиперпаратиреозом¹ препаратами тирокальцитонина. При этом заболевании происходит обеднение костей кальцием и появление избыточного количества кальция в крови (если у здоровых людей содержание кальция в крови составляет 9—10 мг %, то при гиперпаратиреозе уровень кальция может повышаться до 25—30 мг %), что приводит к искривлениям, переломам, деформации костей. Иногда наблюдается образование камней в почках и мочевом пузыре, что вызывает тяжелые приступы почечных коликов. Введение больным под кожу препарата тирокальцитонина нормализует содержание кальция в крови, способствует быстрому депонированию его в костную ткань и значительно облегчает страдания людей.

Если в работах Коппа и других исследователей, опубликованных в 1961—1963 гг., изучение биологических свойств тирокальцитонина проводилось на неочищенных экстрактах околощитовидной и щитовидной желез, то в последние годы были достигнуты большие успехи в области выделения из желез активного начала в чистом виде и изучения его физико-химических свойств.

Изучая влияние экстрактов из различных органов собак (легкие, почки, печень, скелетная мышца, мозг, щитовидная железа) на содержание кальция в крови крыс, английский исследователь А. Шаусмер показал, что снижение уровня кальция в крови животных наблюдается только при введении экстрактов щитовидной железы. Таким образом, А. Шаусмер убедительно доказал, что тирокальцитонин — специфически активное начало именно щитовидной железы и не содержится ни в каком другом органе.

Дальнейшие исследования тирокальцитонина выявили еще одну интересную особенность этого гормона. Оказалось, что тирокальцитонин действует чрезвычайно быстро — в течение первых 30—60 минут после введения в организм, после чего со-

держание кальция в крови животных быстро возвращается к норме. При этом большое значение имеет способ введения препарата. По данным американского исследователя М. Кумара и сотрудников, наибольшее снижение содержания кальция в крови наблюдается при внутривенном введении препарата, т. е. когда тирокальцитонин попадает непосредственно в кровяное русло.

Таким образом, несмотря на сравнительно короткое время изучения тирокальцитонина (около 6 лет), мы можем отметить, что в литературе накопилось довольно много данных относительно биологических свойств этого гормона.

По существующим в настоящее время схемам получения тирокальцитонина (одна из таких схем приведена на рисунке) свежезамороженные щитовидные железы быков или свиней многократно обрабатывают ацетоном для удаления жира. Полученный порошок экстрагируют слабым раствором соляной кислоты при температуре 50—60°, затем к полученному неочищенному экстракту добавляют 2-мольный раствор хлористого натрия. Выпадающий при этом обильный осадок балластных веществ отделяют фильтрованием, а к прозрачной жидкости добавляют более концентрированный раствор хлористого натрия. Образующийся осадок белого цвета отделяют и высушивают.

Полученный таким образом тирокальцитонин хотя и обладает способностью снижать содержание кальция в крови, но содержит еще много балластных веществ, от которых удастся освободиться только с применением специальных методов очистки. При этом активность полученного очищенного препарата увеличивается в 500—600 раз. Используя эту схему, удается получить из 1 мг щитовидной железы около 5 г тирокальцитонина.

Значительно сложнее обстоит дело с выяснением его химического строения. В настоящее время известно только, что тирокальцитонин — низкомолекулярный белок или полипептид с молекулярным весом около 9 тысяч. Изучение аминокислотного состава тирокальцитонина показало,

¹ Гиперпаратиреоз — болезненное состояние организма, вызванное усиленной деятельностью щитовидной железы.

что в состав этого белка входят 10 аминокислотных остатков глутаминовой кислоты, 9 — лейцина, по 8 — аланина и лизина, 5 — глицина, по 4 — аргинина, треонина, серина, пролина и валина, 3 — изолейцина, по 2 — тирозина и фенилаланина и по 1 — гистидина, метионина, цистина и триптофана.

Тирокальцитонин довольно устойчив к кипячению. Кипячение в течение 20—30 минут практически не снижает активности этого гормона, однако обработка сильными рас-

творам кислот и щелочей вызывает быструю и полную его инактивацию.

Оказалось, что даже самые высокоочищенные препараты тирокальцитонина не однородны по своей природе. Применение специальных методов исследования позволило установить наличие в таких препаратах двух-трех и даже более отдельных компонентов, отличающихся друг от друга по молекулярному весу, физико-химическим свойствам и биологической активности. Последнее обстоя-

тельство позволяет предположить наличие в щитовидной железе — этой маленькой «фабрике» гормонов — еще каких-то пока не открытых химических веществ играющих важную роль в процессах жизнедеятельности организма человека и животных. Задача медицинской науки — скорейшее изучение чудесных свойств этих веществ и создание новых высокоэффективных препаратов для успешного лечения эндокринных заболеваний.

УДК 591.147

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ОСАДКИ В ГОРНОМ КРЫМУ

И. П. Ведь

Крымская горнолесная опытная станция (Алушта)

Крымский полуостров, как известно, характеризуется напряженным водным балансом. Ученые и инженеры озабочены тем, как увеличить запасы воды в этом районе: строятся водохранилища, изучаются гидрогеологические особенности территорий и т. д. Однако пока еще использованы не все существующие возможности, и поэтому выявление резервов получения здесь дополнительной влаги играет сейчас большую роль.

Современные стандартные приборы для измерения осадков улавливают только те из них, которые выпадают из облаков, т. е. вертикальные. Однако во время тумана на поверхности земли, а больше всего на поверхности деревьев и различных вертикальных предметах осаждаются иногда значительное количество так называемых горизонтальных осадков (изморозь, гололед, наморось и др.). На открытых местах их откладывается мало, зато в лесу, особенно в горных районах, количество таких осадков может быть довольно значительным. Известны, например, случаи, когда на Северном Кавказе от изморози в лесу устанавливался

самый путь. В некоторых же местах горизонтальные осадки образуются в таких количествах, что их достаточно для водоснабжения целых поселков.

Количество горизонтальных осадков зависит от географического положения территории, близости ее к морю, характера атмосферной циркуляции и определяется повторяемостью и интенсивностью гололедо-изморозевых явлений, частотой и продолжительностью туманов. По мнению ряда авторов, общее количество осадков в горных районах с большой лесистостью за счет горизонтальных осадков увеличивается на 25—30% и более. Д. Китредж, например, приходит к выводу, что в горных районах на западе США горизонтальные осадки даже превышают обычные.

В Горном Крыму гололедо-изморозевые явления имеют большую повторяемость и весьма интенсивны. На Ай-Петри (1180 м над ур. м.) в среднем за год наблюдается 17 дней с гололедом и 64 дня с изморозью — это рекордная цифра!

Максимальная величина отложения льда за период инструменталь-

ных наблюдений по специальному гололедному станку составляет 257 мм × 45 мм (большой и малый диаметры отложения). Максимальный вес отложения — 1,9 кг на погонный метр проволоки. Особенно много изморози и гололеда откладывается на деревьях в лесу, но, к сожалению, учет количества этих отложений метеостанциями обычно не ведется.

Сейчас большие работы ведутся по облесению крымских яйл. На горнолесной опытной станции изучается гидрометеорологическая роль создаваемых лесных насаждений. Важное место в исследованиях имеет и количественная оценка горизонтальных осадков как в лесу, так и на безлесной яйле. Вот некоторые цифры. За зиму 1964—1965 г. на одном модельном дереве сосны высотой 2,5 м отложилось около 60 кг изморози. Другими словами, на 1 га площади (при размещении 10 тыс. растений) получена прибавка влаги в 600 т. Во взрослом буковом лесу зимой 1965—1966 г. количество горизонтальных осадков от изморози достигло 98 мм, что составило около 10% от годового количества вертикальных осадков. На безлесных мес-



Молодые сосновые насаждения в изморози. Ай-Петри

тах прибавка от горизонтальных осадков — всего около 10 мм.

Большое значение в Горном Крыму имеет наморось (жидкий аналог изморози) — водяной налет, оседающий на предметы из тумана (при соприкосновении капель тумана с поверхностью предмета, обладающей способностью смачиваться).

Часто бывает, что в лесах Горного

Крыма во время туманов выпадает даже дождь от намороси, а метеостанции вблизи леса не отмечают таких осадков. Оголенный буковый лес дает большое количество намороси даже вдали от опушки. Иногда оседающая наморось может в несколько раз превышать количество оседающей изморози, так как водность тумана с температурой увеличивается.

Кроме того, осаждается наморось с одинаковой интенсивностью на всех предметах, причем вначале этот процесс ускоряется, а затем замедляется (т. к. происходит ухудшение обтекания воздухом ветвей, покрытых изморозью).

Количество осадков от намороси на Ай-Петри в холодный период 1965—1966 г., измеренное под пологом букового леса, составило 100 мм. Таким образом, за счет изморози и намороси лес на Крымском нагорье получил дополнительно около 200 мм осадков, что составляет примерно 20% от годовой суммы.

Создаваемые в настоящее время на безлесной части нагорья (яйле) лесные насаждения будут способствовать выпадению горизонтальных осадков. Это приведет к регулированию снежного покрова.

В настоящее время на яйлах Крыма уже посажено около 2500 га лесов, выполняющих эту роль. Дальнейшее облесение яйл несомненно будет способствовать улучшению гидрологического режима всего Горного Крыма и Южного побережья.

УДК 551. 501

ПРЕМИЯ ИМЕНИ П. Н. ЯБЛОЧКОВА

Президиум АН СССР присудил премию имени П. Н. Яблочкова за 1967 г. сотруднику Института электромеханики, доктору технических наук Е. Я. Казовскому и профессору Московского института инженеров железнодорожного транспорта, доктору технических наук С. В. Страху за комплекс исследований переходных процессов в машинах переменного тока и в электрических цепях, содержащих эти машины.

В сложных электрических системах, включающих многие источники энергии, огромное количество различных потребляющих аппаратов и разветвленные сети электропередач,

каждый элемент влияет на все остальные. Общий расчет таких систем требует очень сложных математических вычислений и может быть проведен лишь приближенно. Любой успех в этом направлении играет большую роль в современной технике, которая базируется на таких электрических системах.

Лауреаты премии Яблочкова 1967 г. провели многолетний цикл исследований, изложив полученные результаты в трех монографиях и большом числе статей. Исследования были посвящены обобщению и применению комплексного метода расчета статических цепей для машин

переменного тока, содержащих произвольное число таких агрегатов. Впервые для исследования ряда процессов в синхронных машинах применялись табулированные специальные функции (интегралы Френеля, функции Бесселя и эллиптические функции). Точно также впервые и раньше, чем за рубежом, предложен алгоритм расчета переходных электромеханических процессов (метод мгновенных значений) на основе применения современной цифровой вычислительной техники. За последние годы этот прогрессивный метод уже стал использоваться в инженерной расчетной практике.

ПРИРОДНЫЙ СТРОНЦИЙ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ

В. Н. Тимощук

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского АН СССР (Севастополь)

Многочисленные гидрохимические работы, проведенные в Каспийском море (Л. К. Блинов, С. В. Бруевич, А. С. Пахомова и др.), показали, что этот бассейн отличается целым рядом особенностей. Однако в литературе нет сведений о содержании природного стронция в воде этого моря. В настоящем сообщении использованы материалы экспедиции, в которой автор принимал участие в феврале — марте 1966 г. на экспедиционном судне «Экватор» Управления гидрометеорологической службы Азербайджанской ССР. Отбор проб воды производился в основном на гидрологических станциях стандартных разрезов, выполняемых Бакинской гидрометеорологической обсерваторией. Пробы для анализа отбирались интегральным методом из слоя воды 0—200 м, так как этот слой биологически наиболее продуктивен. Содержание стабильного стронция определялось А. А. Бачуриным и С. А. Осипенко на пламенном спектрофотометре, собранном по блок-схеме Н. С. Полуэктова на основе монохроматора УМ-2, приставки с фотоумножителем ФЭУ-18А и электронного самонисца ЭПП-09¹. Фотометрирование производилось в пламени смеси ацетилена с воздухом с использованием волн длиной 460,7 мкм. Рабочие растворы приготовлялись по методу добавок.

Результаты анализов показали, что в Южном Каспии на разрезе о-в Куриный Камень (устье р. Куры) — о-в Огурчинский (см. рис.) содержание стабильного стронция в воде возросло в направлении с запада на восток от 4,24 до 17,10 мг/л (станции 1—5). В средней части Каспия на разрезе г. Дивичи — залив Кендерли наблюдались концентрации его от 17,50 до 12,49 мг/л

¹ Н. С. Полуэктов. Методы анализа по фотометрии. Госхимиздат, 1959.

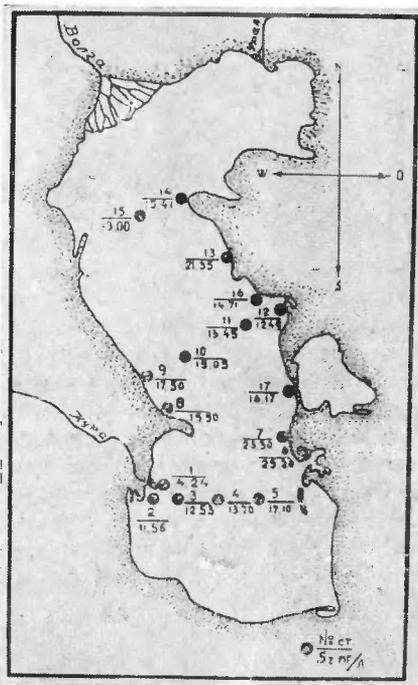


Схема распределения стронция в Каспийском море (февраль — март 1966 г.)

(станции 9—12). На самом северном разрезе о. Чечень — п-ов Мангышлак отмечена некоторая тенденция к уменьшению концентрации стронция в направлении с востока на запад.

Такое неравномерное распределение природного стронция в воде Каспийского моря можно объяснить сложным гидрометеорологическим режимом этого бассейна, гидрогеологическим строением берегов и литологическим составом пород побережья Каспия. Так, высокие значения концентрации стронция в прибрежной зоне Восточного Каспия, по-видимому, обусловлены поступлением этого элемента с грунтовыми водами, поскольку известно, что он относится к группе подвижных водных мигрантов. В прибрежной зоне северо-западной части Красно-

водского п-ова, где верхний водоносный горизонт палеогеновых отложений имеет наклон в сторону моря, отмечены наибольшие концентрации стабильного стронция (Ю. А. Висковский). Там же были ранее обнаружены выходы стронцийсодержащих пород¹. Вполне можно сделать предположение о размыве этих пород и выносе стронция грунтовыми водами. Последнее подтверждает наше предположение о причине весьма неравномерного распределения стронция в водах Каспийского моря. Минимальные содержания стронция у западного побережья Каспия можно объяснить опресняющим действием рек. Этот вывод подтверждается тем, что обычно в слабоминерализованных водах содержание стронция невелико (от 0,5 до 2,5 мг/л при среднем содержании около 1 мг/л).

Сравнение известных данных о концентрации стронция в различных морях и океанах показывает, что содержание этого элемента в воде Каспийского моря выше, чем в Индийском и Атлантическом океанах, а также в Черном и Азовском морях.

Таким образом, Каспийское море оказывается весьма своеобразным не только по своим гидрохимическим свойствам (соотношению и концентрации растворимых элементов), но и в отношении содержания и распределения одного из микроэлементов — стабильного стронция.

Многие конкретные детали, которые не затронуты в нашей работе, можно выяснить на базе дальнейших комплексных гидрохимических, гидрогеологических и гидрологических исследований.

¹ В. В. Бурков, Е. К. Подпорина. Стронций. Труды Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, вып. 12, Изд-во АН СССР, 1962.

НЕОБЫЧНЫЕ ТЮЛЬПАНЫ

А. А. Иващенко

Заповедник Аксу-Джабаглы

(с. Новониколаевка, Чимкентская область Казахской ССР)

Тюльпан Грейга — эндемичный вид Арало-Каспийского, Сыр-Дарьинского и Тяньшанского районов Средней Азии. На территории заповедника Аксу-Джабаглы (западная оконечность хребта Таласский Алау) этот декоративный раннецветущий вид — обычный обитатель суглинистых и щебнистых склонов нижнего и среднего поясов гор (до высоты 2000—2100 м над ур. м.). Из всех дикорастущих тюльпанов нашей флоры тюльпан Грейга обладает самыми крупными (до 15 см длины), ярко-красными или оранжево-красными цветками. Лишь изредка встречаются особи с желтыми лепестками или красным пятном посредине желтого лепестка. Обычно один такой цветок встречается среди нескольких сотен нормально окрашенных тюльпанов.

В мае 1965 г. на юго-западном склоне долины р. Балдабек (северо-западный Тянь-Шань) мы обнаружили целое поле желтых тюльпанов Грейга. Растительность этой местности представляет собой разреженный арчевник. Тюльпаны занимают участки с мелкощебнистой суглинистой почвой, расположенные на высоте 1900—2000 м над ур. м. Необычно здесь то, что на довольно большом участке (не менее 2 км в длину и около 0,5 км в ширину) произрастали исключительно желтые тюльпаны; ни одного цветка с красными лепестками мы здесь не нашли. Численность тюльпанов в этом месте колебалась от единичных особей до настоящих зарослей, где на одном квадратном метре было от 13 до 58 растений, в среднем 28—29 взрослых, цветущих и 13 молодых, вегетирующих.

Из просмотренных нами свыше 100 особей 7,7% имели чисто желтый околоцветник без каких-либо пятен

или полос; 24% — чуть заметные красноватые полосы на нижней стороне наружных лепестков; 33,7% — ярко-красные полосы шириной от 0,8 до 1,5 см и только у 34,6% особей на внутренней стороне лепестков были красные пятна, но на наружной стороне все же были и красные полосы. Таким образом, красные пятна посредине лепестка, которые характерны для желтоцветных тюльпанов Грейга, здесь встречались значительно реже, чем продольные красные полосы на наружной стороне лепестка.

Мы столкнулись еще с одним интересным явлением — двухцветковостью тюльпана Грейга; в естественных условиях оно наблюдается очень редко. Стебель двухцветкового тюльпана достигает 39 см длины и несет пять листьев вместо обычных четырех. Основной цветок крупный, около 10 см, а дополнительный — только 4,5 см длины. Окраска обоих цветков одинакова: лепестки желтые, с ярко-красной полосой на наружной и красными пятнами на внутренней стороне лепестков.

Сравнительно морфометрические измерения желто- и красноцветковых форм показали, что резких различий в размерах растений не наблюдается. Тем не менее, органы желтых тюльпанов, кроме нижнего листа и тычинок, оказались немного мельче, чем у красных. Результаты сравнения приведены в таблице (а — желтоцветковая форма, б — красноцветковая).

Систематические признаки вида — отсутствие опушения тычинок, шерстистость луковичных чешуй, перстрота листьев — полностью присущи встреченной нами желтоцветковой форме. Следовательно, ни о какой разновидности тюльпана Грейга систематического порядка не может быть и речи.

В чем же причина массового изменения окраски цветков этого вида? Ведь рядом, в той же долине, на склоне такой же экспозиции, все тюльпаны Грейга имеют цветки нормальной оранжево-красной окраски. Как известно, пигменты желтой (флавоны) и красной (антоцианы) окрасок цветка близки как по строению молекулы, так и по химическому составу. Окисляясь, флавоны превращаются в антоцианы. В клетках лепестков тюльпана Грейга содержатся, очевидно, пигменты обоих типов, но в нормальных условиях преобладает красная окраска лепестков.

В описываемом нами случае, видимо, под воздействием каких-то внешних факторов нарушился обмен веществ в клетках цветков и произошло восстановление антоцианов до флавонов. Нам кажется, что таким внешним фактором послужил химизм почвы.

Одна из причин, породивших такое предположение, — это исключительное своеобразие местности. Действительно, крутой скалистый склон, на котором растут тюльпаны, представляет собой гигантский разлом в горном массиве. Вадимающиеся вокруг скалистые гряды с накрученными, изломанными и поставленными «на голову» пластинами свидетельствуют о сложной геологической истории этой местности. Недаром места эти не раз привлекали внимание горных поисковых партий. Поэтому не исключено, что пласты нашего разлома и тонкий слой образовавшийся на его террасах почвы имеют целый ряд химических элементов, в том числе редких, которые, вероятно, и вызвали мутации у тюльпанов. В литературе есть указания о возможном влиянии на окраску цветов различных химических элементов — меди (Кострин, 1954), урана (S. Hansford, 1964), стронция (Ярилов, 1958). Однако вопрос этот еще не изучен.

Описанное явление массового полпморфизма окраски тюльпана Грейга в естественных условиях должно заинтересовать цветоводов и селекционеров. Установление его причин даст возможность целенаправленно изменять окраску цветков тюльпана Грейга — одного из красивейших дикорастущих тюльпанов нашей флоры. Кроме того, выяснение этих причин представляет несомненный интерес и для геологов, которые в последнее время все чаще используют различные растения-индикаторы при поисковых работах.

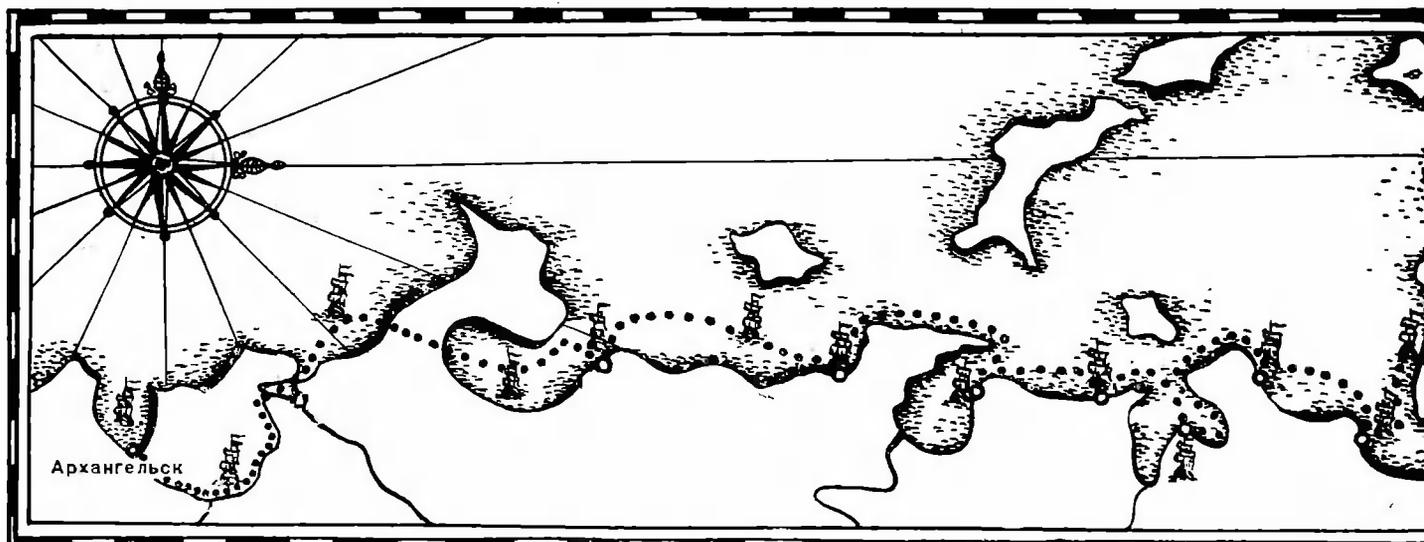
Результаты сравнения желтоцветковых (а) и красноцветковых (б) форм тюльпана Грейга

Луковица		Надземная часть (см)									
Ширина (см)	Вес (г)	Стебель	Нижний лист (см)		Наружный лепесток		Внутренний лепесток		Тычиночная нить	Пыльник	
		Длина (см)	Длина	Ширина	Длина	Ширина	Длина	Ширина		Длина	Ширина
а) 28,4	10,2	28,6	14,8	6,4	6,3	3,9	6,4	3,6	0,83	1,27	0,44
б) 29,7	12	32,4	13,4	5,8	6,4	3,7	6,7	3,6	0,88	1,15	0,4

ТАМ, ГДЕ БЫЛА МАНГАЗЕЯ...

