

ПРИРОДА

10.71



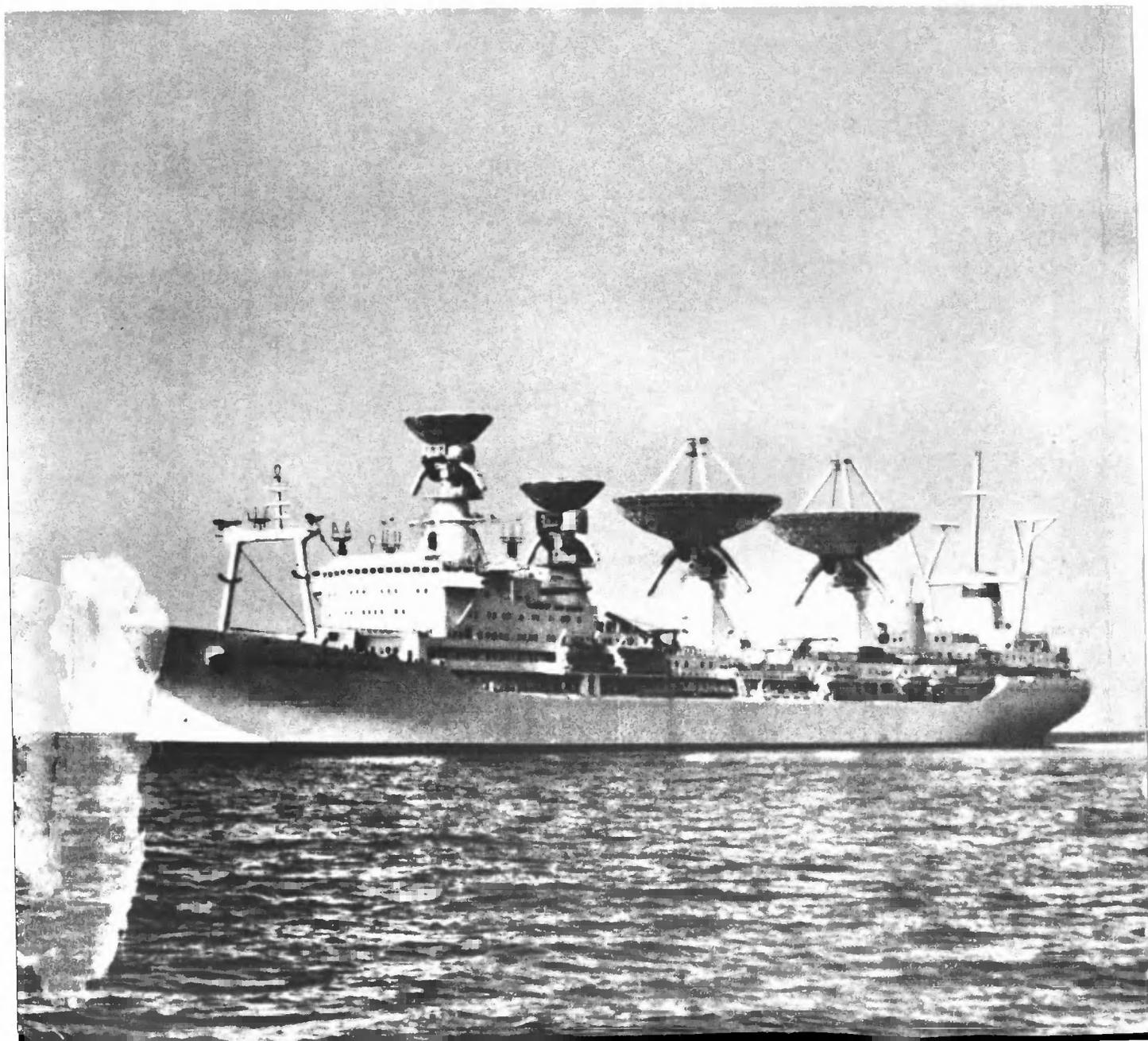
Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