Б. Н. Лиханов

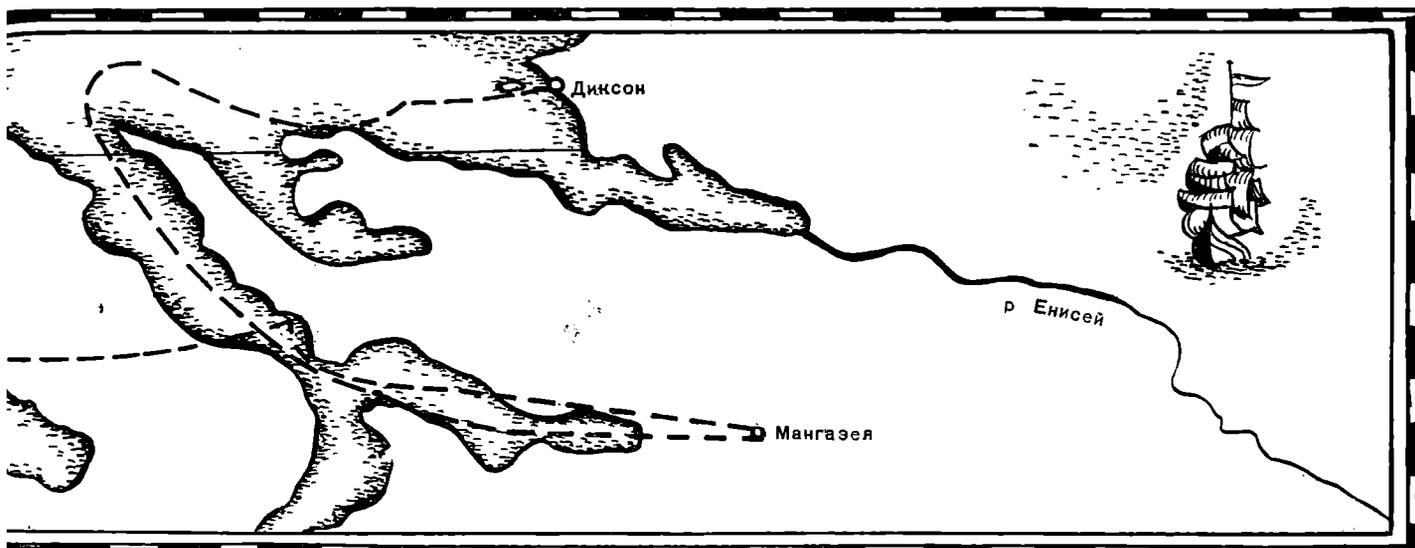
*Кандидат географических наук
Институт географии АН СССР
(Москва)*



На этом рисунке схематически показаны: точками — первая часть пути Д. А. Буторина и М. Е. Скороходова, который проходил сравнительно гладко;



Здесь, на правом берегу Таза, когда-то стояла столица северной Сибири — легендарная Мангазея



пунктиром — второй, более трудный этап, где путешественникам приходилось частично передвигаться волоком и связь с ними нарушалась

Летом 1967 г. известный зверобой Арктики Д. А. Буторин и писатель М. Е. Скороходов на карбасе «Щелья» совершили смелый поход, повторявший древний путь поморов из Архангельска в Мангазею. Это путешествие землепроходцев XX века вызвало живой интерес к древней столице Сибирского Севера, куда наши предки ходили более трех с половиной столетий назад.

Сейчас район Мангазеи интересен не только с исторической точки зрения. Ученых привлекает необыкновенное богатство природных ресурсов тех мест.

НЕМНОГО ИСТОРИИ

Еще на заре освоения сибирских земель, в 1601 г., на р. Таз, примерно в 250 км от ее устья, был основан довольно крупный по тем временам город Мангазея с населением до 2000 человек¹. На ярмарку, которая

устроивалась здесь ежегодно, съезжалось до двух тысяч промышленных и торговых людей, приобретающих до 65—80 тысяч собольих шкурок. Недаром Мангазея получила название «златокупящей государевой заморской вотчины».

Но недолго держалась слава Мангазеи — она просуществовала немногим более 50 лет. В 1649 г. царь Михаил Романов, боясь проникновения иностранцев в Сибирь, приказал морской путь в Мангазею закрыть. Постепенно город стал терять свое значение, так как слишком трудно было добираться до него по суше, кроме

¹ Происхождение названия Мангазея неясно. Возможно, оно связано с именем кочевавших здесь племен «мокасе», «могоси». И. А. Серикова. Город Мангазея. К 360-летию от основания. Красноярский край. «Известия Красноярского отдела Географического общества СССР», вып. 2, 1962, стр. 239.



Нередко на берегу Таза можно встретить северного оленя

того, началось освоение более богатых пушниной восточных районов. К тому же неоднократные пожары разрушали город¹.

Позже о Мангазее забыли, следы ее были потеряны, и до 1900 г. даже не знали точно о месте бывшего расположения легендарной столицы. Археологические исследования в районе древней Мангазеи почти не велись, если не считать двухнедельных работ в 1946 г. экспедиции Института материальной культуры АН СССР. Но вот в 1966 г. нами здесь было обнаружено в бассейне Таза два неизвестных форпоста, сыгравших, по-видимому, значительную роль при продвижении русских на восток. Один из них — по р. Худосей в районе живописного сухого яра, другой — в верхнем течении р. Таз². Надеем-



¹ С 1676 г. под именем Новой Мангазеи был известен поселок в бассейне Енисея, в низовьях р. Турухан.

² Интересно, что очертания трех строений, обнаруженных по р. Худосей, оказались в стороне от современного основного русла реки, которая, как показывают геоморфологические наблюдения, за 300 с лишним лет изменила направление своего течения.

Обилие комаров и мошки даже на берегу реки Таза, где дул легкий ветерок, не позволяет работать без накомарника, а чуть в сторону их такая масса, что казалось — звенящая туча в воздухе движется →

ся, что находки Д. А. Буторина и М. Е. Скороходова, сделанные отважными путешественниками в самой Мангазее, привлекут внимание ученых-археологов и к этим двум, несомненно интересным, районам.

КОНТРАСТЫ ПРИРОДЫ

На востоке величайшей в мире Западно-Сибирской равнины параллельно Енисею с юга на север на протяжении 1400 км течет р. Таз. Она пересекает на своем пути самые разнообразные ландшафты — от Сибирских Увалов, этого своеобразного моста, соединяющего Енисейский край с Уралом, до Ледовитого океана. Сибирские Увалы только недавно появились на картах и пока слабо исследованы. Можно предполагать, что они таят в себе большие минеральные богатства, свойственные и Уралу, и Енисейскому краю. Это, пожалуй, одно из самых живописных мест в бассейне Таза. Многочисленные реки с обрывистыми берегами и прозрачной водой, синюющие вдали, покрытые лесом возвышенности заставляют забыть, что вы находитесь в грандиозном царстве болот.

Но стоит проехать несколько сот километров на север, и картина резко



По северной границе тайги проходит → «Мертвая дорога». Перед нами — один из ее участков по правобережью Таза



Нет, это не снег, это белоснежные покровы лишайников — прекрасные пастбища, основная пища северных оленей



Торфяники насыщены льдом. На снимке в обрыве видны включения его в темной массе торфа

меняется. Все больше становится болот и озер, почти исчезают высокие берега рек, а вдоль них леса тянутся лишь узкой лентой. Уже не встретишь сосны, меньше становится кедра, и только лиственница долго еще ласкает взгляд. А за этой узкой лентой леса — болота, озера, мерзлотные бугры с мхами и лишайниками.

Чем дальше на север, тем реже и узкие полоски леса, ниже деревья, а берега все более низкие, топкие. И, наконец, на смену лесотундре, где когда-то стояла древняя Мангазея, приходит тундра...

Только в июле Тазовская губа освобождается от льда, 7—8 месяцев стоит зима в бассейне Таза, около 30 суток длится в ее низовьях полярная ночь, озаряемая сполохами северного сияния, часто бушуют метели. Ле-

том — жарко, влажно, душно, от 1 до 2,5 месяцев весь район находится во власти гнуса. Не удивительно, что этот труднодоступный и суровый край был слабо изучен и о его богатствах в основном узнаешь только в последние годы.

БОГАТЫЙ КРАЙ

Издавна местные жители Мангазеи — ненцы — занимались промыслом песка. И сейчас это край богатейших песчовых угодий страны. А в верховьях бассейна Таза коренные жители — селькупы и кеты — добывают до 50% белччьих шкурёк, заготавливаемых на всем севере Западной Сибири.

Словно пятна снега среди многочисленных озер тундры, напоминающая

белое покрывало, в сосновых борах и других лесах растут лишайники, на которых пасется около 90 тыс. северных оленей. Подсчеты показывают, что поголовье оленей при использовании лесных пастбищ может быть увеличено еще на 30 тыс. голов.

Среди северных просторов Западной Сибири верховье бассейна Таза более пригодно, лучше дренировано, а поэтому здесь меньше болот. Это самый богатый лесами район Ямало-Ненецкого национального округа. Здесь сосредоточено более половины лесных запасов округа, пригодных к эксплуатации, — 763,7 млн м³. На первом месте кедр — 279,2 млн м³ (вот почему здесь и больше всего белки), на втором — сосна — 215,9 млн м³. Сосновые леса растут обычно на песчаных террасах среди белоснежных ковров из ягеля, по которому осенью красными бусинками рассыпаны ягоды брусники и целыми семействами торчат шляпки разных грибов. На третьем месте лиственница — 183,7 млн м³, золотой осенний наряд которой среди темнохвойной тайги необыкновенно красив. На долю ели приходится 43,6 млн м³ и еще меньше — 41,3 млн м³ — березы.

Леса почти не тронуты человеком. Из всего этого богатства заготавливается в год около 500 тыс. м³.

Территория бассейна Таза, особенно в нижнем и среднем течении, словно оспой, покрыта бесчисленными озерами. Тут и крупные озера, богатые рыбой, которую большей частью добывают зимой, и маленькие, почти безжизненные озерки, окруженные торфянистыми берегами. Большие озера соединены между собой многочисленными реками. Летом на берегу Таза, на его песчаных отмелях, можно видеть временные жилища ненцев и селькупов — чумы, между которыми развешаны сети.

Рыбный промысел — один из традиционных отраслей хозяйства местного населения. Места эти славятся такими ценными видами, как муксун, нельма, сырок (пелядь), много и мелкочастиковых рыб (почти до половины всего улова — окунь, ерш, плотва). Ямало-Ненецкий национальный округ дает более 40% улова рыбы Тюменской области, и около одной трети этой добычи приходится на бас-

сейн Таза. В поселке Тазовском построен рыбоконсервный завод, который выпускает несколько миллионов банок различных консервов. Для хранения рыбы используются местные особенности природы — в мерзлоте создан естественный холодильник емкостью на 450 т. Мелкочастиковая рыба, а также отходы оленеводства используются в клеточном животноводстве.

Суровые условия края ограничивают развитие земледелия, но, как показали исследования, на юге бассейна Таза, а отчасти и в среднем течении реки, можно найти участки, которые по своим микроклиматическим особенностям и почвам все-таки пригодны для разведения целого ряда овощных культур.

Пастбищных и сенокосных угодий здесь немного. Обычно это небольшие участки, приуроченные к поймам крупных рек. В этом огромном районе и сейчас не более 300 голов крупного рогатого скота, а коров — всего около 150. В бассейне Таза много водоплавающей птицы (утки, гуси), куропаток. Осенью на песчаные пляжи съезжаются сотни глухарей.

Но самое главное, что привлекает



Лес постепенно расширяет свой ареал, наступает на болота. Вот и молодой кедр поселился на новых местах

внимание в настоящее время к бассейну р. Таз, — это огромные запасы газа, обнаруженные на сравнительно небольших глубинах в мезозойских отложениях. В 17 км к югу от пос. Тазовского вскрыт газоносный горизонт на глубине 1100 м в верхнемеловых породах. Дебит скважины составил 3 млн м³ газа в сутки. Всего по Ямало-Ненецкому национальному округу запасы газа оцениваются более чем в 10 триллионов м³ (в Тазовском месторождении только один пласт может дать 100 млрд м³). Таким образом, бассейн Таза — это один из перспективнейших районов Западной Сибири по газу. Сейчас проектируется крупнейший газопровод, соединяющий месторождения севера Западной Сибири с центральными и западными районами нашей страны. Последние геофизические исследования показали, что этот район также перспективен и на нефть.

НА НОВОМ ЭТАПЕ

Только недавно взгляд ученых обратился к этому неисследованному району: как же лучше использовать его природные особенности и ресурсы? Однако сведения, которыми мы до сих пор располагали, относятся к низовьям Таза. Из географов только В. Н. Скалону (1929—1930 гг.) удалось пройти всю реку от верховьев. Известны геоморфологические исследования А. А. Земцова, но комплексных физико-географических работ до последнего времени здесь не проводилось. Поэтому для географов бассейн Таза в целом — «белое пятно».

Летом 1964 г. Институт географии Академии наук СССР направил большой коллектив научных сотрудников для комплексного изучения бассейна реки Таз. За эти годы получены интересные материалы, с которыми нам и хочется познакомить читателей.

Особенности изучения этого района заключаются в том, что значительная часть его скована мерзлотой и покрыта толстым слоем мха. Эта изоляция и сохранение мерзлоты приводит к тому, что внутренний и внешний обмен веществ и энергии как в органической, так и неорганической среде здесь замедлен. Тем самым

затруднено изучение современных физико-географических процессов¹.

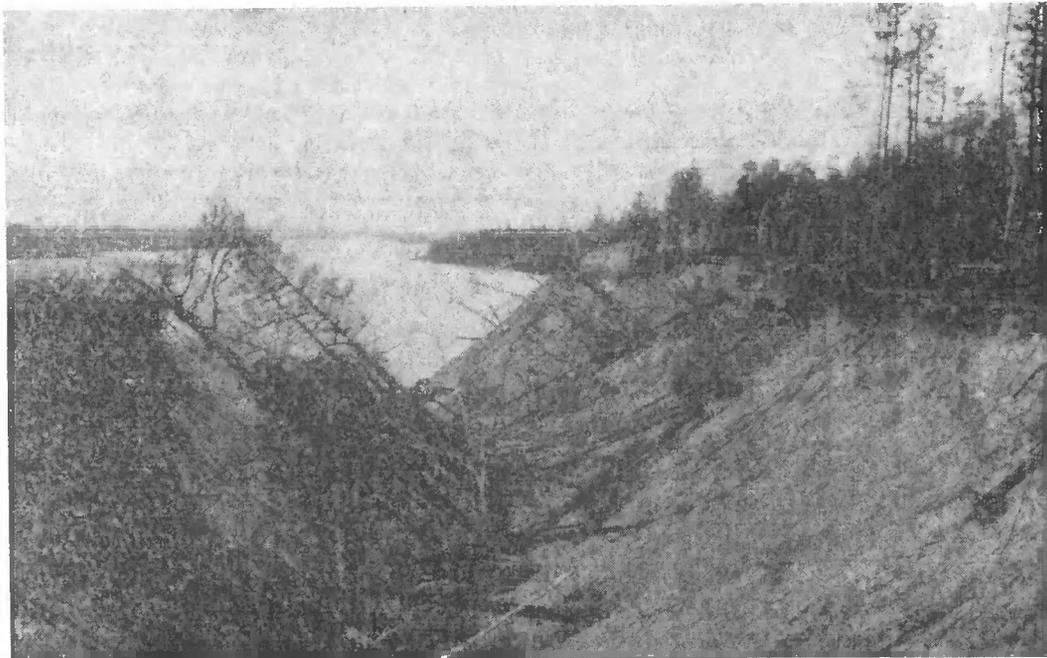
Перед нами встал вопрос — с чего начинать работу? Выход надо было искать в местных особенностях природы. Поэтому прежде всего внимание географов было направлено на изучение обилия водоемов. Физико-химические процессы в течение короткого северного лета протекают в них наиболее интенсивно по сравнению с окружающими территориями.

Комплексные исследования потребовали от физико-географа создания определенных концепций, которые позволяли бы раскрыть основные закономерности дифференциации природных условий.

В бассейне Таза мы выделили три главных природных комплекса: — пойменный — наиболее активный в преобразовании ландшафтов, он занимает поймы современных рек. Свойственные ему процессы особенно ярко проявляются в пойме самого Таза. II комплекс объединяет наиболее дренируемые участки — террасы, водоразделы, склоны. Водно-тепловой режим почвы, лучший по сравнению с другими комплексами, позволяет формироваться здесь лесам в зоне лесотундры и тайги и ягельникам — в тундре. И, наконец, III комплекс — так называемый «озерно-болотный» — приурочен к безлесным заболоченным и озерным пространствам водоразделов, террас и образует характерный озерно-болотный ландшафт.

Все эти три комплекса и создают облик бассейна р. Таз. Они очень неравнозначны не только по своим процессам, но и по занимаемой площади. Узкой лентой вдоль наиболее крупных рек, и в первую очередь по самому Тазу, простирается пойменный комплекс, охватывая немногим более 6 тыс. км². Зато многочисленные болота и озера господствуют на площади свыше 55 тыс. км² и почти 85 тыс. км² занимают покрытые лесом дренированные комплексы. Выделение этих комплексов позволило по-новому взглянуть на эту территорию.

¹ А. А. Григорьев. О взаимосвязи, взаимообусловленности компонентов географической среды и о роли в них обмена веществ и энергии. «Изв. АН СССР, серия географич.», 1956, № 4.



Размыв берегов идет чрезвычайно интенсивно

ДИНАМИКА ПРИРОДЫ

Каждый из комплексов обладает четко выраженной направленностью физико-географических процессов. Понимание этих процессов дает возможность наиболее рационально выбирать и использовать для народного хозяйства особенности природы. Поэтому важнейшей задачей географов было познание динамики природы отдельных комплексов.

В I, по и м е н н о м, к о м п л е к с е решающую роль на процессы оказывает сам Таз, текущий с юга на север и несущий достаточно большую массу тепла. В теплый период максимальная температура воды достигает 23° и более. В отдельные годы даже средняя температура воды в сентябре составляет 10, а в августе 20° С. Поэтому р. Таз можно рассматривать как своеобразный рубеж на пути стока холодных воздушных масс и формирования заморозков. Однако Таз нельзя, конечно, поставить на одну ступень с Енисеем в районе Игарки, т. е. примерно на тех же широтах, где тепловой сток за год составляет 3000—4000 млрд ккал!

Вот несколько примеров. В ночь

на 12 августа 1964 г. по правобережью Таза в районе поселка Сидоровска при северо-восточном ветре наблюдались заморозки на почве до -8° , по левобережью даже намного севернее они не были такими интенсивными. В августе 1966 г. в верхнем течении Таза в поселках, расположенных немного в стороне от Таза, неоднократно (начиная с первой декады) заморозки губили картофель, в то время как в более северных и южных поселках на самом берегу Таза их не было совсем.

Воды Таза, заливая многочисленные пойменные озера, несут много питательных веществ, хорошо прогреваются, и поэтому в реке много рыбы. Эти воды — основной источник водоснабжения поселков, расположенных по берегам. В то же время гидрологические особенности Таза изучены еще слабо.

Исследованиями лимнологов (Н. Я. Миронова, Т. Н. Покровская) в составе физико-географических комплексных работ была подтверждена огромная роль Таза в формировании высокопродуктивных пойменных озер. Отапливающая роль Таза особенно сказывается на интенсивности процесса продуцирования органического

вещества, и последний преобладает над процессами распада. Таким образом, запас органического вещества и биогенов пополняется не только за счет приноса рекой, но и путем образования на месте.

В пойменных озерах процесс фотосинтеза идет интенсивно (в слое максимального напряжения почти 4 мг/л в сутки). Для них характерно массовое развитие фитопланктона — количество клеток достигает свыше 20 млн, а биомасса их — $9,5 \text{ мг}$ в 1 л воды. Все это создает благоприятные условия для развития в пойменных озерах рыбы.

В пойменном же комплексе сосредоточены основные полезные луга (преобладают осоковые). Но они занимают небольшие площади и из-за кустарников и кочек очень неудобны для механизации сенозаготовок. В этих местах много животных. Из грызунов типичны серые полевки, водяная крыса, ондатра, которая расселилась по Тазу с верховьев (севернее Красноселькупска она встречается редко). Водятся горностаи, ласка, колонок, лисица. Зимой от побережья до Полярного круга по поймам идут пути массовых кочевков песка.

• П. л е с н о й д р е н и р о в а н

ный, комплекс характерен сравнительно глубоким залеганием мерзлоты (мощность деятельного слоя превышает 1,5 м). Этот комплекс особенно благоприятен для размещения поселений, транспортных коммуникаций, земледелия. Здесь формируются наиболее производительные древостой и оленьи пастбища.

Климатические ресурсы в среднем течении Таза довольно низкие: лето короткое (сумма температур выше 10° не превышает 1000°), практически без заморозков бывает только июль. Озера здесь сильно отличаются от пойменных: органических веществ в них значительно меньше, окисляемость в 2—2,5 раза меньше (5—6 мг/л O₂), немного ниже содержание железа (до 0,4 мг/л) и кремния. Количество фитопланктона не достигает и 75 тыс. клеток, а биомасса не превышает 0,20 мг в 1 л воды (тогда как в пойменных озерах она достигает 9,5 мг в 1 л воды). В лесотундре и северной тайге деревья в возрасте 150—200 лет имеют среднюю высоту 10—15 м и диаметр стволов 10—20 см. Это — редколесье. Здесь производятся рубки местного значения и зимой выпасают оленей. Богаты леса ягодой (брусника, черника и др.), грибами, но все это заготавливается в ничтожном количестве, главным образом местным населением.

Один из сложных вопросов развития комплекса лесного дренирования заключается в выявлении динамики растительности — что происходит сейчас: территория заболачивается или осушается. В связи с этим встает и проблема изменения границы лесной растительности, которая также связана с колебаниями климата. Можно высказать предположение, что в настоящее время существуют условия, благоприятные для расширения лесного ареала. Во многих местах хорошо видно, как леса наступают на озерно-болотный комплекс, возможно, что этот процесс связан с циклическостью внутривекового стока. Хотя анализ этого процесса пока не закончен, все же мы можем судить о его более устойчивом преобладании.

Интересные наблюдения проведе-

ны в окрестностях древней Мангазеи (лесотундра). Здесь в почвенном разрезе выше следов пожара хорошо видно образование подзолистого горизонта, а на поверхности сформировался редкостойный лиственнично-березовый с примесью ели лес.

Лесной дренированный комплекс дает пристанище большой группе животных. Из грызунов наиболее характерна белка, из мышевидных — красная полевка. Встречается соболь, но промыслового значения в средней части бассейна Таза он не имеет.

III, болотно-озерный, комплекс занимает в исследуемом районе большую площадь. Он представлен различными торфяниками и обилием озер. Мощность торфяного горизонта в лесотундре и северной тайге 50—100 см, подстилается он мерзлой сильно оглеенной сизой толщей суглинков. Торф и минеральный грунт насыщены льдом. Деятельный слой повсеместно очень небольшой, обычно не превышает 40—65 см. Близкое залегание мерзлоты предопределяет интенсивность мерзлотных процессов (солифлюкция, пучение, термокарст), особенно под воздействием антропогенного фактора. Сейчас пока еще трудно сказать определенно — деградирует мерзлота в исследуемом районе или нет. Наблюдения, проведенные на месте древней Мангазеи, показывают, что в условиях плохого дренажа мерзлота, как правило, достигает глубины 40—70 см. Однако нельзя утверждать, что за период, прошедший со времени гибели Мангазеи, т. е. за последние 300 лет, условия были неблагоприятны для образования мерзлоты.

В болотно-озерном комплексе большинство озер находится в стадии угасания. В отличие от озер лесного комплекса вода в них имеет еще более кислую реакцию: pH 5,8—6,1, окисляемость 7—10 мг/л O₂. По запасу питательных солей озера близки к лесным. Фитопланктона очень мало, а биомасса составляет всего 0,002—0,41 мг/л. Фотосинтез неинтенсивен, биотический баланс водной толщи отрицателен.