ПРИРОДА

Основан в 1912 году



Издательство
«Наука»
Москва



Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ
Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ
Академик
Б. Л. АСТАУРОВ
Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ
Академик
А. И. БЕРГ
Академик
А. П. ВИНОГРАДОВ
Зам. главного редактора
доктор физико-математических наук
В. М. ГАЛИЦКИЙ
Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ
Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА
Академик
Б. М. КЕДРОВ
Академик
И. К. КИКОИН
Член-корреспондент АН СССР
Н. К. КОЧЕТКОВ
Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ
Доктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРКИН
Доктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВ
Академик
К. К. МАРКОВ
Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ
Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН
Зам. главного редактора
доктор геолого-минералогических наук
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ
Зам. главного редактора
Доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ
Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ
Зам. главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ
Доктор биологических наук
К. Н. ФЛЕРОВ
Академик
Г. М. ФРАНК
Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН
Академик
Н. В. ЦИЦИН
Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ
Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ
Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор Д. И. СКЛЯР.
Корректоры Ю. И. ГЛАЗУНОВА,
Л. А. ЛЕДНИКОВА

Адрес редакции: Москва, Ж-127,
ул. Осипенко, 52, тел. 231-76-80, 231-71-60
Формат бумаги 84X108¹/₁₆
Уч.-изд. л. 17,4. Усл. печ. л. 13,44
Тираж 47 000. Зак. 2673
Подписано к печати 22/IX-1971 г. Т-14465

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

Человек и природа в эпоху научно-технической революции.

**Ф. В. Константинов,
Г. А. Аксененок**

Проблема металлического водорода.

И. М. Халатников

Взаимодействие звеньев в системе «Океан — Атмосфера — Материк».

В. В. Шулейкин

Магнитно-тормозное излучение — новый инструмент исследований.

С. П. Капица.

Пути проникновения в океан.

Г. Л. Зальцман

Биогеоценозы и математическое моделирование.

А. А. Ляпунов

Лазерная локация Луны.

Ю. Л. Кокурин

Радиоэкология гидробионтов.

Г. Г. Поликарпов

Зарядовая симметрия и Вселенная.

Г. Л. Варденга, Э. О. Оконов

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Короткостебельные сорта пшеницы и орошение.

В. Ф. Дорофеев, Р. А. Удачин

Новая ультраосновная вулканическая провинция на Камчатке.

В. К. Ротман, Б. А. Марковский

Как плавают рыбы?

М. Дж. Лайтхилл

О статье М. Дж. Лайтхилла

«Как плавают рыбы?».

В. Н. Яковлев

Олень-мунтжак — модель

для генетических опытов.

Н. Н. Воронцов, Е. А. Ляпунова

ИСТОРИЯ НАУКИ

Энрико Ферми.

Б. Понтекорво

78

2 ОЧЕРКИ

Кулан — обиженный родич лошади.

А. Г. Банников

90

НОВОСТИ НАУКИ

96

КНИГИ

Встреча с новой БСЭ

С. П. Капица,

А. И. Китайгородский,

В. Л. Рыжков,

Ф. К. Величко,

Б. А. Старостин

107—114

Новые книги

77, 116

ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ

Дикие лебеди в Софиевке.

Е. Н. Инщикова

118

Для чего раку-отшельнику нужна актиния?

К. Н. Несис

119

Рогохвост-мореплаватель.

В. М. Ермоленко

119

РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА

120

КАЛЕНДАРЬ ПРИРОДЫ

Лесные заломы на реках Западной Сибири.

М. К. Малик

125

В КОНЦЕ НОМЕРА

Декоративное оформление журнальных статей по органической химии.

Ю. А. Титов

127

На первой странице обложки. Обломок расписного сосуда с изображением леопарда. Поселение Ярым-Тепе II (Ирак), V тысячелетие до н. э. См. заметку «Советская экспедиция в Месопотамию», стр. 105.

На второй странице обложки. Новое научно-исследовательское судно Академии наук СССР «Космонавт Юрий Гагарин». См. стр. 104. Фото ТАСС

На четвертой странице обложки. Новый сорт озимой пшеницы «Аврора». См. статью В. Ф. Дорофеева и Р. А. Удачина «Короткостебельные сорта пшеницы и орошение», стр. 64. Фото Е. Шулепова (ТАСС)

При перепечатке ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.