В болотно-озерном комплексе на недренированных водораздельных

равнинах господствуют верховые, отчасти переходные болота, большей частью плоскобугристые и мелко-кочковатые с преобладанием сфагновых мхов, кукушкина льна и лишайников. По мочажинам меж бугров — сфагновый покров с клюквой четырехлепестной, осокой топяной. Часто можно встретить ёрники, единичные деревья приурочены к торфяным буграм; лучше всего на мерзлотных буграх пучения развивается кедр, встречается также лиственница, ель. В районе строившейся в свое время железной дороги Салехард — Шарья («Мертвая дорога»), к востоку от пос. Долгий, встречаются крупнобугристо-мочажинные комплексные болота. Высота торфяных бугров здесь примерно 3—5 м. Наночвенный покров на 50—60% состоит из лишайников, а 30—40% поверхности бугров — это голые пятна грунта.

Велики запасы морошки (до 12 кг ягоды с 1 га). Большие площади занимают зимние пастбища для оленей, однако продуктивность их невысокая. Но вот для мелиорации озерно-болотный комплекс представляет широкое поле деятельности. Как показали наблюдения, уничтожение мохового покрова и усиление дренажа приведут к повышению температуры почвенного покрова, улучшению условий его аэрации. А если учитывать, что намечается и естественная тенденция к сокращению озерно-болотного комплекса, то мелиорация даст здесь весьма положительные результаты.



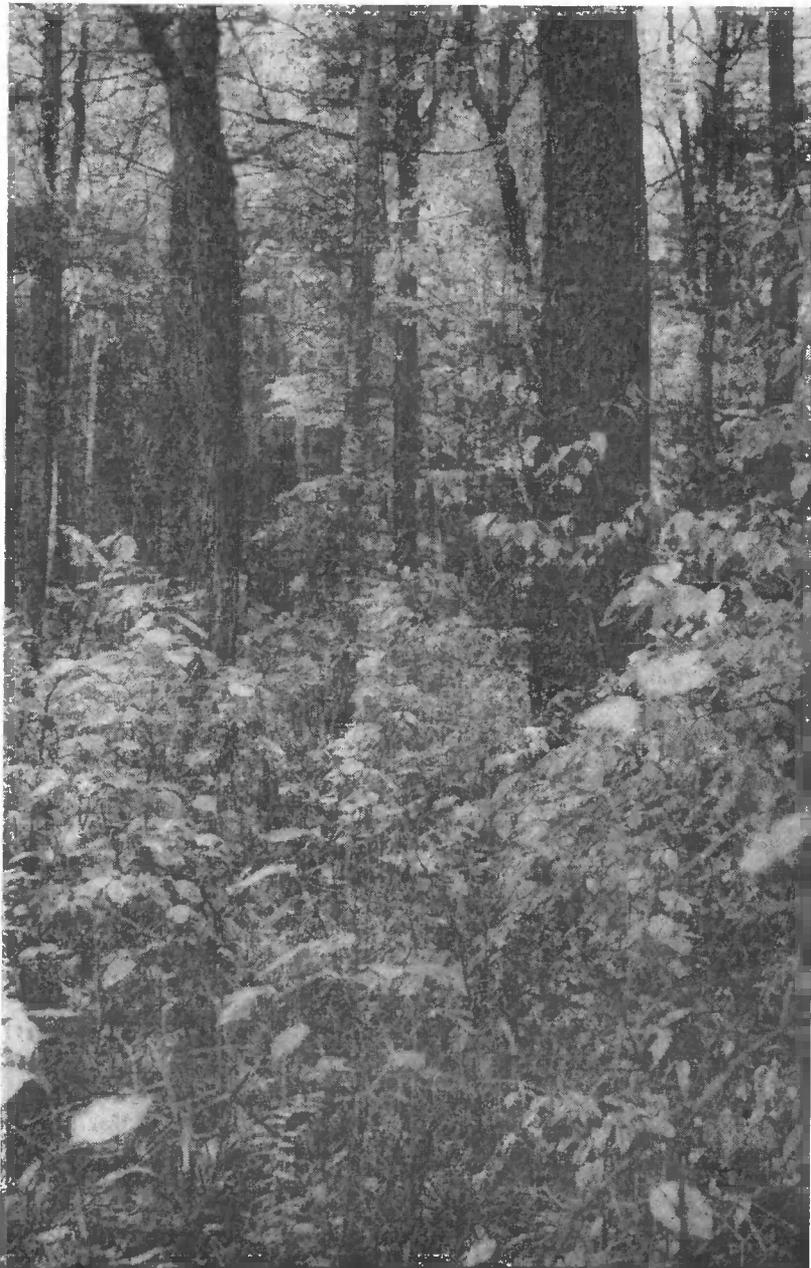
Таким образом, изучение динамики процессов в бассейне р. Таз позволяет даже сейчас наметить наиболее рациональные пути использования местной природы. И, кроме того, познание этих процессов важно для учета воздействия человека на природу в районах, где многие восстановительные процессы протекают крайне медленно.

Географы получили первые сведения об этом интересном районе большого будущего. Исследования продолжают...

ЗАМЕЧАТЕЛЬНАЯ РЕКА ПРИАМУРЬЯ

Ф. Р. Шильмарк

*Кандидат биологических наук
Хабаровск*



Южная часть Дальнего Востока, поражающая разнообразием и богатством флоры и фауны, эндемиками и реликтами, удивительным сочетанием растительности и животного мира севера и юга, давно уже привлекает пристальное внимание ученых разных специальностей. О необходимости охраны уникальных лесов одного из районов этой части Советского Союза, об организации там заповедника рассказывается в публикуемой статье.

Ильмово-ясеневый лес с примесью аянской ели и белокорой пихты. В подлеске — жимолость Максимовича, элеутерококки, свидина белая

Из пяти крупных рек западных склонов Сихотэ-Алиня самая северная — Хунгари, впадающая в Амур на широте 50-й параллели, всего в 60 км выше Комсомольска.

В недалеком прошлом долина Хунгари служила одним из основных путей для переходов из бассейна Амура к побережью Тихого океана. Тем не менее эта река, особенно ее верховья, долгое время оставалась слабо исследованной. Зимой 1909—1910 гг. во время труднейшего зимнего перехода на лыжах от побережья Татарского пролива к Амуру здесь едва не погибли В. К. Арсеньев и двое его спутников.

Ныне в этих краях произошли большие перемены. По верховьям Хунгари, вдоль ее притока Верхней Удоми, через перевал им. Грум-Гржимайло, известный также под названием Кузнецовского, к среднему течению р. Тумнин прошла железная дорога Комсомольск — Советская Гавань. Пассажирский поезд, каждый вечер отходящий от ст. Пивань, уже через два часа вырывается из окружения сопок к берегу красивой стремительной реки, протекающей под самым полотном. Большая железнодорожная станция Хунгари расположена, быть может, на том самом месте, где Арсеньев мечтал встретить хотя бы следы случайного охотника...

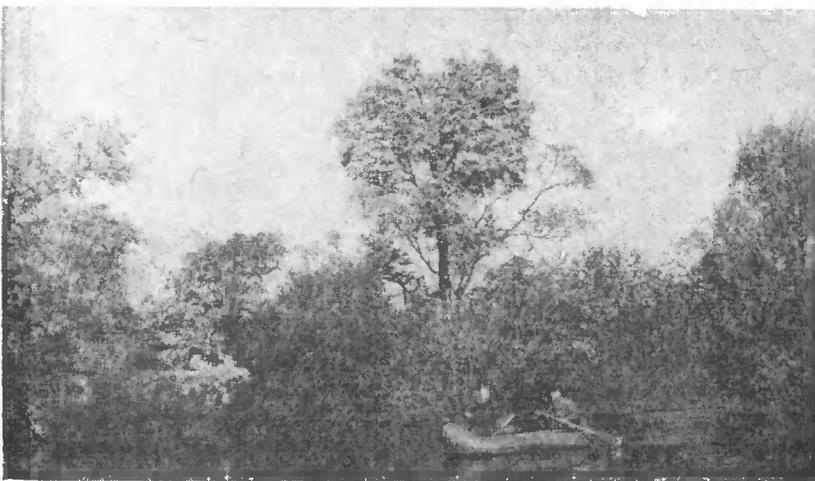
Хотя Хунгари и стала ближе, нельзя сказать, что все ее участки легко доступны. На протяжении двухсот километров по реке от станции Хунгари до ее устья нет ни одного населенного пункта. Плавание по Хунгари сопряжено с очень большими трудностями. Сотрудники Комсомольского заповедника, проводящие наблюдения в лесах бассейна Хунга-



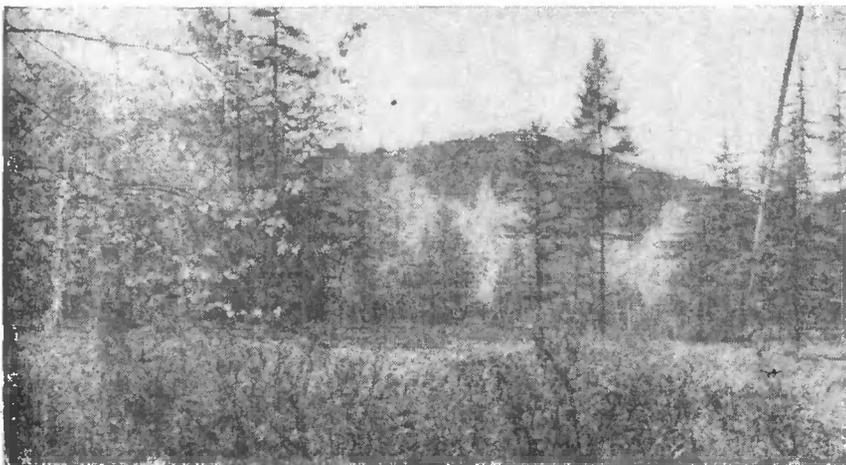
Вторичный широколиственный лес в долине Нижней Хунгари. На переднем плане — папоротники



Ледоход на реке Хунгари



Участки Хунгарийской экспедиции 1965 г. на одной из проток Хунгари в нижнем течении



Редкостойный лиственный лес с густым пологом из подбелого багульника

ри, обычно пользуются для спуска по этой реке резиновыми лодками. Можно сказать, что коварство Хунгари на уступает свирепости енисейских порогов.

Верховья Хунгари теряются в горах среднего Сихотэ-Алиня. Могучие горные ельники сменяются на гольцах непроходимыми зарослями кедрового стланика. Обширные и угрюмые леса кажутся совершенно безжизненными: лишь изредка можно видеть здесь следы кабарги и слышать крики вездесущих кедровок. Во время похода Арсеньева в 1908 г. удэгейцы говорили ему об этих местах: «Мы никогда туда не ходим, там темно, всегда идут дожди, дуют холодные ветры, там царство голода и смерти».

После слияния Гура и Джаура, приняв довольно крупные притоки — Верхнюю и Нижнюю Удоми, Хунгари становится более полноводной, но по характеру своего течения остается горной рекой с быстрыми перекатами, почти непроходимыми для моторных лодок. Высокие сопки подступают к самой реке, заставляя ее делать неожиданные крутые повороты. Проток здесь почти нет, река идет одним руслом. Долина занята преимущественно лиственничными лесами с мощным подлеском из подбелого багульника, который образует сплошные заросли. По низинам господствуют березняки и осинники; иногда к берегу по долинам ручьев подходят ельники. Понемногу состав растительности начинает обогащаться, все чаще попадаются южные представители: зеленокорый клен, долинный ильм, маньчжурский ясень, китайский лимонник.

Постепенно долина Хунгари расширяется, появляются первые крупные заломы из вывороченных рекою деревьев, русло разделяется на протоки, образует острова, поросшие чозениево-ильмовыми и тополево-ясеневыми лесами. Все чаще можно видеть неприметные с виду сероватые стволы амурского бархата.

Там, где вдоль реки прошла железная дорога, сопки обнажены сплошными гаями. Но вот река делает поворот к югу, гари остаются в стороне, а к берегу подходят



↑
Еловый лес, в среднем течении Хунгари.
В подлеске — желтый клен

склоны сопок, покрытых кедрово-широколиственными лесами. Эти леса крайне труднопроходимы из-за сплошного полога кустарниковой формы реликтового гиса, прозрастающего здесь в изобилии.

Далее река дробится на множество крупных и мелких проток. Одна из них под прямым углом выходит к отвесному склону высокой сопки. Кедровый лес с примесью ребристой березы растет, здесь прямо на скалах, прикрытых ковром из ягеля и мхов. Тут настоящее таежное царство: то и дело доносится крики северных пищух — типичных обитателей горной тайги, на тропе видны следы кабарги. А с противоположного берега, поросшего ильмово-ясеневым лесом, доносится стрекотание голубых сорок, над рекой летают широкороты.

Такие удивительные контрасты обычны в среднем и нижнем течении Хунгари. Любуешься гроздьями лимонника или густыми кронами маньчжурского ореха, и вдруг,

Заросли китайского лимонника в низовьях Хунгари →



сразу же за поворотом, начинается обширная лиственничная марь... С подмытого крутого берега прямо к воде свешиваются сфагновые кочки и кусты багульника, и во время стоянки в чай можно добавить не лимонник, а клюкву!

В районе бывшего удэгейского стойбища Таломо богатства природы Хунгари разворачиваются во всей красе. Именно здесь наиболее часто встречаются маньчжурский орех, амурский бархат, китайский лимонник и другие представители амуро-уссурийской флоры. Река на этом участке особенно трудна для плавания: заломы и бесчисленные коряги преграждают путь лодке.

До самых низовий идут красивые, живописные места. Утесы, крутые могучие скалы подходят порою к самому берегу, а на горизонте разворачивается панорама невысоких гор. Очень своеобразны пойменные кедровники с богатым подлеском и травяным покровом. Ближе к устью кедрово-широколиственные леса сменяются березово-лиственничными, появляются гари, а потом тянутся довольно однообразные веиниковые и разнотравные луга. Течение становится тихим, и приходится немало поработать веслами, чтобы выйти к Амуру.

Фауна млекопитающих и птиц бассейна Хунгари, и в частности охотничья, по богатству и разнообразию не уступает растительности этих мест. Сихотэалинская тайга богата соболем, белкой, лосем, бурым медведем, здесь нередки каменный глухарь и дикуша. В широколиственных лесах обитает изюбрь, кабан, колонок, рябчик, а также белка, гималайский и бурый медведи. В долине Хунгари обычны египетская собака, выдра, лось; большой численности достигла акклиматизированная здесь американская норка, которая стала одним из основных объектов промысла.

Исследования, проведенные сотрудниками Комсомольского заповедника, показали, что леса бассейна

Хунгари представляют чрезвычайный научный интерес. Поэтому еще в 1964 г. в районе бывшего стойбища Таломо был заложен стационар для изучения флоры и фауны. Здесь, по водоразделу между рекою Тудур и притоками Хунгари, расположен горный отрог, где выделяются отдельные вершины, достигающие 1000 м над ур. м. Наличие вертикальной зональности обусловило разнообразие растительности.

Верхние склоны гор и водоразделы заняты пихтово-еловой тайгой, а ниже распространены кедрово-широколиственные леса амуро-уссурийского типа с маньчжурским ясенем, горным ильмом, амурским бархатом и необычайно богатым подлеском. Здесь найдены такие южные растения, как маньчжурская липа, папоротник-адиантум, аспарагус, пильчатый плаун и ряд других. Из типичных представителей уссурийской фауны тут обитают голубая сойка, восточный ширококрыл, ширококрылая кукушка, харза, дальневосточный кот. Нами установлено обитание древесной трясогузки, синей мухоловки, короткохвостой камышовки. На Хунгари почти ежегодно наблюдаются заходы тигров, которые ранее обитали здесь постоянно. Имеются данные о былом распространении леопарда, а в 1955 г. Е. П. Спангенбергом был зарегистрирован залет черного дронго.

Проведенные исследования позволяют прийти к выводу, что бассейн среднего и нижнего течения Хунгари — самый северный в правобережном Приамурье район распространения типичного амуро-уссурийского комплекса животных и растений. Большинство из перечисленных видов уже не встречаются по правобережью Амура севернее Хунгари, другие же, проникая дальше на север, не образуют столь характерных биоценозов.

Учитывая богатство и своеобразие местной флоры и фауны, нами было предложено выделить в ниж-

нем течении Хунгари участок для сохранения его в естественном состоянии. Необходимость этого обусловлена прежде всего интенсивными рубками хунгарийских кедровников и созданием здесь ряда новых лесопромхозов. Между тем леса бассейна Хунгари представляют собой уникальное природное явление в масштабах не только Дальнего Востока, но и всей Северной Азии.

Поскольку в недавно организованном Комсомольском заповеднике Сибирского отделения АН СССР совершенно не представлены комплексы амуро-уссурийской флоры и фауны, рекомендовалось организовать на Хунгари филиал этого заповедника. Особое значение это имело бы для рыбного хозяйства, поскольку на Хунгари располагаются одни из лучших в Приамурье нерестилищ лососевых рыб.

Это предложение нашло поддержку и ныне принято. Решением Хабаровского крайисполкома от 23 июня 1966 г. Комсомольскому заповеднику передан участок на Хунгари площадью в 2 тыс. га. Сюда вошел отрезок реки в районе протока Су-Су, в 30 км выше б. стойбища Таломо, где хорошо представлена пойменная растительность и — отчасти — прилегающие кедрово-широколиственные леса. Однако размеры участка и его расположение не вполне отвечают необходимым требованиям. Учитывая важное значение такого заповедника не только для научных целей, но и для рыбного, охотничьего и лесного хозяйства Дальнего Востока, необходимо увеличить охранную территорию. Целесообразно включить в площадь заповедника труднодоступные для лесозаготовки сопки Ходжар и Наули, чтобы были представлены различные лесные ландшафты. Только в этом случае размеры заповедника будут отвечать его назначению и охраняемые мероприятия дадут реальный практический результат.

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ГОЛЬФСТРИМ?

Профессор А. Д. Добровольский

Такой вопрос рассматривался в одном из номеров журнала «Польское обозрение» (1967, № 1) в заметке Пшемислава Куцевича. В ней говорится, что профессор Гданьского политехнического института Юзеф Карвовский высказывает сомнения в достоверности современной картины океанских течений, и в частности Гольфстрима. Пшемислав Куцевич пишет: «Еще в 1930 году французский ученый Вайо усомнился в точности общепринятых взглядов на природу Гольфстрима». Далее П. Куцевич излагает критическую точку зрения на существующие представления об океанских течениях профессора Ю. Карвовского. Оказывается, главным основанием для сомнений Карвовского служат принятые в настоящее время методы измерений. Все они, по его мнению, имеют одну общую ошибку: не учитывают влияния волновых движений в воде. Далее приводятся соображения о ненадежности современных методов определения течений. Перечисляются и уже устаревшие методы, и некоторые из новых (поплавки разных видов, дрейф судов, красящие вещества, радиоактивные изотопы, геомагнитный измеритель течений — ГЭК или ЭМИТ). Но ничего не сказано о заякоренных буйках и самописцах течений, которыми преимущественно и работают в последние годы. Ничего не говорится о возможностях теоретических исследований, о расчете течений косвенными методами. А это весьма могучие средства.

Теория сейчас уже позволяет вычислять течения по распределению плотности воды (для этого нужно знать только ее темпера-

туру и соленость) или по полю ветра над океаном. Такие вычисления, основанные на всем накопленном до наших дней материале, показали, что современные карты достаточно хорошо отражают реальную среднюю картину течений в Мировом океане. Новые наблюдения не противоречат прежним представлениям об океанских течениях, а лишь обнаруживают новые подробности. Задача науки наших дней состоит в уточнении отдельных участков циркуляции вод и в выяснении изменчивости течений во времени. Для этого проводится много специальных экспедиций различными государствами и международными организациями. В частности, экспедиции с многосуточными наблюдениями при помощи буйковых якорных станций проводились в экваториальной полосе Атлантического океана, в Индийском океане, в районе Гольфстрима и т. д.

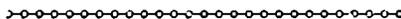
Библиография по конкретным сведениям о течениях и картам (от отдельных заливов или других малых частей океана до целых океанов) огромна. Эта библиография содержит тысячи статей, которые подкрепляют сложившиеся представления о течениях. Однако нельзя не признать, что некоторые сомнения в установленной системе взглядов все же существовали. И в заметке Куцевича об этом упоминается: «Недавно появились голоса, выражающие сомнения в благотворности воздействия этого течения на климат Западной Европы. Все чаще выражаются сомнения, все ожесточеннее спорят ученые». Однако говорить здесь о «спорах» — значит сильно преувеличить суть дела. Речь может идти лишь

о разном подходе к решению задачи, в оценке точности и достоверности наблюдений.

Здесь можно ограничиться только одной библиографической ссылкой на книгу, которая очень широко охватывает всю проблему течений в теоретическом аспекте. Это книга Стомела, одного из крупных современных океанологов. Его книга «Гольфстрим (физическое и динамическое описание)» издана в Лондоне в 1960 г., а ее русский перевод появился в 1963 г. Ознакомления с ней вполне достаточно, чтобы убедиться в правоте существующих карт течений, и в особенности — в реальности существования Гольфстрима. Правда, Стомел рассматривает его вовсе не как «реку в океане» — ведь такое представление давно устарело. Он предполагает, что это течение связано с пограничным эффектом взаимодействия тропических и субполярных вод. Этим эффектом главным образом и объясняется сложность формы потока Гольфстрима, его извилистость (меандрирование), изменчивость во времени и т. п.

Итак, нет никаких сомнений, что вопрос «Существует ли Гольфстрим?» — чисто риторический.

В заключение можно только пожалеть, что широкая пресса — в том числе и советская — подхватила эту «сенсацию». На современном этапе развития океанографической науки по меньшей мере странно сомневаться в существовании океанических течений.



ПАПОРОТНИКОВАЯ ФОРМА МОРОЗНОГО УЗОРА



Известно несколько десятков различных внешних форм кристаллов сублимационного льда, которые возникают при непосредственном переходе водяного пара в твердое состояние. Часть из этих форм имеет разветвленное строение. Подобные дендриты вырастают при большом пересыщении водяного пара.

На фотографии читателя журнала «Природа» Ю. М. Шапиро (Баку) представлена папоротниковая форма кристаллов морозного узора. Поражает единообразие этого рисунка, как будто отштампованного природой. Между тем в другой день, при изменившихся условиях температуры и пересыщения водяного пара, форма морозного узора будет другой, но повторяющейся многократно, и притом единой, без примеси других форм. Если присмотреться к снежинкам, то окажется, что в данный момент они все имеют почти одинаковую фигуру, иногда очень редкую, которая встречается один раз в несколько лет.

Искусственное выращивание кристаллов льда, осуществленное японским ученым Накайя, показало, при каких именно условиях образуется та или другая фигура кристалла. Быстро растущие дендриты бывают при больших пересыщениях пара и средних значениях температуры воздуха

Профессор А. Д. Заморский

Ленинград



ДЛЯ ЧЕГО МЕЧ-РЫБЕ МЕЧ?

Вопрос о том, для чего служит рыбам надсемейства Xiphiidae вытянутое в виде копья рыло, интересовал мореплавателей с очень давних времен. Как в древних, так и в современных книгах можно найти иллюстрации, изображающие этих рыб во время нападения на акул, тунцов, на лодки, есть сообщения о нападении меч-рыбы даже на кита. В Лондонском музее хранится кусок медной обшивки корабля с застрявшим в нем мечом меч-рыбы.

Последние исследования в области функциональной морфологии дают основание считать, что копьевидная форма рыла у этих рыб, повышая гидродинамические качества тела, служит преимущественно для достижения больших скоростей¹. Более того, те же исследования показали, что меч-рыба, являясь быстрым пловцом океана, не способна быстро свернуть в сторону или остановиться при возникновении на ее пути неожиданной преграды. Именно этим, вероятно, объясняется тот факт, что ни для парусников, ни для марлинов не отмечено такого частого применения меча в «агрессивных» целях, как для меч-рыбы.

Автору настоящей заметки приходилось самому наблюдать за поведением этих рыб, связанным с тем или иным использованием меча.

Первый случай относится к северо-западной части Гвинейского залива и наблюдался с борта судна тунцеловой базы «Солнечный луч» в мае 1965 г. Судно лежало в дрейфе; было это в ночное время, но направленный вниз прожектор освещал воду. В освещенном кругу на поверхности воды собралось много кальмаров и летучих рыб. Небольшая меч-рыба, размером около полутора метров, напала на крупную летучую рыбу, выскочив из неосвещенного пространства. Но сразу схватить свою жертву она не смогла, накрыв концом широкого плоского меча только ее хвост. Летучая рыба делала резкие повороты и броски, стремясь подняться на поверхность для вылета, но конец меча не отрывался от ее хвоста, как приклеенный; при этом меч-рыба на поворотах изгибала свое тело под прямым углом. Постепенно меч накрыл всю летучую рыбу, и она исчезла в пасти хищника. Вся охота заняла не более полминуты.

Во втором случае наблюдения проводились в Тихом океане с борта промыслового бота той же тунцеловой базы в феврале – марте 1965 г., в заливе Теуантепек (Тихий океан, Мексика).

В районе промысла в необычно большом количестве попадались на яруса парусники: почти каждый крючок приносил улов. Так как яру-

са ставились в дневное время, то постоянно можно было видеть, как пойманные парусники на 2–3 м выпрыгивают в воздух. Обычно улов подвешивался к борту довольно легко, так как парусник, сделав несколько кругов на натянутом поводце, в конце концов сдавался, и его вытаскивали на палубу.

Однако не всегда дело обстояло так. Примерно один парусник из ста, после короткого сопротивления, внезапно сам бросался на палубу, что делало работу ловцов очень опасной. Нередко наблюдались случаи, когда парусник, стрелой пролетев над палубой, падал в воду уже с другой стороны борта. Трудно, однако, сказать, были ли это преднамеренные нападения или случайные броски.

Осенью 1966 г. инженер-ихтиолог АтлантНИРО М. В. Калашников наблюдал в Гвинейском заливе подобное же поведение марлинов, попавшихся на крючки яруса. Марлины иногда подолгу не подходили к борту судна, несмотря на все усилия рыбаков, а затем стремительно бросались на него, ударяя своим мечом в борт.

Таким образом, по мнению автора, мечевидный вырост тела у описываемых рыб служит не только для достижения больших скоростей, но и при питании, а возможно также и при защите, по крайней мере тогда, когда эти рыбы попадают на крючок.

В. П. Максимов

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (Калининград)

¹ В. В. Барсуков. Скорость движения рыб. «Природа», 1960, № 3.

ИЗЮБРИ И ИЛЬМЫ

В Дальневосточной тайге нередко можно встретить отдельные деревья и группы ильмов, окоренные (со снятой корой) снизу и до высоты 2—3 м. Свежеокоренные деревья еще продолжают жить, староокоренные, как правило, высыхают.

Это результаты деятельности изюбря — крупного оленя, широко известного благодаря своим пантам (молодым рогам).

Ранней весной, как только сходит снег и начинается активное сокодвижение в деревьях, изюбри принимают поедать кору ильмов. В первый подход они чаще всего объедают лишь часть коры комлевого цилиндра, и дерево еще способно жить несколько лет. При повторном же подходе, в последующие весны, изюбри оголяют всю комлевою часть ствола, и дерево погибает.

Много окоренных ильмов встречено нами в Хехцирском заповеднике (Хабаровский край), в урочище р. Одыр, по южным его склонам. Здесь местами насчитывается 20—30 таких деревьев самых разнообразных диаметров — от 12 до 60 см, но преимущественно 30—40 см. В долинах и на северных склопах ильмы нетронуты.

Изюбри любят также лакомиться корой и побегами аралии маньчжурской, несмотря на то, что она сплошь усеяна острыми шипами (недаром в народе ее называют «чертово дерево»).

Интересно, что изюбри объедают кору ильма и аралии в тот период, когда у них происходит активное отрастание пантов. Этот факт широко известен в народном опыте и подтверждается исследованиями Г. Ф. Бромлея и З. И. Гутникова. Объясняется это тем, что как раз в это время организму изюбря необходимы биологически активные вещества, которые содержатся в коре аралии и, вероятно, в коре ильма.

А. Г. Измоленов

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства (Хабаровск)

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН В КРАСНОМ МОРЕ

Американские экспедиции на судах «Альбатрос» и «Атлантик-II» обнаружили в южной части Красного моря в придонном слое ненормально высокую температуру и соленость. Английские океанологи Сваллоу и Крис (J. C. Swallow and J. Crease, 1965) 11 сентября 1964 г. на 38° в. д. и 21°17' с. ш. провели повторные наблюдения в одной из впадин с глубиной более 2000 м и обнаружили воду с температурой 44° и соленостью 270‰.

Рельеф дна Красного моря крайне сложен: на протяжении нескольких миль перепады глубин доходят до сотен метров. Для отыскания места с аномальной водой был установлен буй и относительно него в радиусе 5 миль проведены промеры эхолотом. Таким образом, были обнаружены две впадины, одна из которых была глубиной в 2200 м и 1,5 мили в ширину. Из этой впадины были взяты пробы с помощью особого устройства (ringer), позволяющего брать воду непосредственно у дна. Были взяты две серии батометров; первая состояла из 12 батометров и охватывала 400-метровую придонную толщу. Температура в 22° наблюдалась до глубины 2000 м, а затем следовало резкое повышение температуры до 40°. Вторая серия проб была предназначена для более детального изучения переходного слоя и взятия большего объема воды для анализов. При измерении температуры выше 35° пользовались термометрами со шкалой 60°. В показаниях этих термометров вводилась поправка на давление. Определения солености проводились электрометрически; в необходимых случаях пробы разбавлялись. Предварительная оценка содержания сульфатов магния, кальция и отношения хлорность/электропроводность не позволяет думать, что это концентрированная морская вода. Дальнейшие химические исследования проводятся в Ливерпульском университете и в Национальном институте океанографии.

Рассматривая происхождение этой воды, ученые считают маловероятным образование ее в результате испарения с поверхности моря в мелководных районах, как это предполагалось ранее.

Более вероятно, что эта вода образовалась вследствие растворения солевых отложений, залегающих на морском дне.

Значительная плотность этого концентрированного раствора препятствует конвективным токам через промежуточный слой и в результате поступления тепла от внутренних частей земли приводит к повышению температуры. Температурный градиент, наблюдаемый в переходном слое (около 0,5° на 10 см), указывает на то, что потеря тепла в направлении к поверхности составляет приблизительно 6 микрокалорий на 1 см²/сек, что сопоставимо с тепловым потоком, идущим через морское дно в районах высокой тектонической активности, таких, как центральная часть Красного моря.

В. Н. Виноградов
Ленинград

ПОЧЕМУ ОНДАТРА ПОЕДАЕТ МОЛЛЮСКОВ

Наблюдения показывают, что на озерах северной части Белоруссии (Свудо, Струсто, Освейское и др.) ондатра с наступлением осени в дополнение к обычному растительному рациону начинает поедать пресноводных моллюсков *Anodonta* и *Unio*, притом в значительных количествах. Исследуя химический состав кормов ондатры на этих озерах, мы обнаружили, что содержание такого жизненно важного микроэлемента, как кобальт, в моллюсках-беззубках в 63 раза выше, чем в тростнике — основном корме зверька.

Есть основания предполагать, что усиленное поедание ондатрой беззубок в холодное время года связано с недостаточным поступлением в организм кобальта и витамина В₁₂, в состав которого входит кобальт. Витамин

V_{12} обнаружен в почве и отложениях ила стоячих водоемов, где его синтез осуществляется при наличии кобальта актиномицетами, синезелеными водорослями и бактериями. Витамин V_{12} быстро удаляется из ила и используется планктоном, бентосом, рыбой и моллюсками. В летнее время года витамин V_{12} с прикорневыми частями растений и водой попадает в организм зверьков. При понижении температуры воды в осенние месяцы синтез витамина V_{12} приостанавливается, слой ила уплотняется и ондатра начинает ощущать потребность в дополнительных источниках кобальта и витамина V_{12} . По-видимому, беззубки в летнее время способны накапливать кобальт в больших количествах и поэтому служат своевременным дополнением к растительной пище ондатры осенью, зимой и весной.

В. В. Васильков

*Кандидат сельскохозяйственных наук
(Минск)*

ПТИЦЫ И ЧЕЛОВЕК НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

В последние годы на Севере Советского Союза бурно развивается промышленность и сельское хозяйство. Все возрастающее развитие производительных сил Севера вызвало большой приток людей, в связи с чем на некогда пустынных просторах Заполярья возникли города и тысячи поселков. Как же влияет интенсивная хозяйственная деятельность людей, осваивающих природные ресурсы Крайнего Севера, на птиц, которых здесь особенно много весной и летом?

Наши почти тридцатилетние наблюдения над реакцией пернатых на хозяйство человека в условиях Заполярья позволяют разделить их на четыре группы: 1 — пользующихся плодами трудов людей и приобретающих признаки синантропизма; 2 — безразлично относящихся к хозяйству людей и не пользующихся благами их трудов, но сохраняющих инстинкт «дома»; 3 — безразлично

относящихся к хозяйству людей и несущих большой урон от хозяйственных коммуникаций и человека; 4 — избегающих хозяйства людей.

К первой группе относятся чайки, поморник, ласточки, вороньих, трясогузки, скворцы, овсянки.

В начале апреля, когда белоснежная пустыня Заполярья еще не тронута признаками тепла, прилетают серые вороны. Избрав гнездовые участки, они регулярно утром и вечером посещают свалки городов и помойки мелких поселений, прилетая сюда за 40—50 км от мест гнездования. Тысячные стаи ворон приходилось наблюдать на свалках около г. Салехарда. Посещение воронами свалок продолжается до второй половины мая, т. е. до интенсивного снеготаяния и вскрытия рек, что совпадает с массовым прилетом птиц. Вместе с кормящимися на свалке воронами можно увидеть и серебристых и других северных чаек. Большое скопление чаек и поморников, особенно длиннохвостых, наблюдается около рыбообрабатывающих заводов, расположенных в тундре, например, в поселках Носовая, Юшино в устье Печоры, Новый порт, Тазовское, на побережье Обской и Тазовской губы. Число кормящихся здесь птиц заметно увеличивается в годы отсутствия в тундре мышевидных грызунов, которые служат им пищей.

Почти одновременно с воронами прилетают в Заполярье пуночки, тысячи их ютятся и находят пропитание в поселениях людей и на проезжих дорогах. В холодные и затяжные весны пуночки держались в Нарьян-Маре до середины мая, т. е. около двух месяцев. С потеплением они улетели на Север.

Вновь образовавшиеся поселения людей в лесной зоне Заполярья привлекают к себе представителей мелких воробьиных, и в особенности белых трясогузок. Например, в только что возникшем в Североенисейской тайге поселке Снежногорске мы наблюдали в августе 1965 г. большое число трясогузок, вылетавших из леса на помойки. На одной яме насчитывалось одновременно до 18 кормящихся птиц.

К первым поселенцам из пернатых во вновь образовавшихся поселках Севера относится домовый воробей. Эту птицу можно встретить в каждом поселении на магистральных реках, несколько северней Полярного круга. Прочно обжились колонии воробьев в таких городах, как Нарьян-Мар, Салехард, Дудинка.

За Полярным кругом, в с. Коткино, расположенном на р. Суле (приток Печоры), с 1955 г. обосновалась колония обыкновенных скворцов. Птицы ежегодно прилетают сюда и поселяются в построенных для них скворечниках.

В Норильске поселились городские ласточки. По мере увеличения числа каменных многоэтажных домов увеличивается и число ласточек, которые вьют гнезда на карнизах. Прилетают ласточки в Норильск в конце июня.

В окрестностях городов Заполярья круглый год можно наблюдать отдельные пары воронов.

Неоднократно приходилось наблюдать, как издавна облюбованные утками и куликами водоемы, оказавшиеся теперь в черте городов, ежегодно заселялись птицами и служили им местами отдыха и кормежек. Около озера, оказавшегося в зоне застройки Салехарда, мы нашли гнездо шилохвосты. Птица вывела здесь птенцов. Здесь же на окраинах мелких болот и озер встречались гнезда круглоносых плавунчиков и турханов.

Безразлично относятся к хозяйственной деятельности людей на Севере представители отряда куриных, в особенности белая куропатка, тетерев, глухарь. Часто в зимнее время приходится наблюдать перелеты стай белой куропатки через города Нарьян-Мар, Салехард и др. Птицы летят низко и нередко разбиваются, налетев на провода. В 1960 г. в Салехарде разбился о провода глухарь. Как на куриных, так и на гусеобразных здесь интенсивно охотятся.

(Такие птицы, как, например, гадары явно сторонятся хозяйства людей.

В. Д. Скворов

Кандидат биологических наук (Норильск)

БЕТЕ — ЛАУРЕАТ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ФИЗИКЕ за 1967 ГОД

ОТКУДА БЕРЕТСЯ
ЛИТИЙ В ЗВЕЗДАХ
ТИПА Т ТЕЛЬЦА?

ДЕСЯТЫЙ СПУТНИК
САТУРНА

РАЗМЕРЫ
МАРНИТОСФЕРЫ

ТРЕХМЕРНЫЙ
МИКРОСКОП

КОСМИЧЕСКИЙ
ПЕРЕВОРОТ?

К АБСОЛЮТНОМУ
НУЛЮ

СТРОЕНИЕ НЕДР ЛУНЫ

ДОБЫЧА НЕФТИ
И ГАЗА В СССР

КОМПЛЕКСНОЕ
ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ

ВОДОЕМЫ
В ОПАСНОСТИ

«САМОСБОРКА»
МЕМБРАННЫХ

СТРУКТУР
БАКТЕРИОФАГА

ПОВЕДЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137
В ОРГАНИЗМЕ

ГИББЕРЕЛЛИИ
И ЛУЧЕВОЕ

ПОРАЖЕНИЕ РАСТЕ-
НИЙ

ГЕМОГЛОБИН БОБОВЫХ

БАЛТЫШСКИЕ
ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ

МАГНИТОКАРДИОГРА-
ФИЯ

БАТИТОЛ

ПЕРВАЯ ЗООГЕО-
ГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА
КУБЫ

ХИМИЧЕСКИЙ
ПРЕПАРАТ ПРОТИВ
ХЛОРОЗА

УДОБРЕНИЕ ЛУГОВ
СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

КУРГАН СИЛБЭРИ
ХИЛЛ

БЕТЕ — ЛАУРЕАТ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ФИЗИКЕ ЗА 1967 ГОД



Нобелевская премия по физике в 1967 г. присуждена известному физико-теоретику Гансу Бете. Он родился в 1906 г., эмигрировал из Германии в США, где состоит профессором Корнельского университета (штат Нью-Йорк). Ему принадлежит большое число фундаментальных работ по различным разделам теоретической физики. Из них следует особенно отметить открытие источников энергии Солнца и звезд. Важность этого открытия трудно переоценить. В общем энергетическом балансе Вселенной основную роль играет именно энергия, излучаемая звездами, так же как у нас на Земле — энергия, получаемая от Солнца. В рамках классической физики происхождение этой энергии было совершенно необъяснимым. Великие физики XIX в. Кельвин и Гельмгольц пришли к выводу, что единственный с тогдашней точки зрения мыслимый источник — гравитационное сжатие — мог бы обеспечивать выделение энергии Солнцем лишь в течение 30 миллионов лет. Но уже тогда было ясно, а теперь совершенно точно известно, что наша Земля существует и получает энергию от Солнца в течение несравненно более длительного времени. Новая физика XX века — теория относительности и физика атомного ядра — открыла принципиально новые возможности отыскания источников энергии. Знаменитая формула Эйнштейна $E = Mc^2$ указывает на колоссальные запасы энергии, скрытой в недрах вещества. Но оставалась важнейшая задача — найти конкретные пути реализации этой энергии. Первые предположения на этот счет имели самый фантастический характер. Так, Эддингтон и Джинс высказывали гипотезу, что в недрах звезд протоны аннигилируют с электронами и освобождается вся энергия, отвечающая их массе по формуле Эйнштейна. Эта гипотеза не имела ни теоретических, ни экспериментальных оснований. Теперь мы знаем, что подобный процесс абсолютно не возможен. В нем сохраняется только электрический заряд, но нарушаются неизбежные законы сохранения барионного и лептонного зарядов. Ан-

нигилировать могут только частицы и античастицы, а протон и электрон таковыми не являются.

В 1938—1939 гг. были опубликованы две, ставшие ныне классическими, работы Бете (одна из них совместно с Критчфилдом). Загадка энергии звезд получила в этих работах блестящее и глубоко обоснованное решение. Опираясь на данные теоретической и экспериментальной ядерной физики, Бете указал две последовательности ядерных реакций, приводящие в конечном счете к превращению водорода в гелий и могущие реально протекать при температурах, господствующих в центральной зоне обычных звезд. Это — знаменитые водородный цикл (или протон-протонная цепь) и углеродный (или углеродно-азотно-кислородный) цикл. Первый из этих процессов может исходить из чистого водорода. Ядра обычного водорода (протоны) образуют в нем последовательно ядра тяжелого водорода (дейтерия), затем легкого изотопа гелия (гелия-3), который в конце концов превращается в обычный гелий. Во втором процессе катализатором служит углерод. Из него под действием протонов образуется ряд изотопов сначала самого углерода, а затем азота и кислорода. Сочетание процессов захвата протонов и радиоактивного β -распада приводит в конечном счете к регенерации углерода и образованию гелия.

Из этих работ Бете родилась новая отрасль науки — ядерная астрофизика, развивавшие современные представления о внутреннем строении и эволюции звезд, о происхождении химических элементов. Для Солнца и наиболее распространенных классов звезд (астрономы называют их звездами главной последовательности) многочисленные расчеты подтвердили, что основное значение сохраняют именно те две цикла ядерных реакций, которые указал Бете. При этом углеродный цикл остался в своем первоначальном виде. Для последней стадии водородного цикла (превращение гелия-3 в обычный гелий-4) были найдены два дополнительных варианта. Относительная роль каж-

дого из них зависит от температуры и химического состава вещества в центральной зоне звезды.

Дальнейшее развитие этих идей имеет фундаментальное значение для другого важного направления астрономической науки — нейтринной астрофизики. При реакциях водородного и углеродного циклов одним из «побочных продуктов» является самая неуловимая из известных физике частиц — нейтрино. Нейтрино свободно проходят через громадную толщу вещества. В настоящее время подготавливаются эксперименты по улавливанию солнечных нейтрино. Когда эта задача будет решена, наука получит возможность как бы «заглянуть» непосредственно в центральную зону Солнца, определить относительную роль различных вариантов водородного цикла и получить таким образом прямые данные о температуре в центре Солнца.

Мы не можем здесь останавливаться на других работах Бете. Но уже из сказанного видно, какой ценный вклад в науку дал этот замечательный ученый, заслуженно удостоенный высшей международной научной награды.

Профессор

Д. А. Франк-Баменицкий

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК СССР

т. 176, 1967, № 2, стр. 291

ОТКУДА БЕРЕТСЯ ЛИТИЙ В ЗВЕЗДАХ ТИПА Т ТЕЛЬЦА?

Литий принадлежит к числу элементов, которые не могут существовать в недрах звезд: при температурах выше $3 \cdot 10^6$ °К литий быстро исчезает, соединяясь с водородом и образуя гелий. Поэтому наличие лития в атмосфере звезды обычно рассматривается как доказательство принципиальной возможности образования некоторых элементов непосредственно в атмосферах звезд в результате каких-то ядерных процессов. В особенности это относится к звездам типа Т Тельца, в атмосфере которых, как установлено наблюдениями, лития в 50—400 раз больше, чем на Солнце. В настоящее время известно около двух десятков звезд такого типа.

По мнению астрофизика Г. А. Гурзаяна (филиал Бюраканской обсерватории Академии наук Арм. ССР), содержание лития в атмосфере звезд типа Т Тельца на самом деле еще больше. По его расчетам, наряду с нейтральным литием, о котором говорилось выше, необходимо принять во внимание и наличие однократно ионизованных атомов лития. Тогда полное количество атомов лития в атмосферах звезд типа Т Тельца должно быть по крайней мере в 10^4 раз больше, чем на Солнце. При этом важно отметить, что все линии однократно ионизованного лития находятся в области далекого ультрафиолета (мягкий рентген), и поэтому ионизованный литий не может быть обнаружен в звездных спектрах.

Аномальное содержание лития в звездах типа Т Тельца, по мнению Г. А. Гурзаяна, имеет непосредственное отношение к явлению непрерывной эмиссии¹. Ответственные за эмиссию быстрые электроны появляются в атмосферах звезд в результате β -распада изотопа гелия He_3^6 и как продукт распада появляется изотоп лития Li_3^6 . В отличие от типично вспыхивающих звезд, процесс выделения непрерывной эмиссии, а следовательно сам β -распад, у звезд типа Т Тельца носят более или менее постоянный характер, что и приводит к накоплению лития в их атмосферах.

Вывод о высоком содержании лития в звездах типа Т Тельца может приобрести особый интерес в связи с фактом аномально высокого содержания легких элементов, в том числе и лития, в составе космических лучей. Обычно считается, что литий — это фрагмент расщепления тяжелых ядер, происходящего в межзвездной среде при их встрече с протонами. Но это предположение требует наличия весьма значительного количества тяжелых ядер в космических лучах, на 1—2 порядка превышающего их космическую распространенность. Не исключено, однако, что звезды типа Т Тельца и подобные им объекты как раз и служат поставщиками лития для межзвездной среды

¹ См. «Природа», 1967, № 3, стр. 115.

Проверкой выдвинутой гипотезы было бы изучение изотопного состава лития в космических лучах. Ее подтверждением будет превышение Li^6 над Li^7 , т. е. регистрация соотношения, противоположного тому, что мы наблюдаем на Солнце и звездах.



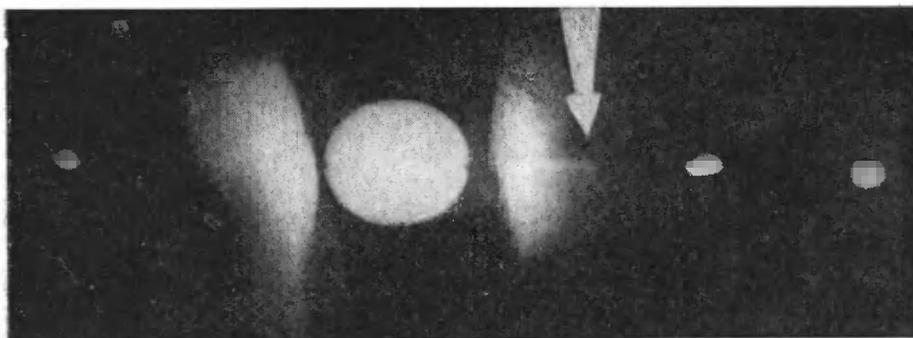
1967, № 9, стр. 136—137 (США)

ДЕСЯТЫЙ СПУТНИК САТУРНА

Французский астроном О. Дольфус из Парижской обсерватории начиная с 1948 г. изучал движения спутников и колец Сатурна. Незначительные возмущения в поведении системы колец наводили на мысль о существовании десятого спутника Сатурна. Так, тщательные микрофотометрические измерения, проведенные в 1954 по 1962 гг. в Пик-дю-Миди (Франция), позволили уточнить чередование и положение разреженных («темных») зон в кольцах и обнаружить новые зоны, которые нельзя было объяснить влиянием известных спутников по классической теории сатурновых колец Д. Кирквуда и П. Ловелла. Возникло предположение о существовании какого-то спутника, расположенного очень близко к внешнему краю колец.

Однако обнаружить новое небесное тело долго не удавалось даже с помощью телескопов в Пик-дю-Миди и в Макдональдской обсерватории (США), так как требовалось редкое совпадение исключительных атмосферных условий и удобное для наблюдений расположение искомого спутника, самого Сатурна и его колец.