Человек и природа в эпоху научно-технической революции

Академик Ф. В. Константинов
Член-корреспондент АН СССР Г. А. Аксененко

...Съезд считает необходимым в девятом пятилетии... улучшить санитарное состояние городов и рабочих поселков, усилить охрану природы, рационально использовать природные богатства.

Из Резолюции XXIV съезда КПСС по Отчетному докладу ЦК КПСС.



Федор Васильевич Константинов, академик-секретарь Отделения философии и права АН СССР, председатель Ассоциации содействия ООН в СССР. Разрабатывает проблемы диалектики развития производительных сил и производственных отношений. Автор большого числа монографий и учебников по историческому материализму; ряд его работ посвящен критике буржуазной философии и социологии, а также вопросам взаимоотношения человека и природы.

Бережно относиться к окружающей природной среде

Все в мире развивается через противоречия. Научно-технический прогресс — это величайшее благо, если он служит человеку и человечеству, делу мира и благосостояния народов. Но научно-технический прогресс может иметь и имеет свою обратную сторону, в смысле воздействия на окружающую нас природу, и нередко ведет к нежелательным явлениям, к ухудшению, загрязнению окружающей среды.

Бурно развивающаяся научно-техническая революция намного увеличила возможности рационального и наиболее эффективного использования природных богатств в интересах всего человечества. В то же время с развитием научно-технического прогресса возросла и продолжает возрастать опасность вредного воздействия современной техники на природу.

Сейчас, как никогда раньше, особый смысл и значение приобретают слова Ф. Энгельса, который предупреждал, что не следует слишком обольщаться победами над природой, ибо за каждую такую победу



Георгий Александрович Аксененко, старший научный сотрудник Института государства и права АН СССР. Работает над проблемами советского земельного, колхозного, водного права, а также над правовыми вопросами охраны природы. Автор свыше 100 научных работ по аграрно-правовым проблемам.

природа мстит человеку и он не всегда даже предвидит те близкие и далекие последствия, которые могут наступить¹.

Не останавливаясь детально² на обеднении и загрязнении природной среды — об этом ныне пишет вся мировая печать, — приведем несколько примеров. В США запасы пресной воды из-за ее загрязнения сточными водами и отравления химическими веществами, промышленными отбросами ежегодно сокращаются, в то время как потребность в пресной воде ежегодно намного возрастает. Смог — отравленный и «видимый глазу воздух»³ — подлинное бедствие почти во всех городах США и многих городах Западной Европы и Японии. В Токио загрязненность воздуха достигла такого уровня, что на улицах стали продавать чистый кислород.

Большой вред приносит и загрязнение почвы. Под разного рода промышленные объекты, строительные площадки и другие сооружения отводятся много плодородных земель, необходимых для сельского хозяйства. В связи с этим из года в год сокращается площадь под посевами. Немало земель теряет плодородие в результате водной и ветровой эрозии.

Вследствие недопустимого загрязнения вод и воздуха эмфизема и другие легочные болезни приняли в США массовый характер. Большой вред в городах приносит и шум, который служит одной из важнейших причин расстройства нервной системы и психических заболеваний, особенно среди детей. По заключению американских специалистов, пред-

ставивших доклад мэру Нью-Йорка Д. Линдсею, шум в этом городе достиг такой интенсивности, что представляет угрозу для здоровья горожан.

По сообщению журнала «Ньюсуик», с середины 50-х годов федеральные расходы на очистку вод возросли в США с 1,2 млн долл. до 300 млн; ассигнования на программу предотвращения загрязнения воздуха увеличились с 2,7 млн до 88,7 млн долл. Но все это капля в море, ибо для успешной борьбы с загрязнением среды требуется не менее 20 млрд долл. в год!

«За последнее десятилетие мы израсходовали 35 млрд долл. на исследование космоса, — сетует сенатор-демократ от штата Мэриленд Д. Тайдингс, — и тем не менее не желали потратить даже 4 млрд долл. на борьбу с загрязнением воды». Сенатор от штата Висконсин Г. Нельсон отмечает, что американцы, посылая ракеты на Луну, стоят по колону в сточных водах».