Благоприятный случай представился в 1966 г., когда в апреле, октябре и декабре Земля трижды пересекла плоскость колец. Кольца в этот момент становились почти невидимыми, и отраженный от них свет не слишком мешал астрономам. В октябре-ноябре О. Дольфус проводил наблюдения на ряде советских обсерваторий, но поскольку визуальный поиск при апертурах до 70 см не дал результата, ученый заключил, что неизвестный



Янус был обнаружен на этой фотографии. Небо вблизи Сатурна кажется темнее из-за палиция фильтра в фокальной плоскости телескопа. В отраженных отблесках справа и слева видны кольца как узкие яркие полоски. Стрелка указывает на Янус, который лежит очень близко к правому (восточному) краю кольца. На этой же фотографии видны четыре известных спутника. Слева находится Диона, справа — Эпиметей, перекрывается Мимасом, еще правее — Титан.

спутник должен быть не ярче 13 величины и для его обнаружения надо использовать методы селективной и бездифракционной фотографии с достаточной экспозицией.

15 декабря 1966 г. на новом 107-сантиметровом рефлекторе (фокусное расстояние 15 м) обсерватории Пик-дю-Миди, расположенной на высоте 2800 м в Пиринеях, были получены три фотопластинки, на которых в плоскости колец и у самого их восточного края явно видно очень бледное светлое пятнышко. Сразу же по измеренному радиусу орбиты, составившему 157 500 км, был определен по третьему закону Кеплера предполагаемый период обращения нового спутника Сатурна — 18 час. В последующие дни, 16 и 17 декабря, как и ожидалось, этот спутник был зафиксирован к западу от Сатурна точно в предсказанных пунктах.

Согласно традиции, новому спутнику было присвоено название Янус по имени одного из греко-римских богов, имевших отношение к богу Сатурну. По оценке О. Дольфюса, диаметр Януса около 350 км. Поскольку при плотности около 1 г/см^3 любой спутник Сатурна в такой близости к планете должен разрушиться под действием приливных сил, надо признать, что плотность Януса меньше 0,7. Это соответствует гипотезе Дж. Койпера о том, что спутники Сатурна представляют собой большие ледяные глыбы. Таким образом, Янус расположен совсем рядом с пределом, за которым он должен разорваться и своими обломками стать частью знаменитых колец.

Происхождение Януса, его место в эволюции Солнечной системы и причины, почему он вращается так близко к кольцам, — все это пока остается неясным.



т. 91, 1967, № 18, стр. 427
(США)

РАЗМЕРЫ МАГНИТОСФЕРЫ

В Вашингтоне состоялась конференция Американского геофизического общества, на которой сотрудники Годдардовского центра космических полетов Норман Ф. Несс и Леонард Ф. Берлага сделали сообщение о своих работах в области изучения магнитосферы Земли и солнечного ветра. По их измерениям длина сигарообразного «хвоста» магнитосферы, простирающегося вслед за Землей по направлению солнечного ветра, составляет около 5,6 млн км. Эта оценка основана на данных, полученных космическим аппаратом «Пионер-7». Ветер обтекает область магнитосферы со всех сторон. Расстояние от поверхности Земли до границы магнитосферы достигает на подсолнечной (дневной) стороне примерно 64 тыс. км. Другие космические аппараты провели поперечные разрезы магнитосферы, дающие основание считать, что ее диаметр в районе орбиты Луны составляет примерно 260 тыс. км.

APPLIED PHYSICS LETTERS

т. 10, 1967, № 6, стр. 239
(США)

ТРЕХМЕРНЫЙ МИКРОСКОП

В оптическом микроскопе надо тщательно настраивать систему линз, чтобы получить правильное увеличенное изображение какого-либо объекта в сфокусированной плоскости. Объемного изображения в обычном микроскопе добиться нельзя, поскольку, как показал Маквелл в 1890 г., в линейной оптике продольное увеличение не совпадает с поперечным. Однако, если воспользоваться голографией и оптическими нелинейными эффектами, имеющими место в некоторых средах при освещении их когерентным интенсивным лучом лазера, то можно создать трехмерный, или объемный микроскоп (гомоскоп).

В обычной постоянной голограмме правильная запись трехмерного объекта получается фотографированием интерференционной картины, возникающей при освещении объекта когерентным лазерным лучом. Голограмма, после получения и фиксации, может воспроизводиться и наблюдаться при «считывании» ее другим лазерным лучом. Увеличивая голограмму при помощи стандартной системы линз, можно наблюдать правильное трехмерное изображение объекта. Но трехмерное увеличение голограмм осложняется тем, что для образования правильного голограммного изображения нужна высокая точность и большая длина волны считывающего луча.

Как показал Г. Дж. Герристен (Принстон, США), для создания голограммы можно использовать временные голограммы, которые существуют только в период освещения объекта лазерным светом достаточной большой интенсивности. В некоторых средах под действием интенсивного луча света возникают нелинейные эффекты, благодаря которым выявляется и наблюдается голограмма объекта из-за «потемнения» тех областей интерференционной картины, где мощность света велика. Временная голограмма получается, на-

пример, в тонких слюях окрашенно-го криотоцианна.

Довольно сложный процесс увеличения временной голограммы был осуществлен Герристом следующим образом: исходная голограмма объекта, полученная в зеленом свете, считывается лучом пульсирующего инфракрасного лазера вдвое большей длиной волны, так что образуется вторая голограмма. Эта вторая голограмма снова считывается зеленым лучом с первоначальной длиной волны, и получается окончательно увеличенное изображение. Чтобы выполнить последнюю операцию, Герристен использовал другой нелинейный оптический эффект — так называемое «удвоение частоты» в кристалле ниобата лития. Главной проблемой в созданном голокопе является сбалансирование аберраций голограмм и линз, а также удачный выбор нелинейного оптического материала.

что эквивалентно сфере диаметром в 1/3 км. Они предполагают, что столкновение Земли и какого-то другого тела произвело механические или электромагнитные эффекты, достаточные, чтобы нарушить гидродинамические условия и повлиять на магнитное поле Земли.

NAVAL RESEARCH REVIEWS

т. 20, 1967, № 9, стр. 81—82
(США)

К АБСОЛЮТНОМУ НУЛЮ

Недавно американский физик Артур Спор при помощи техники ядерного размагничивания понизил температуру медной проволоки до значения менее одной миллионной доли градуса Кельвина, что намного, если брать относительно, холоднее прежнего рекорда в $1,3 \cdot 10^{-6}$ °К. Артур Спор рассматривает свою установку как предварительную ступень в создании сверхнизкотемпературной лаборатории, предназначенной для изучения межъядерных сил, эффектов ориентированных ядер и других явлений в неизведанной области непосредственно около абсолютного нуля.

Как же шло охлаждение медной проволоки до таких предельных температур?

В аппарате две части — «электронная» и «ядерная». «Электронная» содержит парамагнитную соль, окруженную жидким гелием и охлаждаемому стандартным магнитным методом¹ от 1 до 0,002°К. «Ядерная» часть связана с электронной теплопроводящей медной проволокой. Мощное магнитное поле, приложенное к ядерной части, генерирует в ней тепло, которое на первом этапе эксперимента передается через проволоку в более холодную электронную часть. В какой-то момент связь между обеими частями аппарата разрывается, а магнитное поле в центральном «ядерном» образце скачком уменьшается до нуля. В результате так называемого магнитокалорического эффекта происходит резкое охлаждение медной проволоки в «ядерной» части. Достижимая здесь температура зависит от начальной температуры образца, интенсивности начального магнитного поля и свойств межъядерных сил. Благодаря применению парамагнитной соли, обеспечивающей более низкую



Артур Спор рядом с установкой, в которой была достигнута температура, близкая к абсолютному нулю

температуру охлаждения, и в три раза более мощного магнита, чем ранее, Артур Спор и смог установить свой рекорд.

URANIA

1967, № 5
(ПОЛЬША)

СТРОЕНИЕ НЕДР ЛУНЫ

В дискуссии о строении недр Луны, помимо астрономов, участвуют химики, физики, метеорологи, биологи, геологи, геофизики. Очень простую модель Луны предложил видный югославский ученый С. Мохоровичич, выделивший наружную селеносферу глубиной до 400 км и внутреннюю до глубины 1340 км. По химическому составу и строению наружная сфера Луны аналогична силикатной оболочке Земли (литосфере) и обладает плотностью 2,75. Внутренняя сфера соответствует силе Земли (силикатная оболочка, залегающая под силем) и достигает плотности 4,4.

Другую модель предложил польский ученый Г. Квиринг. Под симпатической селеносферой, по его мнению, развита пироксеновая сфера, богатая железом, а также алюминием, титаном, натрием. Еще глубже расположена дунитовая сфера. Ядро Луны состоит из хортонолитовой сферой, представляющей смесь форстерита и богатого

SCIENTIFIC AMERICAN

т. 216, 1967, № 6, стр. 52
(США)

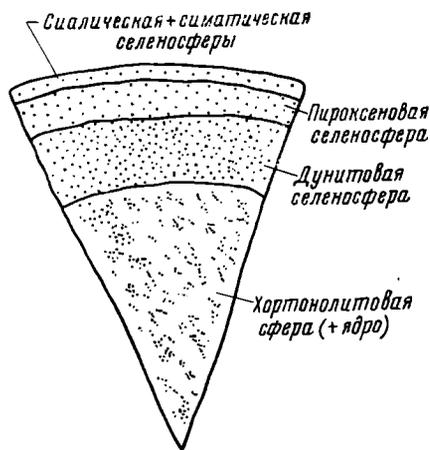
КОСМИЧЕСКИЙ ПЕРЕВОРОТ?

Обнаружение мелких тектитов в глубине отложений на дне океана близ Явы и Австралии рождает предположение, что причиной самого последнего изменения магнитного поля Земли, произошедшего 700 000 лет тому назад, послужило ее столкновение с космическим телом.

Билл Гласс и Брук Хизен из Колумбийского университета в девяти пробах пород, взятых из слоев, в которых произошло изменение магнитного поля, обнаружили характерные стекловидные шарики, по внешнему, представляющие собой продукт столкновения Земли или Луны с каким-то космическим скатальцем.

Эти микротектиты, достигающие всего нескольких сотых дюйма в диаметре, — того же возраста, что и более крупные стекловидные образования, которые составляют пояс, протянувшийся от Тасмании до Таиланда. Отсюда следует, что они, возможно, одного происхождения. До того как стало известно о существовании тектитов, погруженных в море, общий вес тектитного материала в Австралийском поясе оценивался в 1000 т. Хизен и Гласс называют теперь другую цифру — 150 млн. т,

¹ См. «Природа», 1963, № 4, стр. 11; № 5, стр. 13; 1967, № 10, стр. 72.



Модель строения недр Луны

железом фаялита. Таким образом, две наиболее глубоких сферы Луны обогащены минералами группы оливина. Сходные воззрения развивает и известный чехословацкий планетолог Коврад Бенеш.

СОВЕТСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

1967, № 10, стр. 100—123

ДОБЫЧА НЕФТИ И ГАЗА В СССР

За пятидесятилетие в СССР было добыто более 2,5 млрд т нефти. В настоящее время на территории Советского Союза эксплуатируются 390 нефтяных, 180 газонефтяных и 120 газовых месторождений, расположенных в пределах ряда нефтегазоносных провинций и областей, открытых после Великой Октябрьской социалистической революции.

Первое место по добыче нефти занимает РСФСР (59,8% от общесоюзной), на втором месте — союзные республики Закавказья (32,0%), далее следуют союзные республики Средней Азии (4,3%), Украинская и Белорусская ССР (2,4%) и затем Казахская ССР (1,4%). Наибольшее количество нефти извлечено с глубин 1000—3000 м (66,4%), вдвое меньше — с глубин до 1000 м (32,0%); небольшое количество нефти извлечено с 3000—5000 м.

Газовая промышленность Советского Союза родилась в годы Великой Отечественной войны, когда бы-

ли открыты крупные залежи газа в Саратовской области. Затем был открыт ряд газоносных районов с такими крупнейшими месторождениями, как Шебелинское (в Днепровско-Донецкой впадине), Газлинское в Узбекистане, а также месторождения в Ставропольском и Краснодарском краях, в Западной Сибири, Якутской АССР и др.

Наибольший удельный вес по добыче газа занимает РСФСР (50% от общесоюзной), второе место занимает Украинская ССР (36,0%); значительное количество газа добыто также в Азербайджанской (7%) и Узбекской ССР (6,9%).

Общая площадь перспективных на нефть и газ земель в Советском Союзе равна 11,2 млн км² (50% всей территории).

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ

Вопросы глубокого познания природы имеют большое практическое значение в жизни человека при разработке мер повышения продуктивности лесов, полей, водоемов, правильного подхода к эксплуатации любых природных ресурсов, предотвращения нежелательных последствий хозяйственной деятельности человека.

23 октября в Институте географии АН СССР под председательством чл.-корр. АН СССР Е. М. Лавренко состоялась очередное заседание Научного совета АН СССР по проблеме «Комплексное биогеоэкологическое изучение живой природы и научные основы ее рационального освоения и охраны». Материалы докладов наглядно продемонстрировали важность комплексного изучения живой и неживой природы и их взаимодействий.

Акад. А. Б. Жуков на опыте работы Института леса и древесины СО АН СССР показал, что задачи, подлежащие разрешению в научных работах, должны обуславливаться требованиями социалистического хозяйства. Наиболее эффективные результаты в решении проблемных вопросов дают временные объединения сотрудников различных лабораторий. Это позволяет рассматривать проблему комплексно, во всех ее связях. Так, созданная Институтом лаборатория истории лесов Сибири помогает установить научно обоснованные нормы использования лесных ресурсов. Изучение биологии лесов, ослабленных низовыми пожарами, дает возможность выяснить причины их поражения различными вредителями и те источники информации, которые используют первичные и вторичные древесные вредители в распознавании пораженных деревьев. На основе

этих исследований разрабатываются методы борьбы с вредителями лесов. Новый подход к изучению почв позволил установить процессы образования почвенного покрова, участие в этом различных древесных пород, в результате было выяснено, что спектр почв лесов Сибири состоит из 20 различных типов. Не менее важны работы Института по вопросам долгосрочного прогноза массового размножения сибирского шелкопряда, по исследованию листовичных лесов Центральной Якутии, изучению болот и заболоченных пространств, проблеме кедр, борьбе с пожарами горных лесов.

С интересным докладом «Проблемы сравнения биогеоценозов водной и сухопутной сред» выступил чл.-корр. АН СССР Л. А. Зенкевич, отмечавший, что такое сравнение позволяет нам понять существующие в природе взаимосвязи и их происхождение, а также моделировать простейшие биогеоэкологические системы. Это, в свою очередь, служит основой при выработке мер по защите природы от неблагоприятных воздействий антропогенного фактора и охране природы. Проиллюстрировав сходство трофических и других связей жизни на суше и в океане, докладчик указал и на коренные различия в их биоценозах — вода в океане имеет толщину в среднем 4 км, на суше ей соответствует пленка почвенной влаги. Среда существования наложила свой отпечаток на растительные организмы в процессе эволюции: в воздушной среде формируются опорные и транспортные системы; в воде в этом не было необходимости, так как все вещества здесь содержатся в растворенном состоянии. Это, видимо, обусловило то, что водные растения остановились в своем развитии на низшей стадии, главным образом одноклеточных водорослей, обладающих способностью к быстрому размножению: их годовая продуктивность в 500 раз превосходит биомассу. Кроме того, почти все животные организмы, обитающие в Мировом океане, включены в общую систему миграционных перемещений, в силу чего отдельные мелкие биоценозы теряют свои границы, и таким образом возникает единая биогеоэкологическая система — океан.

Проф. Н. А. Гладков в своем докладе, посвященном научной основе охраны природы, подчеркнул важность этой проблемы для всей хозяйственной деятельности человека. Охрана природы — это забота о среде существования человека. Без ее научного обоснования не может развиваться хозяйство любого государства. Поэтому сейчас назрела необходимость разработки вопросов охраны природы в полном их комплексе, а не ведомственно, как де-

далось до последнего времени. Теоретическая разработка охраны природы с учетом развития природных процессов в прошлом и будущем настоятельно требует создания Института общих вопросов охраны природы.

** В. К. Рахилин
Институт географии АН СССР (Москва)*

ВОДОЕМЫ В ОПАСНОСТИ

В сентябре 1967 г. в Таллине состоялась научно-техническая конференция по охране поверхностных и подземных вод от загрязнения. Со всех концов Союза собрались на нее работники водного хозяйства, обеспокоенные тем, что несмотря на ряд правительственных постановлений об охране водоемов от загрязнения и большие затраты на постройку очистных сооружений для сточных промышленных и хозяйственных вод, загрязнение водоемов остается все же весьма значительным, как значительен еще и процент сброса в них неочищенных стоков. Действительно, беспокойство справедливое: от загрязнения воды в водоемах ежегодно гибнет до 1,6 млн ч рыбы и возникает угроза здоровью населения. Быстрое развитие химии создало и такие вещества, от которых еще не найдено методов очистки стоков.

Крайне опасно, когда загрязненные поверхностные воды проникают в подземные водоносные слои, питающие многочисленные ключи и родники для питья. В чистой на вид воде остаются стойкие химические загрязнения и в некоторых случаях даже в мизимальных дозах, но при длительном употреблении такой воды для питья, вызывают тяжелые заболевания. Установить систематический контроль за чистотой воды химическими анализами из каждого колодца или родника весьма трудоемко, но еще труднее обойтись без воды из них. Гораздо проще, выгоднее и разумнее не допускать загрязнения подземных вод, т. е. не допускать загрязнения воды в поверхностных водоемах сбросом в них стоков с вредными химическими веществами. Всем следует помнить, что в случае попадания загрязнений в подземные водоносные слои их оттуда уже не извлечь, а распространятся они незримо по большой территории!

Наиболее ощутимый вред водоемам наносят промышленные стоки (их количество местами составляет до 60—70% всех стоков) и содержат они самые стойкие загрязнения. В то же время со стоками терется много ценного сырья. Только нефтепромыслы Азербайджана в 1966 г. сбросили в воды Каспия до 47 тыс. т нефти!

В некоторых местах водоемы загрязняются ядохимикатами и минеральными удобрениями как по небрежности применения, так и вследствие их смыва с обрабатываемой поверхности дождевыми водами.

Совершенствование очистных сооружений, применение новейших методов очистки стоков, внедрение неводоёмких технологий и введение оборотного и последовательного водоснабжения¹ промышленности — вот что спасет наши водоемы. Необходимо также широко применять естественную биологическую очистку ряда производственных и бытовых сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения, что одновременно с очисткой стоков повысит и плодородие почвы, а водоемы останутся чистыми. Следует ввести качественный и количественный контроль за водопотреблением, установить стоимость и оплату за пользование и потребление водных ресурсов и за сброс сточных вод с дифференциацией по степени загрязнения.

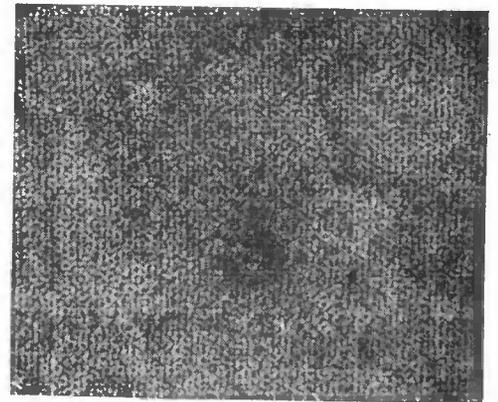
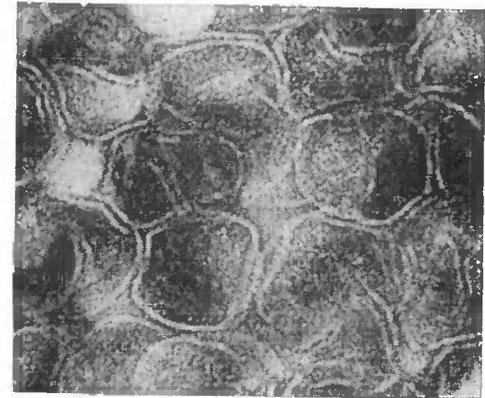
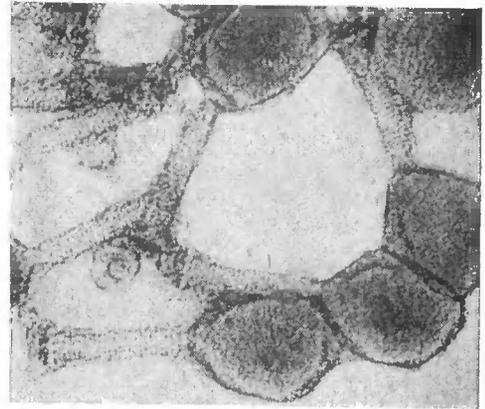
*Н. В. Феденко
Москва*

¹ При оборотном водоснабжении вода, употребляемая в производстве, очищается или охлаждается на этом же предприятии и поступает снова в тот же технологический процесс с добавлением свежей воды только в объеме испарившейся или ушедшей в продукцию. Последовательное водоснабжение состоит в передаче отработанных вод одного промышленного предприятия другому с незначительными затратами (или даже без них) на очистку и охлаждение. Наряду с возможностью многократного использования одной и той же воды в производстве удобно ввести в комплекс предприятия, которые в процессе своей технологии могут использовать загрязненные воды соседних предприятий как сырье.

«САМОБОРКА» МЕМБРАННЫХ СТРУКТУР БАКТЕРИОФАГА

Центральная проблема современной биологии — познание законов индивидуального развития, этого сложного процесса, в результате которого из одной оплодотворенной клетки возникает организм, имеющий строго определенную морфологию и состоящий из большого числа различного типа клеток, взаимодействующих между собой.

Успехи, достигнутые естествознанием за последнее десятилетие в изучении биосинтеза белка и нуклеиновых кислот, их структуры и биологической роли, наследственности и изменчивости, генетического кода, непосредственно связаны с молекулярной биологией — наукой, рассматривающей процессы жизнедеятельности на уровне взаимодействия молекул. Несомненно, что молекулярная биология должна помочь понять принципы строения



Вирусы бактерий (бактериофаги), белковые оболочки которых имеют форму икосаэдра (вверху); белковые оболочки фага в «чистом виде», после отделения других структурных элементов вируса (в середине); искусственно полученная «ткань» в результате процесса самосборки. Упаковка в реконструированной пленке точно такая же, как и у исходной головки бактериофага (внизу). Электронные микрофотографии В. Ф. Поглазова (увелич. 300000 раз).

го процесса формирования строго постоянной для данного организма морфологии, понять силы, способствующие образованию из синтезируемых в клетке молекул уникальных биологических структур

высокоспецифического строения и действия.

Вирусы — удобная экспериментальная система для изучения биологических законов морфогенеза. В 1955 г. американскому ученому Френкель-Конрату удалось осуществить диссоциацию вируса табачной мозаики (ВТМ) на составляющие его части — нуклеиновую кислоту и белок. Молекулы белка, изолированные от нуклеиновой кислоты, оказались способны сами по себе, по принципу «самосборки», выстраивать палочковидные частицы, физико-химические свойства которых неотличимы от исходных частиц ВТМ. Таким образом было выяснено, что в молекулах белка заложена информация формирования вирусной частицы. Позднее во многих лабораториях мира ученым удалось в искусственных условиях воссоздать ряд спиральных палочковидных структур из молекул белка, их составляющих.

У нас в Советском Союзе доктор биологических наук Б. Ф. Поглазов вне бактериальной клетки успешно реконструировал хвостовой чехол бактериофага (вируса бактерий), сложную спиральную палочковидную структуру, которая является простейшим сократительным аппаратом. Успешными были работы и по реконструкции в искусственных условиях различного рода небольших молекулярных агрегатов — ферментов и ферментных систем клетки. Вместе с тем, попытки «самосборки» в условиях *in vitro* более сложно организованных структур мембранного типа оканчивались неудачно.

Совершенно недавно в лаборатории биоорганической химии МГУ Б. Ф. Поглазов и В. В. Месянжников в условиях *in vitro* реконструировали структуру подобного рода. Авторы впервые получили в «чистом виде» белковые мембраны головки бактериофага, диссоциировали их на белковые молекулы, из которых вновь воссоздали плоские, мембранного типа структуры. Совместно с сотрудником Института кристаллографии АН СССР Г. И. Косоуровым авторы исследовали процесс «самосборки» головочного белка бактериофага в мембранные структуры, применив современные физико-химические методы, электронный микроскоп и лазер. В результате выяснилось, что упаковка молекул белка в искусственно получаемых мембранных структурах идентична упаковке в исходных, не диссоциированных головках бактериофага. Более того, углы, образуемые белком по краям реконструированных мембран, оказались точно такими, как и в нативных головках вируса.

На очереди выяснение факторов, влияющих на построение сложной, геометрически правильной, ограниченной и замкнутой структуры — белковой оболочки фага, а также изучение характера сил и связей, способствующих этому высокоспецифическому процессу.

В. В. М е с я н ж и н о в

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

РАДИОБИОЛОГИЯ

т. VII, 1967, вып. 4,
стр. 605—608

ПОВЕДЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В ОРГАНИЗМЕ

Ведет ли себя цезий в организме подобно натрию или калию? Вступает ли он в прочные соединения с биохимическими компонентами тканей или находится в межклеточной жидкости?

В Ленинградском научно-исследовательском институте радиационной гигиены Министерства здравоохранения РСФСР проведены исследования, в результате которых выяснено, что через сутки после введения цезия-137 белым крысам его концентрация в зобной железе в 4, а в почечной ткани в 2,5 раза выше, чем в мышечной ткани. Наименьшую концентрацию его имела ткань головного мозга: в 16 раз ниже, чем в зобной железе, и в 4 раза ниже, чем в мышцах. На третьи сутки во всех тканях, кроме зобной железы, содержание изотопа цезия-137 оказалось ниже, чем в мышцах, и такой характер распределения оставался в течение двух месяцев.

Кроме того, изучалось взаимодействие цезия-137 с различными компонентами крови (плазмой и эритроцитами), а также связь его с биохимическими структурными элементами тканей. Отмечено, что до 5 суток цезий находится в большом количестве в тканевой жидкости и лишь позднее переходит из плазмы в эритроциты. Большая часть цезия, находящегося в мышечной ткани и крови, вероятно и в других тканях, в ранние сроки не вступает в прочные соединения ни с белками, ни с другими биохимическими структурными элементами и быстро выводится из организма. При более длительном его пребывании он начинает включаться в мышечные белки и клеточные элементы крови, что оказывает влияние на удлинение срока его выведения.

ГИББЕРЕЛЛИН И ЛУЧЕВОЕ ПОРАЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Сравнительно недавно гиббереллин нашел широкое применение в растениеводстве как наиболее эффективное вещество, стимулирующее рост растений. Действие этого препарата многообразно: он ускоряет рост растений, что связано с увеличением не только размера клеток, но также и с активацией их деления; усиливает синтез нуклеиновых кислот и белков; ускоряет пробуждение спящих почек, лукович и клубней; повышает активность некоторых ферментов; усиливает интенсивность фотосинтеза и дыхания.

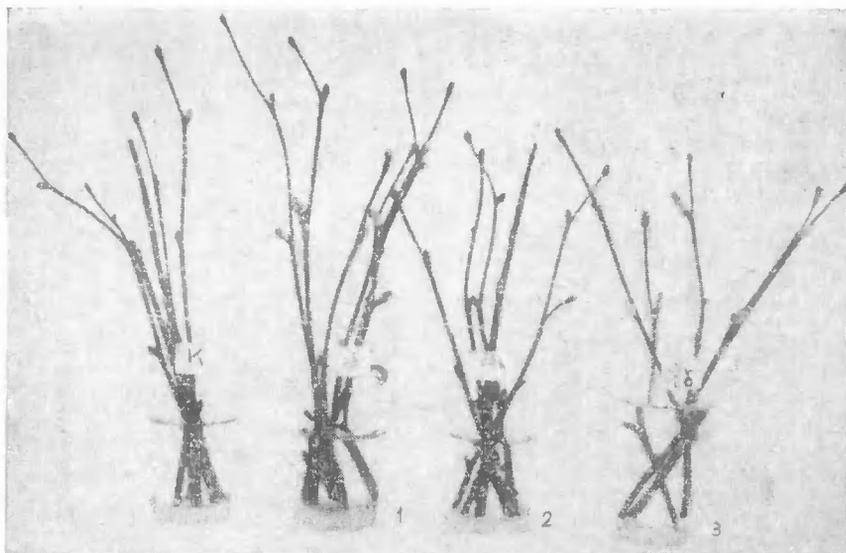
Ионизирующая радиация в высоких дозах угнетает рост растений, что связано не только с изменением обмена веществ, но и угнетением синтеза ростовых веществ. Представлялось интересным проследить действие гиббереллина на облученные растения.

Облучению подвергались воздушно-сухие семена растений, клубни картофеля и ветви со спящими почками древесных. Гиббереллин, как известно, является стимулятором только надземной части растения. Однако, если облученные растения обработать гиббереллином, т. е. восполнить тот недостаток ростовых веществ, синтез которых был нарушен при облучении, то можно уменьшить лучевое поражение растений. У облученных растений этот препарат оказывал стимулирующее действие и на корни.

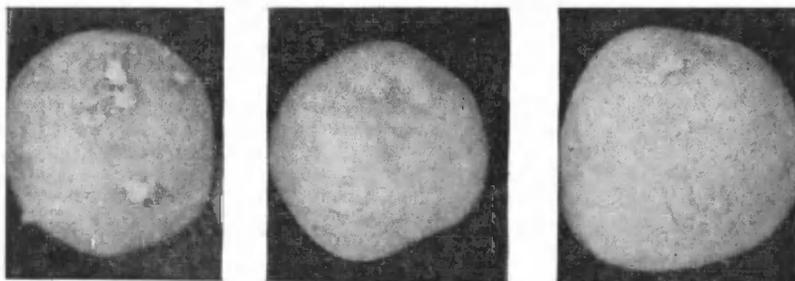
Ранней весной мы облучали ветви тополя и липы γ -лучами Cs^{137} . Через некоторое время на контрольных и обработанных гиббереллином ветвях распустились почки. На ветках, подвергнутых действию ионизирующей радиации, почки не распустились. Если же облученные ветви обрабатывались раствором гиббереллина, то почки на таких ветвях распускались раньше и более интенсивно, чем на контрольных ветках.

Аналогичная картина наблюдалась при облучении клубней картофеля. Пробуждение глазков клубней, облученных γ -лучами, происходило только после обработки их раствором гиббереллина.

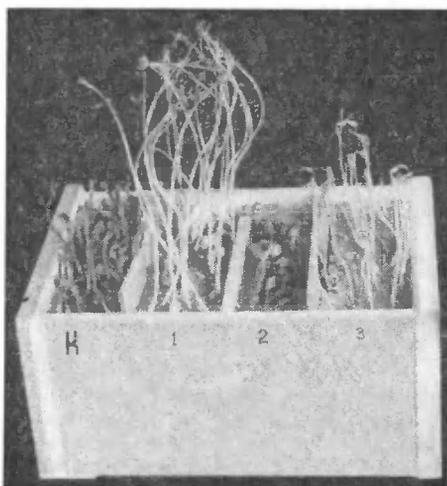
Семена томатов и гороха после облучения также обрабатывались раствором гиббереллина и высаживались в почву. У растений, выращенных из облученных и обработанных гиббереллином семян, наблюдалось более раннее зацветание. Количество плодов и зеленой массы у таких растений было больше, чем на растениях, выращенных из облученных семян, но не обработанных гиббереллином. Бобы гороха, облучен-



Ветви липы, обработанные гиббереллином (1), облученные γ -лучами дозой 25 кр (2) и затем подвергнутые влиянию гиббереллина (3), слева — контроль



Клубень картофеля, подвергнутый облучению (в середине) и после этого обработанный гиббереллином (справа); слева — контроль



Горох, выращенный из обработанных гиббереллином семян (1) и семян, подвергнутых облучению дозой 25 кр (2); горох, выращенный из облученных семян и затем обработанных гиббереллином (3); слева — контроль

ного и обработанного гиббереллином, были значительно полнее, чем плоды на растениях без обработки этим препаратом. Во многих бобах облученного варианта зерна только завязывались, но дальше не развивались.

Таким образом, гиббереллин оказывает стимулирующее действие не только на рост обычных, необлученных растений, но также и благоприятно влияет на растения, выращенные из облученных семян, снижая лучевое повреждение. Это обстоятельство очень важно как для практики сельского хозяйства, так и для познания механизма действия ионизирующей радиации на растения.

Л. М. Крюкова

Кандидат биологических наук

К. К. Мухамбетжанов

Л. Ф. Назарова

Институт биологической физики АН СССР (Москва)

ГЕМОГЛОБИН БОБОВЫХ

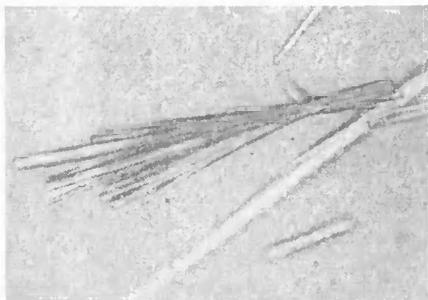
В лаборатории биохимии микроэлементов Института физиологии растений АН СССР им. К. А. Тимирязева под руководством акад. Я. В. Пейве проводятся исследования гемоглобинов (красный водорастворимый железопорфириновый белок) из клубеньков различных бобовых растений — желтого кормового люпина (*Lupinus luteus* L.), кормовых бобов (*Vicia faba* L.) и сои (*Soja hispida* L.). Гемоглобин всегда обнаруживается в активно фиксирующих азот клубеньках. Установлено, что микроэлементы кобальт и медь способствуют поддержанию более высокого уровня гемоглобина в клубеньках этих растений, особенно в фазу формирования зеленых бобов, тем самым продлевается срок активного функционирования клубеньков в процессе азотфиксации.

При сравнительном исследовании гемоглобинов различных бобовых растений обнаружено отличие гемоглобинов и четкая специфичность электрофоретических спектров¹ распределения гемосодержащих компонентов при диск-электрофорезе в полиакриламидном геле². Параллельное электрофоретическое исследование лиофильно³ высушенного препарата гемоглобина крови человека показало в нем меньшее число компонентов, чем в клубеньках бобовых. По-видимому, более сложная структура гемоглобина клубеньков, по сравнению с гемоглобином крови, возник-

¹ Метод изучения белков, основанный на их различной подвижности в электрическом поле.

² Среда, в которой происходит разгон белка в электрическом поле.

³ Высушивание в вакууме при низких температурах порядка -70° .



Кристаллы гемоглобина, выделенные из клубеньков люпина; по форме они похожи на кристаллы гемоглобина из крови лошади

кает в связи с иными функциями, заключающимися в способности присоединять газообразный азот воздуха.

Недавно из клубеньков люпина удалось выделить гемоглобин в кристаллическом виде.

Г. Я. Жизневская

Институт физиологии растений АН СССР (Москва)

Разведка и охрана недр

1967, № 9, стр. 11—15

БАЛТЫШСКИЕ ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ

На Украине открыты новые месторождения горючих сланцев. В Александровском районе Кировоградской области обнаружены глубокие котловины в породах так называемого Украинского щита, сложенного гранитами, гнейсами и другими породами докембрийского возраста (свыше 600 млн лет назад). Диаметр Балтышской котловины 20—25 км, глубина более 500 м. Котловина выполнена рыхлыми осадочными отложениями, в которых на глубине 200—300 м залегают пласты горючих сланцев. По геологическому строению и условиям формирования это месторождение не имеет аналогов в других районах СССР. Общие запасы сланцев ориентировочно составляют 3 млрд т.

По предварительным расчетам, себестоимость добычи горючих сланцев будет ниже стоимости бурых углей Днепровского бассейна. Балтышские сланцы могут эффективно использоваться для сжигания в топках электростанций мощностью 1200—1500 *квт.*

БЮЛЛЕТЕНЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

1967, № 9, стр. 111—118

МАГНИТОКАРДИОГРАФИЯ

Сотрудники Воронежского медицинского института и электрофизической лаборатории Воронежского политехнического института создали аппарат, при помощи которого удалось установить, что наибольшая напряженность магнитного поля сердца человека составляет 10^{-8} величины напряженности магнитного поля Земли.

Магнитное поле сердца человека и животных — величина переменной, возникающая синхронно с его электрической активностью, т. е. имеет пульсирующий характер. Дополняя электрокардиографические исследования, магнитокардиография дает возможность получать информацию о «немых» электрокардиографических зонах миокарда (перегородочная, заднедиафрагмальная области), весьма ценную для диагностики сердечных заболеваний.

МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ

1967, № 9, стр. 50

БАТИТОЛ

Изготовленный в Научно-исследовательском химико-фармацевтическом институте им. С. Орджоникидзе новый препарат — батитол задерживает снижение уровня лейкоцитов в крови и способствует их более быстрому восстановлению. Клинические испытания показали высокую эффективность батитола, что очень важно, так как при рентгенотерапии нередко приходится прерывать лечение из-за значительного уменьшения количества лейкоцитов.

Новый препарат, белый кристаллический порошок без вкуса и запаха, представляет собой октодециловый эфир глицерина (молекулярный вес 344,58). Препарат малотоксичен, назначается большим в виде таблеток, противопоказаний не имеет.

ПЕРВАЯ ЗООГЕОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА КУБЫ

Богатая и экзотическая фауна островов Кубы и Пиноса, несмотря на их посещение многими зоологами прошлого и нынешнего века, с точки зрения зоогеографической оставалась почти такой же terra incognita, как и до Колумба.

В 1967 г. сотрудники институтов географии Академии наук Кубы и СССР провели экспедиционные маршруты общей протяженностью более 15 тыс. км, охватившие территорию этих островов. На заседании Московского филиала Географического общества СССР кандидат биологических наук Д. В. Панфилов рассказал о результатах совместной экспедиции, длившейся с 14 марта по 14 июня 1967 г. В течение этого времени был изучен животный мир в природных и культурных ландшафтах, в том числе приморский комплекс (животные этой группы обитают в мангровых зарослях, а также на песчаных дюнах и скалистых известняковых участках). Выявлен разнообразный состав позвоночных и беспозвоночных приречной прервно-кустарниковой растительности, обследованы гористые участки с влажными тропическими лесами, горными сосняками и листопадными лесами. И, конечно, постоянно приходилось иметь дело с различными саваннными группировками животных, обитающих в культурных ландшафтах Кубы и Пиноса (пастбища, пахотные земли).

Во время всех этих исследований выявлены такие характерные для тропиков Западного полушария представители животного мира, как кокабри, пеллканы, фламинго, тропические дятлы и кукушки, попуга, древесные ящерицы анолисы, крокодилы, разнообразнейшие лягушки — от мелких древесных до огромных лягушек-быков, затем замечательные бабочки и стрекозы, пауки-птицееды, крупные скорпионы и оригинальные жугоногие. Исключительно богат и разнообразен состав наземных моллюсков в самых разных ландшафтах Кубы и Пиноса.

В ходе работ проводились экологические наблюдения и учеты численности животных. Оказалось, например, что в мангровых зарослях наиболее обильны наземные крабы — в среднем их общая биомасса составляет почти 400 кг на каждом гектаре. В галерейных зарослях вдоль рек особенно много муравьев и термитов — по 30—40 кг на каждом гектаре. В сырых же горных лесах первое место занимают такие скрытно живущие беспозвоночные, как кивсяки и дождевые черви.

Для пастбищ и других культурных лавдшафтов особенно характерны белые цапли, вылавливающие около скота мух, навозных жуков и других насекомых.

За время экспедиции составлена зоогеографическая карта, которая будет опубликована в подготавливаемом к изданию Национальном атласе Кубы.

Международный сельскохозяйственный журнал

1967, № 4, стр. 102—103

ХИМИЧЕСКИЙ ПРЕПАРАТ ПРОТИВ ХЛОРОЗА

В Венгрии группа сотрудников Научно-исследовательского института виноградарства удалось решить проблемы, касающиеся заболелания растений от недостатка железа. В известковых почвах растворимые соли железа превращаются в нерастворимые, недоступные для растений соединения. При отсутствии иона железа, катализирующего синтез хлорофилла, синтез задерживается, листья плодовых деревьев и виноградной лозы желтеют, растения перестают плодоносить и в скором времени погибают. Борьба с известковым хлорозом — проблема давняя и серьезная в плодоводстве и виноградарстве.

Венгерские ученые создали новый химический препарат — хлорофоз-3, который вносится в почву с органическими и минеральными удобрениями. После одной обработки симптомы заболелания исчезают на продолжительное время или предупреждается появление хлороза.

Для оздоровления желтеющего не плодоносящего куста привитого винограда необходимо 100 г хлорофоза-3. Сухой препарат вносят в почву осенью по бороздам; водным раствором обрабатывают корнеобитаемый слой почвы. Хлорофоз дал хорошие результаты и в насаждениях яблони сорта Джонатан.

BIUJETYN
NAUKOWO-TECHNICZNY

1967, № 303 (Польша)

УДОБРЕНИЕ ЛУГОВ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Польские исследователи, провели опыты по использованию городских сточных вод и сточных вод про-

мышленных пищевых предприятий для полива сенокосных угодий, установили, что при этом значительно повышается сбор сена. Так, на опытных лугах в Кампаце (Вроцлавское воеводство) его урожай поднялся на 50%. Содержащиеся в этих водах азот, фосфор, кальций и другие элементы, необходимые для растений, благоприятно влияют на их развитие. Сравнивалась эффективность удобрения лугов сточными водами и искусственными удобрениями и оказалось, что при внесении искусственных удобрений урожай сена составлял 45 ц/га, а при поливе сточными водами (до 250 мм в год) — 100 ц/га, при норме их 500 мм в год — до 136 ц/га.

Опыты показали, что полив лугов можно проводить в течение всего года; рациональная среднегодовая норма полива для глинистых почв — 300 мм, для песчаных — до 800 мм. Поскольку вегетация трав ускоряется по крайней мере на неделю, при поливе лугов этими водами косить сено можно 3 или даже 4 раза в год.

New Scientist

т. 35, 1967, № 563, стр. 596—597 (Англия)

КУРГАН СИЛБЭРИ ХИЛЛ

Тайны встречаются везде и не только на окраинах цивилизации, но и в самом ее сердце. Так, в нескольких километрах к западу от английского города Мальборо возвышается 40-метровый холм Силбэри Хилл, считающийся самым большим искусственным доисторическим курганом Западной Европы. Кто и зачем насыпал его?

Древняя римская дорога огибает холм. Значит, раньше, чем в I в нашей эры, этот уникальный курган уже существовал, хотя до нас не дошло никаких легенд, связанных с его происхождением и историей. Первые раскопки его начались в 1776 г., но ничего интересного не дали. В прошлом веке был прорыт тоннель со склона к центру, и такие известные ученые, как археолог Генри Блендфорд, а значительно позже — в 1922 г. египтолог Флиндерс Петри, тщетно пытались обнаружить погребальную камеру. Находки и на этот раз оказались немногочисленными.

В настоящее время проф. Ричард Аткинсон из Кардиффского университетского колледжа после изучения доисторической обсерватории в Стоупхедже, заставившей по-новому взглянуть на уровень культуры древних жителей Британии, обратился к неразгаданной тайне огромного кургана. Прежде всего он подверг радиоуглеродному датированию органические остатки, добытые прежними раскопками. Результат был неожиданным для специалистов — курган, по-видимому, был насыпан между 1000 и 600 гг. до нашей эры.

Весной этого года решено приступить к фундаментальным земляным работам, рассчитанным на три года, чтобы открыть камеру захоронения, которая, по мнению ученых, обязательно должна быть скрыта в недрах холма. Испытания на электропроводность показали, что курган имеет неоднородное строение и поэтому не может быть «просвечен» электрическими токами. Проф. Аткинсон надеется на испытанное орудие археологов — лопату. Навстречу прежнему тоннелю будет прорыт тоннель с противоположного склона холма, чтобы «прорезать» Силбэри Хилл насквозь. Затем намечено произвести геофизические эксперименты и определить наиболее перспективное направление дальнейших раскопок.



Искусственный курган Силбэри Хилл

НАСЛЕДУЮТСЯ ЛИ УСЛОВНЫЕ РЕФЛЕКСЫ?

Уважаемая редакция!

Издательство «Знание» выпустило брошюру К. В. Судакова «Тайны инстинкта» (Москва, 1967). Тема брошюры соприкасается с фронтом современной науки, поэтому вначале читаешь ее с интересом. Но вот автор переходит к вопросу о врожденном и приобретенном в поведении животных и утверждает:

«...у высших животных, кроме механизмов основных влечений, по наследству могут передаваться и те этапы пищевой деятельности, которые из поколения в поколение сопровождают ее... В этом заключается смысл передачи условных рефлексов по наследству и переход их в безусловные реакции». И далее: «... как врожденные механизмы инстинкта могут изменяться при изменении внешней среды, так и приобретенные навыки при определенных условиях могут передаваться по наследству».

У читателя создается впечатление, что автор (кандидат медицинских наук!) совершенно не хочет считаться с современными представлениями о механизмах передачи наследственной информации, о том, что все особенности структуры и поведения организма сформировались в процессе эволюции в результате мутаций и естественного отбора, что возможность передачи по наследству приобретенных признаков отрицается современной генетикой.

Как могла в 1967 г. появиться такая книга, тем более — в издательстве «Знание», которое призвано популяризировать последние достижения науки? Такая популяризация, по-моему, приносит только вред.

Хочется со страниц вашего журнала узнать мнение специалистов по этому поводу.

Д. И. Кабанов

Инженер, постоянный читатель журнала «Природа», Петрозаводск

◆
Вопрос о наследовании условных рефлексов — индивидуальных приспособительных реакций организма, осуществляющихся посредством нервной системы, — частный случай идеи о наследовании любых приобретен-

ных признаков организма. Эта идея — некогда предмет ожесточенных дискуссий — ныне окончательно отвергнута. Все опыты, которые проводились для доказательства наследования приобретенных признаков, при проведении правильно поставленных экспериментов не подтвердились.

В недавно вышедшей книге Мюнтцинга дан обзор достижений генетики и приведена четкая характеристика этого вопроса: «Простейшая теория видообразования связывает возникновение видов с божественными актами творения. Следующее место по простоте занимает идея о том, что изменения в среде непосредственно вызывают изменения организмов, приводя, таким образом, к возникновению новых видов»¹.

Современной наукой накоплено бесчисленное количество доказательств того, что, несмотря на огромную индивидуальную приспособительную изменчивость организма, эволюция тем не менее идет в результате отбора мутаций и рекомбинаций генов.

Однако эти достижения современной генетики до сих пор совершенно игнорируются некоторыми исследователями. С сожалением надо отметить, что среди ряда физиологов еще распространены наивные взгляды на вопросы видообразования, давно отброшенные генетиками-эволюционистами.

Так, в недавно вышедшей брошюре К. В. Судакова «Тайны инстинкта» в категорической форме утверждается существование наследственной передачи условных рефлексов и перехода условных рефлексов в безусловные. Не удивительно, что такое более чем пренебрежительное отношение к достижениям современной науки вызывает протест читателей.

Одним из поводов для распространения среди физиологов представлений о наследовании условных рефлексов могли послужить некоторые высказывания И. П. Павлова по это-

му вопросу, отвергнутые позднее им же самим в широкой прессе.

В 1913 г. в очень осторожной форме И. П. Павлов писал: «Можно принимать, что некоторые из условных вновь образованных рефлексов позднее наследственностью превращаются в безусловные»¹. К тому же периоду относятся его более определенные высказывания по этому же вопросу: «Передаются ли условные рефлексы по наследству? Точных доказательств этому нет, до этого наука еще не дошла. Но надо думать, что при длительном периоде развития прочно выработанные рефлексы могут становиться врожденными»¹.

Дальше эти идеи И. П. Павлова развивались следующим образом. В начале 20-х годов он поручил своему сотруднику Н. П. Студенцову изучить наследование условных рефлексов у мышей. Студенцов на основании предварительно проведенных опытов пришел к выводу, что при выработке условных рефлексов из поколения к поколению происходит ускорение их образования. Об этих опытах Н. П. Студенцова И. П. Павлов рассказал крупнейшим генетикам того времени Н. К. Кольцову и Т. Г. Моргану, которые объяснили И. П. Павлову невероятность результатов, полученных Студенцовым.

И. П. Павлов предпринял проверку этих опытов — они не подтвердились. В связи с этим великий ученый опубликовал свое отношение к этому вопросу в письме, напечатанном в «Правде» (13 мая 1927 г., № 106): «Первоначальные опыты с наследственной передачей условных рефлексов у белых мышей при улучшении методики и при более строгом контроле до сих пор не подтверждаются, так что я не должен причисляться к авторам, стоящим за эту передачу».

В начале тридцатых годов И. П. Павлов создал первую в мире «Лабораторию экспериментальной генетики высшей нервной деятельности», перед зданием которой рядом с памятником Декарту и Сеченову был постав-

¹ А. Мюнтцинг. Генетика. Изд-во «Мир», 1967, стр. 473.

¹ И. П. Павлов. Полн. собр. соч., т. 5. Изд-во АН СССР, 1952, стр. 83.



лен памятник Грегору Менделю. Постоянным консультантом генетических исследований, проводившихся на собаках, И. П. Павлов пригласил выдающегося генетика-невропатолога С. Н. Давиденкова, консультировался он также и с Н. К. Кольцовым.

Через два года после смерти И. П. Павлова автор этих строк был приглашен Л. А. Орбели в качестве консультанта по генетико-физиологической работе, проводившейся на собаках в Колтушах. Мне пришлось принять участие в обработке первого этапа исследований, которые были начаты при жизни И. П. Павлова¹.

В рабочих тетрадях сотрудников, изучавших типы высшей нервной деятельности собак, постоянно встречались пометки, сделанные рукой И. П. Павлова. Вся работа велась в чисто генетическом плане: селекция с инбридингом на разные типологические особенности высшей нервной деятельности. Обработка первоначальных этапов исследований ясно показала эффективность селекции, ведущейся по отдельным особенностям высшей нервной деятельности.

Были ли в то время полностью забыты мыши и возможность передачи индивидуально приобретенных навыков? Нет, в маленькой лаборатории Е. А. Ганике и В. К. Федорова конструировалась автоматическая система для возможности объективного изучения условных рефлексов у мышей. После смерти Е. А. Ганике его ученик В. К. Федоров продолжил изучение вопроса о наследовании индивидуально приобретенного опыта. На основании своих исследований он пришел к выводу, что скорость образования условных рефлексов у мышей не является достаточно тонким критерием для возможности ответа на вопрос о наследовании приобретенных особенностей высшей нервной деятельности².

¹ Первые статьи по генетическим исследованиям высшей нервной деятельности напечатаны в «Трудах Ин-та эволюционной физиологии и патологии высшей нервной деятельности им. акад. И. П. Павлова (Колтуши)», т. I, 1947.

² В. К. Федоров. «Труды Института физиологии им. И. П. Павлова», т. II, 1953.

«Этот факт, — писал он, — дает возможность понять, почему зарубежные биологи, работающие над проблемой наследования приобретенных признаков, получают, как правило, отрицательные результаты: основным критерием в оценке высшей нервной деятельности животных они считают скорость выработки «навыков», т. е. тех же условных двигательных рефлексов. По-видимому, этот критерий не пригоден для решения данной проблемы»¹.

Сам В. К. Федоров, как это видно из начала его статьи, признавал постулат о существовании «...неоспоримых данных, указывающих на то, что внешне факторы, вызывающие изменения у родительских особей, тем самым при определенных условиях вызывают изменения у потомков»². На основании своих исследований он приходит к выводу³, что изменения в нервной системе родительских особей, вызванные функциональной тренировкой подвижности процессов возбуждения и торможения⁴, в известной мере наследуются. Однако эти изменения могут быть обнаружены лишь при использовании более сложных и тонких испытаний, чем выработка обычных условных рефлексов.

Фактический материал, приведенный В. К. Федорова к этому выводу, получен на 336 мышах четырех поколений, одна часть которых — потомки тренированных родителей, другая — контрольных особей. Обнаруженные различия между обеими группами мышей статистически достоверны. Какова дальнейшая судьба этого исследования?

В обзорной статье «Современное состояние генетики поведения»⁵

В. К. Федоров не упоминает об этих своих исследованиях на мышах, однако говорит о том, что крысы различных линий достоверно различаются по степени подвижности нервных процессов, причем эти различия сохраняются в ряде поколений. Кроме того, указывается, что сравнительным анализом уровня подвижности у родителей и их потомков установлено наследование данного свойства нервной системы. От родителей со средней подвижностью нервных процессов были получены потомки трех категорий (высокая, средняя и низкая подвижность нервных процессов), давшие основание В. К. Федорову говорить о «наблюдавшемся расщеплении 1:2:1».

Последующие исследования, выходящие из лаборатории В. К. Федорова, рассматривают наследование степени подвижности нервных систем у крыс с чисто генетических позиций. Сотрудник этой лаборатории В. И. Елкин¹ говорит о гене, определяющем характер подвижности нервных процессов у крыс разных линий. Исследований по вопросу изучения наследования приобретенного опыта в лаборатории В. К. Федорова больше не проводится².

Поучительным примером служат результаты тщательной проверки широко известных опытов Мак-Дугала³ по изучению влияния обучения родителей на скорость образования условных рефлексов у потомков. История этого вопроса детально изложена Робинсоном⁴.

Методика основных опытов Мак-Дугала заключалась в том, что крысы, помещенные в камеру, наполненную водой, обучались вылезать на одну из двух симметрично расположенных платформ. При вылезании из воды на освещенную платформу крыса получала удар электрическим током, что вынуждало ее вылезать на затемненную платформу. Основными критериями обуче-

¹ В. К. Федоров. «Труды Ин-та физиологии им. И. П. Павлова», т. II, 1953, стр. 285.

² Там же, стр. 276.

³ В. К. Федоров. «Труды Ин-та физиологии им. И. П. Павлова», т. V, 1956.

⁴ При многократной переделке у мышей положительных условных рефлексов на отрицательные, и наоборот, происходит усорение последующих переделок (В. К. Федоров. «Физиол. журнал СССР», т. 37, 1951, № 4.)

⁵ В. К. Федоров. «Журн. высшей нервной деятельности», т. 16, 1966, вып. 1.

¹ В. И. Елкин. Генетика, 1967, № 4.

² Письмо В. К. Федорова автору от 5.VII. 1967 г.

³ W. Mc. Dougall. Brit. J. Psychol., v. 17, pp. 267—304, 1927; v. 28, pp. 321—345, 365—395, 1938.

⁴ R. Robinson. Genetics of the Norway Rat. Pergamon Press, 1965.

мости служило время образования условных рефлексов и число ошибок, сделанных крысой в процессе обучения. Было изучено 46 поколений крыс. Для исключения возможности селекции на хорошую обучаемость была поставлена серия, в которой велась обратная селекция на плохую обучаемость.

Фактический материал опытов Мак-Дугала показал, что как скорость образования условных рефлексов, так и число делаемых крысой ошибок имеет ясно выраженную тенденцию к сильной флюктуации от поколения к поколению. Однако общей тенденцией является ускорение образования условных рефлексов от поколения к поколению. На основании своих опытов Мак-Дугал приходит к выводу о наследовании индивидуально приобретенного опыта.

Опыты Мак-Дугала были проведены известным генетиком Кру¹. Были применены все меры для исключения возможности неосознаваемого отбора. Как опытные, так и контрольные (необучавшиеся) линии велись путем строгого инбридинга. Была изучена обучаемость в 18 поколениях крыс. Фактический материал Кру показал наличие значительных отклонений в скорости обучаемости как опытных, так и контрольных крыс. Однако никакого эффекта от обучения родителей на способность потомков к обучению он не обнаружил. Восемнадцатое поколение обеих групп крыс обладало сходной обучаемостью и не отличалось от крыс первой генерации. Тщательный генетический анализ различных особенностей поведения у изучавшихся крыс позволил Кру выявить два типа обучаемости: «быстрый» и «медленный». Оба эти типа поведения, как показал генетический анализ, детерминированы генотипически. Те флюктуации в обучаемости, которые наблюдаются среди изучавшихся поколений крыс, можно объяснить, согласно мнению Кру, изменением соотношения генотипических факторов, лежащих в основе обоих типов обучения.

Основное возражение, сделанное Мак-Дугалом Кру, состоит в том, что подопытные крысы этого исследователя получали меньшее число уроков, чем крысы Мак-Дугала. Для того чтобы приобретенный навык передавался по наследству, он должен, согласно его мнению, быть достаточно упрочненным, чего не было в опытах Кру.

Опыты Мак-Дугала в течение 20 лет проверялись также Эгером и сотрудниками², методика экспери-

¹ F. A. E. Crew., Genet., v. 33, 1936, pp. 61—102.

² W. E. Agar, F. H. Drummond, O. W. Tiegs, J. Exp. Biol., v. 12, 1935, pp. 191—211; W. E. Agar, F. H. Drummond, O. W. Tiegs, M. M. Gunson, J. Exp. Biol., v. 31, 1954, pp. 307—322.

ментов которых была максимально приближена к методике Мак-Дугала. Все крысы, использованные для опытов, происходили от одной единственной пары крыс. Потомки этой пары были разделены на две группы, одни из которых явились предками обучающихся крыс, другие — контрольной группы. Опыты были проведены на 50 поколениях крыс. В обеих линиях продолжался инбридинг.

Результаты проведенных исследований показали, что по скорости обучения и числу делаемых ошибок в процессе выработки навыка как в опытной, так и контрольной группе крыс произошли совершенно сходные изменения. Наблюдались параллельные отклонения в обоих параметрах обучаемости, причем имела тенденция к ускорению выработки изучаемого навыка и уменьшению числа делаемых ошибок. Если бы в экспериментах Эгера отсутствовала контрольная группа, были бы некоторые основания говорить о влиянии тренировок предков на быстроту выработки условных рефлексов у потомков. Однако наличие контрольной группы крыс, в которой в течение 50 поколений инбредного разведения без всякой тренировки произошли совершенно идентичные изменения в формировании изучаемого навыка, делают такой вывод совершенно необоснованным.

Эгером и сотрудниками был проведен ряд тщательных исследований по сравнительно генетическому анализу опытной и контрольной линий на примере морфологических признаков (окраска и вес). Оказалось, что в течение 50 поколений инбридинга обе линии претерпели определенную дивергенцию (расхождение) своих генотипов. Это могло произойти за счет гетерозиготности исходной пары крыс или за счет мутационного процесса, оказавшего свое влияние в течение периода проведения эксперимента. Различия в генной структуре опытной и контрольной групп не имело плейотропного¹ действия на обучаемость.

Таким образом, изучение влияния обучения предков на обучаемость потомков, предпринятое Мак-Дугалом, не подтвердилось в исследованиях Кру и Эгера.

Проведенные исследования весьма показательны. Они лишней раз продемонстрировали, что популяция, в которой приняты максимальные меры для исключения действия отбора, тем не менее претерпевает процессы изменения генотипа, что может служить источником ошибочных выводов о наследовании приобретенных признаков.

¹ Плейотропия — явление одновременного влияния одного наследственного фактора на несколько признаков.

Необходимо остановиться еще на работе А. Б. Когана, изучавшего наследственное закрепление условных рефлексов у беспозвоночных животных. Методически эти опыты проводились следующим образом: подопытная группа дафний содержалась днем на свету в сосуде без корма, а на ночь пересаживалась в затемненный сосуд, в котором находился корм. Ежедневно производилось испытание дафний на свет и темноту. Эти испытания проводились в сосуде, одна половина которого была освещена, а другая затемнена. Из приведенного фактического материала видно, что процент новорожденных дафний, уходящих от света в темноту, от поколения к поколению резко увеличивается; если в первом поколении они составляли только 0,7%, то в 15 поколений — уже 85%.

А. Б. Коган указывает, что для устранения возможности действия отбора были приняты меры, которые сводились к тому, что учитывалась реакция всех находящихся под опытом особей. На основании проведенных опытов делается вывод, что «закрепляющийся на протяжении ряда поколений условный рефлекс стал врожденным, безусловным»¹.

Не сомневаясь в факте, полученном А. Б. Коганом, тем не менее с позиций современной науки никак нельзя согласиться с толкованием, которое дается авторами. Точка зрения А. Б. Когана, без достаточно полного рассмотрения современного состояния вопроса о наследовании условных рефлексов, излагается и в его учебнике². Она может служить источником заблуждений молодых поколений физиологов в вопросе, отвергнутом наукой.

Ошибочное представление о прямом наследственном закреплении ненаследственной приспособительной реакции (модификация) организма особенно легко может создаться при рассмотрении поведенческих актов.

Условные рефлексы, являющиеся замечательным модификационным приспособлением поведения животных к эффекту действия внешних раздражителей, могут создать ложное представление об исключительной роли внешних факторов в их формировании. Однако это далеко не так. Сама способность к формированию условных рефлексов (скорость, прочность и т. д.) находится под ясным контролем генотипа^{3,4}. Поэтому возможность замены ненаследственной изменчивости наслед-

¹ А. Б. Коган, А. П. Семеновых, «Природа», 1955, № 9, стр. 110—111.

² А. Б. Коган, Основы физиологии высшей нервной деятельности, М., 1959.

³ J. Fuller and W. Thompson, Behavior genetics, N. Y. Wiley, 1960.

⁴ Л. В. Крушинский, В кн.: Актуальные вопросы современной генетики. Изд-во МГУ, 1966, стр. 281—301.

ственной под влиянием отбора во всей полноте приложима к поведению.

Эта проблема была в четкой форме поднята и сформулирована еще в конце прошлого столетия известным зоопсихологом Л. Морганом¹ на примере поведенческих реакций. Затем в более общей форме она была детально изучена В. С. Кирпичниковым², Е. И. Лукиным³, И. И. Шмальгаузенем⁴, Г. Ф. Гаузе⁵ и др.

Это направление эволюционно-генетических исследований, в котором разбирается и вопрос о так называемом «наследственном закреплении» условных рефлексов⁶, совершенно не принимается во внимание теми физиологами, которые делают попытки экспериментального доказательства наследования условных рефлексов или результата упражнения нервных клеток.⁴

Совершенно очевидно, что в вышеуказанной работе А. Б. Когана, изучавшего групповое поведение дафний, не могли учитываться ни индивидуальная выживаемость, ни ин-

дивидуальный темп их размножения в зависимости от скорости выработки условных рефлексов отдельных особей на темноту. А наличие индивидуальных различий в адаптивном приспособлении к необычным условиям питания (в темноте) должно, несомненно, отражаться как на выживаемости, так и на темпе размножения. А это неминуемо поведет к селекции. Роль селекции при модификационной изменчивости (а выработка условного рефлекса на темноту является модификационным приспособлением) прекрасно изучена Г. Ф. Гаузе в серии весьма тщательно проведенных экспериментов на беспозвоночных животных.

Большинство сторонников идеи о превращении условных рефлексов в безусловные путем прямой передачи индивидуально приобретенных навыков выдвигает в качестве одного из основных условий для этого необходимость очень большого числа поколений (Коган) и даже геологических эпох (Фролов). Это представление, уводящее от возможности экспериментальной проверки идеи о наследовании индивидуально приобретенных навыков, нам кажется недостаточным серьезным.

В настоящее время прекрасно изучен тот путь, который дает возможность любой популяции животных быстро перестроить как свою морфологию, так и свою функциональную реактивность в соответствии с постоянно изменяющимися условиями внешней среды. Этот путь — отбор тех генотипов, которые наиболее

соответствуют наступившим изменениям в среде.

Если какая-либо модификация (как ненаследственное приспособительное изменение организма к действию внешнего фактора) сохраняется в течение ряда поколений, она будет иметь тенденцию к замещению сходным с нею наследственно обусловленным признаком.

Таким образом, только в самом генетическом аппарате заложен тот механизм, который дает возможность перестройки путем отбора генотипического состава популяции в соответствии с изменениями среды ее обитания. Эта перестройка генотипа популяции под влиянием естественного отбора, совершающаяся на фоне возникших ненаследственных приспособительных реакций к изменившимся условиям среды, может создать иллюзию наследования приобретенных признаков, о которых в современной эволюционно-генетической литературе упоминается только как об анахронизме, представляющем лишь исторический интерес.

Поэтому всякие поиски прямой передачи условных рефлексов по наследству и перехода их в безусловные рефлексы явно будут находиться в полном противоречии с тем колоссальным материалом, который накоплен наукой.

Профессор Л. В. Крушинский

Москва

¹ Л. Морган. Привычка и инстинкт. СПб, 1899.

² В. С. Кирпичников. «Журнал общей биологии», т. II, 1940, № 1.

³ Е. И. Лукин. Дарвинизм и географические закономерности изменения организмов. М.—Л, 1940.

⁴ И. И. Шмальгаузен. Факторы эволюции. М.—Л., 1946.

⁵ Г. Ф. Гаузе. «Журнал общей биологии», т. 2, 1941, № 2.

⁶ Л. В. Крушинский. «Журнал общей биологии», 1944, т. 5, № 5; «Успехи современной биологии», 1948, т. 26, № 2 (5).

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ 1967 ГОДА ПО ХИМИИ

Лауреатами Нобелевской премии за 1967 г. по химии стали три физико-химика — М. Эйген (ФРГ), Р. Г. Норриш и Г. Портер (Англия) за исследование механизма очень быстрых химических реакций, протекающих при нарушении равновесия за счет очень коротких импульсов энергии.

Проф. М. Эйген родился в 1927 г., окончил Кембриджский университет и с 1953 г. работает в Институте Магса Планка. Он специализировался в усовершенствовании метода изучения очень быстрых реакций, происходящих, например, при очень быстрых изменениях температуры. Так, применение сверхсильных электрических полей позволяет получать изменение температуры реакционной смеси в несколько градусов, происхо-

дящее в течение одной миллионной доли секунды. Его работы касаются не только неорганических и простейших органических соединений, но и таких биологически важных веществ, как гемоглобин, ДНК и полифосфаты.

Р. Г. Норриш родился в 1897 г., учился в Кембридже, где и занимался научной работой с 1925 г. В настоящее время он профессор физико-химического отделения Кембриджского университета. Что касается Г. Портера, то судя по серии очень важных работ, опубликованных совместно с Норришом в период с 1949 по 1953 г., — это один из самых блестящих сотрудников проф. Норриша. В настоящее время Портер — профессор Шеффилдского университета. Оба исследователя изучали реакции,

протекающие в чувствительной к свету системе, помещенной в инертный газ, при очень коротком освещении светом с энергией в 2000—4000 дж. В результате такого воздействия происходит настолько значительная концентрация вещества, что основную роль начинают играть процессы взаимодействия между радикалами (молекулы, один из атомов которых обладает свободной валентностью), а не между молекулами и радикалами. За время, меньшее одной десятиллиардной доли секунды, вещество, поглотившее свет, испускает его. По испускаемому свету можно судить о характере протекающих процессов. Серия работ, проведенных в этом направлении, позволила получить очень важные сведения о механизме протекания сверхбыстрых реакций.

ПОЛУВЕКОВОЙ ПУТЬ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ

РАЗВИТИЕ АСТРОНОМИИ В СССР

Серия «Советская наука и техника
за 50 лет»

Изд-во «Наука», 1967, 475 стр.,
ц. 3 р. 63 к.

Характернейшей особенностью астрономии является ее исключительная многогранность. В круг интересов астрономов входят столь разнообразные объекты, как планеты и спутники, дисперсное метеорное вещество, кометы и межзвездная среда, звезды и квазизвезды. Наряду с классическими методами оптической астрономии уже давно стали традиционными в астрономических исследованиях методы физические. При решении небесно-механических проблем астрономы широко привлекают современный математический аппарат и вычислительные средства; изучая метеорную материю, они смыкаются с геохимиками и космохимиками. Вот уже десять лет, как на службу астрономии поставлена ракетно-космическая техника. Естественно, что в повседневной работе, знакомясь то с одним, то с другим аспектом этой многообразной науки, трудно составить цельную картину развития астрономии, по достоинству оценить совокупность творческих достижений специалистов, работающих подчас в очень далеких одна от другой областях. В нашей стране стало доброй традицией среди ученых, встречая общенародные праздники, подводить итоги пройденного пути, намечать перспективы дальнейших исследований.

К пятидесятилетнему юбилею Страны Советов издательство «Наука» выпустило подготовленные Институтом истории естествознания и техники АН СССР совместно с отделением АН СССР серию сборников под общим названием «Советская наука и техника за 50 лет». Среди них увидела свет и книга «Развитие астрономии в СССР».

Юбилейный сборник, авторами которого выступают двадцать три

известных советских астрономов, рисует впечатляющую ретроспективную картину бурного развития отечественной астрономии за годы Советской власти.

Полвека неузнаваемо изменили характер астрономических исследований в нашей стране: увеличилось число обсерваторий и специализированных наблюдательных станций, коренным образом улучшилась инструментальная база, широкий размах приняли теоретические работы, резко возросла подготовка квалифицированных кадров. Успехи современной астрономии, как правило, зависят от объединения усилий значительных коллективов, — Астрономический совет АН СССР планирует и координирует работу всех астрономических учреждений страны. Советская астрономия, преодолев трудности роста в первые годы революции и возместив громадный материальный урон, причиненный ей в период Великой Отечественной войны, внесла достойный вклад в мировую астрономическую науку. Международные связи советских астрономов тесны и плодотворны. Все эти черты советской астрономии нашли свое отражение в очерках, составляющих книгу «Развитие астрономии в СССР».

Привлечение многих ведущих ученых страны обеспечило высокий научный уровень юбилейного сборника. В числе авторов отдельных статей старейшие советские астрономы академики А. А. Михайлов и В. Г. Фесенков, академик АН Таджикской ССР О. В. Добровольский, члены-корреспонденты АН СССР А. Б. Северный и М. С. Зверев, выдающиеся советские астрономы старшего и среднего поколений, а также их смена, молодые астрономы, работам которых еще предстоит свисать себе широкое признание.

Весьма важно, что авторы сборника в большинстве случаев не замыкаются в узких рамках того или иного направления, а стремятся нарисовать возможно более широкую картину каждой области астрономии, вскрыть взаимосвязи с другими областями

исследований. Показателем в этом отношении очерк «Инструменты и приборы». П. В. Щеглов подробно останавливается в нем на строительстве в СССР крупных рефлекторов, которые составляют наблюдательную базу астрофизики, высказывает полные суждения об автоматизации телескопов. Но он не упускает из виду и зачастую гораздо более скромные по размерам астрометрические инструменты, характеризует прогресс в изготовлении вспомогательного оборудования. В результате у читателя создается общее впечатление именно об астрономическом приборостроении в целом, а не только об отдельной — хотя, возможно, и наиболее важной — его отрасли.

Посвященный космологии очерк А. Л. Зельманова очень насыщен, исключительно интересен как по методологической концепции автора, так и по фактическому материалу.

И, тем не менее, сборнику все-таки не хватает завершенности. Ему не хватает, пожалуй, еще одной статьи: той статьи, которая была бы стержнем для всех последующих. Современная астрономия не растворилась в других науках: физике, математике, космохимии. При всем своем разнообразии, при всей многогранности астрономия по-прежнему остается единой наукой, по-прежнему имеет свое индивидуальное неповторимое лицо. Эта мысль в сборнике угадывается, но хотелось бы, чтобы она нашла гораздо более определенное выражение.

Обобщающая вводная глава, вероятно, стимулировала бы и большую соразмерность отдельных частей книги, степень освещения поднимаемых проблем.

К сожалению, не все авторы отдельных статей уделили достаточное внимание перспективам исследований. В юбилейные дни мы подводим итог тех научных достижений, фундамент которых планомерно складывался на протяжении всей полувековой истории советской астрономии. И то, что сделано сегодня, служит фундаментом астрономии бу-



дущего. Естественно, что в каждой из глав юбилейного сборника хотелось бы полнее увидеть грядущее «завтра» советской астрономии, познакомиться с идеями, разработка которых призвана обогатить представления о Вселенной.

Высказанные замечания отнюдь не снижают значительной ценности рецензируемой книги: емкого и строгого освещения важнейших этапов становления советской астрономии. В книге удачно сочетаются изложение принципов и особенностей астрономических исследований, диалектико-материалистического понимания теоретических проблем, достижений советских астрономов и их роли в прогрессе мировой науки. По заслугам отмечена в книге научная и организаторская деятельность

ряда астрономов, чьи имена некоторое время находились в забвении.

Перед авторским коллективом стояла задача не только очень сложная, но и очень ответственная. Оценивая выпущенную книгу, следует констатировать, что эта задача решена с честью.

Необходимо особо отметить высокую полиграфическую культуру издания. Оформлена книга тщательно, со вкусом; ее, что называется, приятно держать в руках.

Юбилейный сборник «Развитие астрономии в СССР» адресован очень широкому кругу читателей. И каждый из них, от начинающего студента до известного ученого, может найти в нем интересные, важные для себя материалы. Думается, что тако-

го рода сборник получит живой отклик не только у астрономов, но и среди представителей самых разнообразных профессий. Ибо в наши дни мало кого не волнуют проблемы, которые искони решаются путем кропотливых астрономических исследований: проблема строения мира и его закономерностей, проблема места человечества во Вселенной.

Книги имеют судьбу. Редакционная коллегия и издательство «Наука» позаботились о том, чтобы судьба юбилейного сборника «Развитие астрономии в СССР» оказалась счастливой.

А. А. Г у р и т е й н
Кандидат физико-математических наук
Москва

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

В. И. Вернадский
БИОСФЕРА

Изд-во «Мысль», 1967, 376 стр.,
ц. 1 руб. 82 коп.

Сейчас, когда наука нашей страны подводит итог большому пути, пройденному ею за 50 лет существования Советского государства, уместно оглянуться назад, вспомнить о корифеях русской, советской научной мысли. Именно так поступила географическая редакция издательства «Мысль», выпустив в свет сборник избранных трудов классика отечественной науки, основателя геохимии, биогеохимии и радиогеохимии, акад. В. И. Вернадского. В этой книге собраны его важнейшие, основополагающие работы в области биогеохимии.

Гениальные идеи В. И. Вернадского о биосфере и ноосфере, об их взаимодействии с планетой, его учение о живом веществе, о роли этого живого вещества в эволюции земной коры и в круговороте химических элементов на Земле сейчас широко внедряются в биологию, геологию, географию, геохимию ландшафта и другие разделы современной науки. Биогеохимические труды В. И. Вер-

надского и выдвинутые им многогранные теоретические положения прошли самую строгую проверку — испытание временем. В наши дни они приобрели актуальное значение в связи с быстрым ростом населения земного шара, в связи с колоссальным развитием хозяйственной деятельности человека, которая глубоко воздействует на природные процессы.

Редактор книги, доктор геолого-минералогических наук А. И. Перельман, в своей вступительной статье справедливо отмечает, что мысль Вернадского намного обогнала время и поэтому он не был понят многими современниками. А. И. Перельман пишет, что создание биогеохимии служит примером не только гениальной мысли, но и замечательным образцом силы духа, ибо годы становления учения о биосфере — это первая мировая и гражданская войны, разруха, голод.

И в суровые годы Великой Отечественной войны мысль Вернадского продолжает напряженно работать. В это время он пишет свою последнюю статью о биосфере, измененной хозяйственной деятельностью человечества: «Несколько слов о ноосфере» (1944 г.). Вот за-

ключительные слова этой статьи: «Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу. Мы вступаем в нее — в новый стихийный геологический процесс — в грозное время, в эпоху разрушительной мировой войны.

Но важен для нас факт, что идеалы нашей демократии идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере».

Обобщив множество данных, накопленных наукой, по-новому осмыслив их, В. И. Вернадский пришел к выводу, что живые организмы — это самая могущественная химическая сила на поверхности земного шара. Он писал: «...все бытие земной коры, по крайней мере 99% по весу массы ее вещества, в своих существенных с геохимической точки зрения чертах обусловлено жизнью». Учение В. И. Вернадского о геологической роли организмов совершило подлинный переворот во многих областях естествознания. Новая трактовка деятельности живых существ Земли, данная им, позволила по-новому взглянуть на такие проблемы, как процессы формирования гидросферы, атмосферы и осадочных

пород. В. И. Вернадский указал на биогенное происхождение гранитов, по-новому осветил образование месторождений многих металлов, аккумуляцию солнечной энергии в земной коре и многое, многое другое.

В книгу «Биосфера» вошли следующие работы В. И. Вернадского: «Биосфера» (очерк первый «Биосфера в космосе» и очерк второй «Область жизни»); статья «Несколько слов о ноосфере»; часть «Очерков геохимии» (первый, второй и пятый очерки), которые рассказывают об истории геохимии, о классификации

и формах нахождения элементов в земной коре, об углеводе и живом веществе земной коры. К сожалению, в книгу не вошел интересный очерк о геосферах и их энергии и такая актуальная в наши дни работа Вернадского, как «Живое вещество в химии моря».

Часть фактического материала в книге обновлена: новые данные приводятся в редакционных сносках и в обстоятельной вступительной статье.

Со дня смерти В. И. Вернадского прошло более 20 лет, но его работы

не только не потеряли своей актуальности, но даже приобрели новое значение во многих областях современной науки. Поэтому переиздание его трудов, уже ставших библиографической редкостью, как нельзя более своевременно, ибо книга «Биосфера» позволит ознакомиться с глубокими идеями великого ученого более широкий круг специалистов разных областей знания.

О. А. Курянова

*Институт медико-биологических проблем
Министерства здравоохранения СССР
(Москва)*

КНИГА ОБ УСПЕХАХ ГЕНЕТИКИ

А. Мюнтцинг ГЕНЕТИКА ОБЩАЯ И ПРИКЛАДНАЯ

Перевод со 2-го английского издания. Под редакцией и с предисловием проф. В. Н. Столетова
Изд-во «Мир», 1967, стр. 610,
ц. 2 р. 78 к.

Вышедший недавно в издательстве «Мир» перевод книги А. Мюнтцинга (профессора генетики и директора Института генетики Лундского университета в Швеции) «Генетика общая и прикладная» представляет собой 2-е издание книги, также в свое время изданной у нас и быстро разошедшейся. Уже сам факт выхода второго издания книги свидетельствует об ее успехе как за границей, так и у нас. Этот успех безусловно вполне заслуженный, книгу А. Мюнтцинга следует признать одной из наиболее удачных книг по генетике, изданных за рубежом в последние годы. Одно из важнейших ее достоинств связано, как мне кажется, с тем, что автору удалось найти совершенно правильные соотношения отдельных разделов генетики.

Надо сказать, что за последние годы многие авторы книг и руководств по генетике находят под сильным гипнозом новейших успехов (действительно крупных) молекулярной генетики и генетики микроорганизмов. И вот, в силу этого гипноза возникает диспропорция в распределении материала, нарушается правильное соотношение разделов науки. Не учитывается и то, что многие представления, основывающиеся на фактах, добытых на микроорганизмах, не могут быть безоговорочно перенесены на высшие формы жизни. Кроме того, увлечение молекулярными аспектами науки зачастую ведет к пренебрежению эволюционным подходом к трактуемым явлениям.

В то же время в других книгах можно заметить обратную тенденцию, излишнюю традиционность в плане построения книги, недооценку

достижений современной молекулярной генетики и генетики микроорганизмов. Первое издание книги А. Мюнтцинга может быть отнесено как раз к этой категории руководств по генетике.

О новом, сильно переработанном и дополненном издании книги А. Мюнтцинга можно с полным основанием сказать, что автору удалось избежать обеих крайностей, о которых шла речь выше, и найти необходимые пропорции в изложении материала «классической» генетики и генетики «молекулярной». По сравнению с предыдущим изданием автор существенно дополнил или обновил прежде всего именно разделы, посвященные молекулярной генетике, ввел новую главу «Связь между нуклеиновыми кислотами и белками. Генетический код».

Однако не остались без изменений и дополнений также главы, посвященные другим вопросам. Как очень важное дополнение хочется упомянуть о введении отдельной главы «Генетика популяций». Приятно заметить, что сам автор в предисловии специально отмечает заслуги советских ученых в этой области исследований.

У рекомендуемой советскому читателю книги А. Мюнтцинга — по сравнению с огромным большинством зарубежных руководств по генетике — есть еще одно крупное достоинство: автор, не ограничиваясь изложением только теоретических проблем генетики, большое внимание уделяет ее связи с практикой сельского хозяйства (животноводства и, в особенности, растениеводства) и с медициной.

Вопросам селекции растений и животных посвящены специальные главы. Эта тесная связь теоретической генетики с практикой селекции понимается автором широко и глубоко. Как совершенно правильно отмечает в предисловии редактор советского издания проф. В. Н. Столетов, «... автор во многих местах

книги неизбежно вторгается в проблемы селекции, а при изложении проблем селекции возвращается к проблемам генетики».

В книге имеются еще два существенно важных нововведения, повышающих ее ценность, в особенности как учебного руководства. Это, во-первых, вопросы, даваемые почти после каждой главы книги. Они носят такой характер, что вполне могут служить хорошим контролем для проверки усвоения проработанных читателем глав. Во-вторых, к книге приложен довольно обширный, хорошо составленный словарь генетических терминов, безусловно облегчающий работу с книгой.

В современном виде книга А. Мюнтцинга «Генетика общая и прикладная» вполне может служить не только для самообразования, но и как учебное руководство в сельскохозяйственных учебных заведениях с растениеводческим направлением. Нельзя не отметить, что автору как крупнейшему цитогенетику-ботанику несравненно лучше удалось разбить и главы, посвященные проблемам генетики и селекции растений. Материалы по животноводству беднее не только потому, что в этой области генетики сделано меньше, но и в силу того, что эта область исследований чужда автору книги.

В заключение хочется отметить хороший перевод книги и неплохое ее оформление. Конечно, как и во всякой книге, можно было бы отметить в ней мелкие погрешности и недостатки, но вряд ли стоит этим заниматься, поскольку все они действительно не имеют существенного значения и не могут снизить общую высокую оценку. Выбор для перевода из богатой зарубежной генетической литературы именно книги А. Мюнтцинга «Генетика общая и прикладная» мне кажется вполне удачным.

В. Н. Сидоров
доктор биологических наук
Москва



О КАЛЕНДАРЕ ПРИРОДЫ

«Вся наша жизнь тесно связана с деятельностью атмосферы, и смело можно сказать, что нет на земном шаре человека, интересы которого так или иначе не зависели бы от состояния погоды», — так начиналась редакционная заметка «Обзор погоды» во втором (февральском) номере журнала «Природа» за 1912 г. С тех пор прошло более пятидесяти лет; далеко вперед продвинулись наука и техника, неизмеримо увеличились возможности человечества воздействовать на природные силы и процессы. Теперь нам вполне по силам регулирование стока и использование энергии гигантских рек, провозка караванов судов через неприступные прежде льды арктических морей, ускорение таяния горных ледников, запуск ракет в космос — на Луну и Венеру. Успешно проведены опыты огромного масштаба по рассеиванию облаков и предупреждению града, с каждым годом увереннее становятся прогнозы погоды, на службу метеорологии поставлены спутники... Но все же, как и десятилетия назад, мы вынуждены признать, что вся наша жизнь тесно связана с деятельностью атмосферы и во многом зависит от особенностей климата и погоды.

Мы живем в условиях сменяющихся времен года, причем особенности сезонов очень различны в разных географических зонах и районах нашей страны и, кроме того, в каждом районе очень изменчивы по годам.

Сроки посева, полива, уборки урожая, покосов, время и условия стрижки овец, перегонов скота с равнин на горные пастбища и обратно — все эти важнейшие этапы сельскохозяйственного производства намечаются с учетом средних многолетних дат появления благоприятных условий, но с обязательными поправками на индивидуальные особенности хода фенологических явлений данного года и сезона.

Журнал «Природа», старейший естественнонаучный популярный журнал нашей страны, с первых же дней своего существования уделял постоянное внимание освещению сезонных и других периодических явлений в живой и неживой природе. Долгие годы в журнале существовал раздел «Метеорологические из-

вестия». В настоящее время анализ погодных условий в разные сезоны основан на новейших достижениях отечественной науки.

В нашей стране более 2000 метеорологических станций проводят агрометеорологические наблюдения: устанавливают даты наступления фаз развития сельскохозяйственных растений, естественных кормовых трав и древесной растительности. Без этих данных невозможно обеспечить агрометеорологическое обслуживание сельского хозяйства. Более 2000 станций — много это или мало? Для нашей огромной страны, конечно, недостаточно. К тому же и сеть этих станций распределена довольно неравномерно, а программа их наблюдений не может охватить всех вопросов. Очень мало станций в субальпийском и альпийском поясах наших горных цепей с их превосходными летними пастбищами и огромными снежными завалами и лавинами зимой. Мало их в зоне тундры, где пасутся огромные стада северных оленей, и в северных подзонах тайги. Метеостанции не могут обеспечить наблюдений за цветением и урожаем диких медоносных растений, за величиной взятка у пчел, за стихийными бедствиями на зимовках водоплавающих дичи, за массовыми размножениями полевых и мышей в пшеничных областях страны и за многим другим. Частично эти проблемы восполняются наблюдениями специальных служб ВАСХНИЛ, государственных заповедников, противоэпидемических станций Минздрава и др. Но очень важным подспорьем в деле развития фенологии и фенологической службы в СССР является бескорыстная помощь сотен фенологов-любителей. Количество их непрерывно увеличивается и бесспорно будет расти в дальнейшем, по мере повышения уровня обучения в средних школах и развития интереса к родной природе.

Не так давно в одном из американских научных журналов было опубликовано описание сильного снежного шторма, прошедшего над несколькими штатами. Сотрудники биологических служб не смогли определить, какое воздействие необычный снегопад оказал на охотничью фауну, но многие сообщения фермеров и охотников отметили гибель от голода целых

стаи куропаток и другой дичи. Подобных примеров можно привести много. Очень часто фенологи-любители оказывают помощь метеорологической службе в накоплении фактов. Поэтому одна из задач «Календаря природы» нашего журнала — объединить деятельность фенологов-любителей, помочь им увеличивать знания и координировать их усилия.

За последние годы за рубежом особенно усилился интерес к изучению воздействия погоды и климата на жизнь растений, животных и самого человека. Сформировались как самостоятельные науки биометеорология и биоклиматология, уже существует международный союз ученых, занятых в этой области, и созываются специальные международные конгрессы. СССР занимает одно из первых мест в мире по количеству и объему выполняемых сельскохозяйственных и медицинских биометеорологических и биоклиматических исследований.

Известно, что некоторые условия погоды болезненно сказываются на людях, страдающих гипертонией. Служба скорой медицинской помощи в некоторых городах (например, в Свердловске) уже учитывает это обстоятельство и пользуется данными местных метеорологов, чтобы, получив заблаговременно сведения о неблагоприятных изменениях погоды, быть в полной готовности помочь людям. Но всем ли медицинским учреждениям известны успехи этого нового прогрессивного содружества врачей и метеорологов?

Журнал «Природа» может содействовать объединению советских биоклиматологов, а также публиковать обзорные материалы, которые обеспечат информацией ученых, работающих над близкими вопросами. Мера эта совершенно необходима, т. к. нередко вопрос идет о спасении жизни людей. Освещать достижения биометеорологии и биоклиматологии в решении практических вопросов также было бы желательно.

По примеру прошлых лет в «Календаре природы» редакция будет стремиться показать как общие закономерности сезонного развития природы, основанные на многолетних рядах наблюдений, так и редкие, единичные явления, которые иногда называют «аномальными».

Изучение многолетних изменений ритма сезонных явлений живой и неживой природы представляет наименее разработанную, но очень важную область фенологии. Существование многолетних, внутривековых и вековых изменений климата, уровней крупных внутренних водоемов, смены древесных пород в смешанных лесах, изменение ледовитости северных морей и др. доказаны для многих стран. Эти изменения вызывают смещение границ распространения ценных наземных и водных животных, увеличение или сокращение численности их популяций, что неизбежно сказывается на успешности

рыболовства, охотничьего промысла, животноводства и пр. Для изучения этих явлений нужны достаточно длительные непрерывные ряды сравнимых наблюдений, а их пока еще очень мало. Чтобы обеспечить непрерывность наблюдений, необходимо «Летопись природы» в заповедниках вести с особой тщательностью, а фенологам-любителям стремиться к тому, чтобы вырастить себе смену помощников, которые продолжат начатое ими дело в той же местности и с той же точностью наблюдений.

«Календарь природы» представляет собой постоянную трибуну для освещения обобщенных результатов

фенологических наблюдений; направление этого отдела удачно сочетает задачи популяризации с освещением научных вопросов. Журнал «Природа» — единственный научно-популярный журнал в СССР, систематически уделяющий место популяризации и освещению достижений фенологии. Будем надеяться, что к прежним авторам «Календаря» примкнут новые наблюдатели-фенологи из отдаленных и малоизученных уголков страны.

Профессор А. Н. Формозов
Москва

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор академик Н. Г. БАСОВ

доктор физико-математических наук Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ (*заместитель главного редактора*); кандидат технических наук А. С. ФЕДОРОВ (*заместитель главного редактора*); академик Б. Л. АСТАУРОВ; академик А. И. БЕРГ; академик А. П. ВИНГРАДОВ; академик Г. М. ФРАНК; член-корреспондент АН СССР Л. А. ЗЕНКЕВИЧ; член-корреспондент АН СССР В. Л. КРЕТОВИЧ; доктор географических наук Л. А. ЧУБУКОВ; доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА; доктор философских наук И. Ф. ОВЧИННИКОВ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Академик А. Е. АРБУЗОВ (*органическая химия*); академик Б. М. КЕДРОВ (*философия естествознания*); академик И. К. КИКОИН (*физика*); академик Н. В. ЦИЦИН (*сельское хозяйство*); член-корреспондент АН СССР Э. А. АСРАТЯН (*физиология*); член-корреспондент АН СССР Б. Н. ДЕЛОНЕ (*математика*); член-корреспондент АН СССР Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ (*микробиология*); член-корреспондент АН СССР В. А. МАГНИЦКИЙ (*геофизика*); член-корреспондент АН СССР Н. И. ПУЖДИН (*биология*); член-корреспондент АН СССР Р. З. САГДЕЕВ (*физика*); член-корреспондент АН СССР А. П. ТЕРЕНТЬЕВ (*органическая химия*); член-корреспондент АН СССР И. И. ТУМАНОВ (*физиология растений*); доктор биологических наук А. Г. БАННИКОВ (*зоология*); доктор физико-математических наук Б. В. КУКАРКИН (*астрономия*); доктор философских наук Г. А. КУРСАНОВ (*философия*); доктор географических наук К. К. МАРКОВ (*география*); доктор биологических наук К. К. ФЛЕРОВ (*палеонтология*); доктор биологических наук А. Н. ФОРМОЗОВ (*экология, зоогеография*).

Ответственный секретарь В. М. ПОЛЬНИН

Художественный редактор И. П. Леонов

Технический редактор Д. И. Скляр

Корректор И. К. Шатуновская

АДРЕС РЕДАКЦИИ: Москва, Ж-127, ул. Осипенко, 52, тел. В 1-76-80

Подписано к печати 18/1-1968 г.

Т-01624

Формат бумаги 84×108¹/₁₆

Печ. л. 8+1 вклейка

Уч.-изд. л. 12,9

Бум. л. 4

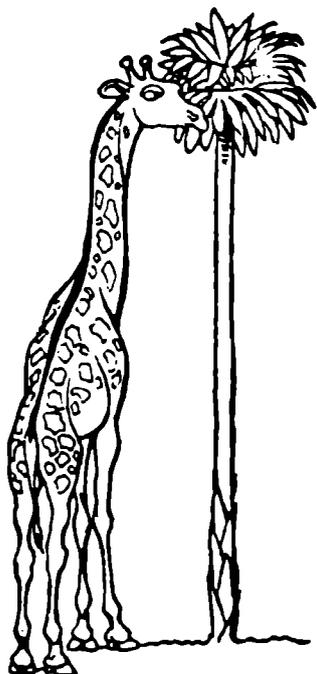
Тираж 44 000 экз.

Заказ 3603

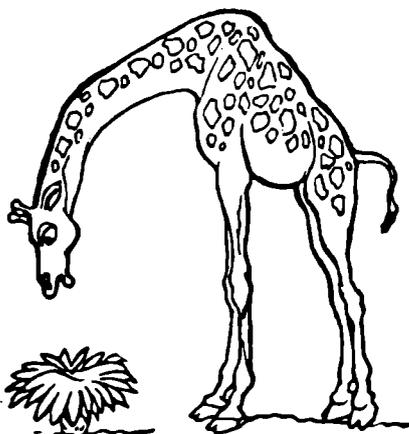
«ЗДРАВЫЙ СМЫСЛ» И АДЕКВАТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

«Здравый смысл», вытекающий из поверхностного наблюдения явлений природы, часто ведет к неверным выводам. Чего стоит, например, пресловутый «здравый смысл», который приводят в защиту концепции ламаркизма об адекватной изменчивости и на который часто ссылаются сторонники идеи о наследовании условных рефлексов, давным-давно показал известный французский карикатурист Каран д'Аш (псевдоним Эммануила Пуаре).

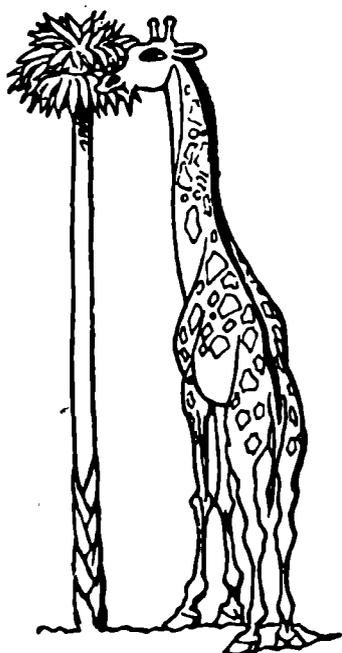
Публикуемые рисунки Каран д'Аша взяты нами из известной книги английского биолога С. Дарлингтона «Правда жизни» (С. D. Darlington. The Facts of Life. London, p. 57).



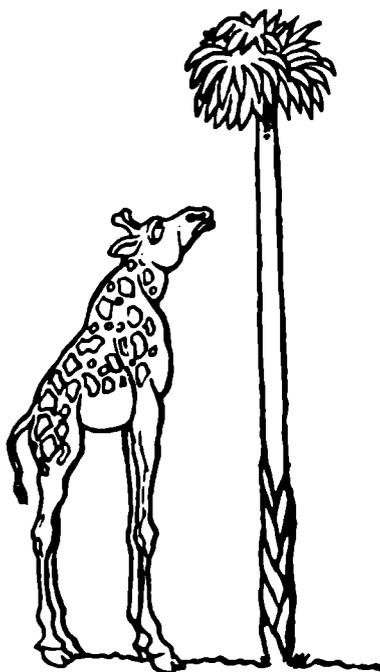
— Скажи-ка, папа, зачем пальмы такие высокие?
— Это для того, чтобы жирафы могли питаться их листвой, дитя мое, ибо . . .



— . . . если пальмы были бы низкими, то жирафы оказались бы в большом затруднении.



— Но тогда, папа, зачем у жирафов такие длинные шеи?
— Ну, разумеется, для того, чтобы они могли питаться пальмами, дитя мое. Ибо, . . .



— . . . окажись у жирафов короткие шеи, они очутились бы в еще большем затруднении.

Цена 50 коп.

Индено 70707

Издательство



„Наука“