Угроза загрязнения нависла и над морями и океанами. Вследствие аварий танкеров и грубейших нарушений технических правил эксплуатации морских и океанских нефтепромыслов, нефть, попавшая в океан, уничтожила в последние годы богатейшие рыболовные промыслы, нанеся значительный ущерб экономике США, Англии, Франции, ФРГ, Дании, Нидерландов и некоторых других государств. Многие американские ученые обеспокоены сейчас угрозой губительного влияния «нефтяной лихорадки» на флору и фауну северного побережья Аляски.

Возмущение мировой общественности вызвало затопление на дне Атлантического океана контейнеров с нервно-паралитическим газом. Эта акция Пентагона может иметь тяжелые последствия для Мирового океана¹.

По инициативе СССР в феврале 1971 г. подписан Договор о запрещении размещения на дне морей и океанов и в его недрах ядерного оружия и других видов оружия мас-

сового уничтожения, что имеет важное значение для охраны природной среды.

Проблема, волнующая всех

В буржуазной литературе всю проблему взаимоотношений человека и природы сводят, как правило, только к человеку как какой-то абстрактной личности, находящейся вне общества, вне классов, сознательно умалчивая, что эта проблема имеет социальный характер, что история природы и история людей находятся в постоянной взаимосвязи и взаимодействуют друг на друга.

Капитализм за несколько столетий своего существования, и особенно в XX в., показал свое хищническое отношение как к людям труда, так и к природе.

Современный монополистический капитал, уже не довольствуясь эксплуатацией природных богатств своих стран, стремится превратить в объект эксплуатации весь земной шар. Империалистические государства осуществляют захват естественных ресурсов на территориях других государств, с более дешевой рабочей силой, заставляя «свое» государство идти на всякого рода махинации и авантюры. Примером этому могут служить агрессивные войны в странах Индокитая, арабских странах Ближнего Востока, богатых нефтью и другими природными ресурсами. Примером этому является и борьба, которая ведется империалистами в африканских странах (как находящихся пока еще в колониальной зависимости, так и освободившихся от нее), а также в государствах Латинской Америки.

Деятельность молодых государств по созданию собственных систем права говорит о том, что эффективная охрана природы стран Африки и Латинской Америки может быть обеспечена только на основе изъятия естественных ресурсов из-под контроля иностранных монополий и перехода природных ресурсов в собственность государства, а также при условии единства усилий всех государств этих материков в деле охраны природы. Не случайно, что,

¹ См. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 495—496.

² Подробнее см.: В. А. Чичварин. Охрана природы и международные отношения. М., 1970; П. Ритчи-Калдер. «Заложенное» поместье Е. К. Федоров. Угроза, которую можно предотвратить. «Природа», 1970, № 9; Ф. Я. Шипунов. Настоящее и будущее ландшафтной сферы. «Природа», 1971, № 5.

³ См. С. Д. Заугольников, М. М. Кочанов. Охрана биосферы от вредных химических веществ. «Природа», 1970, № 8; М. Т. Дмитриев. Фотохимический смог. «Природа», 1971, № 2.

¹ См. Г. А. Сафьянов. Земля, поглощенная морем. «Природа», 1971, № 1.

подписав 15 сентября 1968 г. Африканскую конвенцию по охране природы и природных ресурсов, 38 государств независимой Африки провозгласили принцип единства внешнеполитических и внутренних мероприятий в области сохранения и рационального использования почв, вод, растительного и животного мира, предусмотрели усиление законодательства и создание государственных органов по охране природы.

В условиях современного буржуазного общества ухудшение природной среды происходит не только потому, что природные ресурсы хищнически используются капиталистами в своих интересах. Ухудшение окружающей человека среды происходит и в ходе агрессивных войн, ведущихся монополистическими державами с позиций «выжженной земли», с применением самых варварских методов и средств ведения войны, химического и бактериологического оружия, уничтожающего природу. На огромных пространствах во Вьетнаме, Камбодже и Лаосе выжигаются, истребляются леса, земля и воды заражаются ядовитыми химическими веществами. Современный капитализм всюду выступает как враждебная, антагонистическая сила по отношению к природе и человечеству.

Охрана природы стала одной из важнейших проблем всего человечества; она затрагивает интересы всех народов мира. Об этом, в частности, убедительно говорится во многих международных документах, принятых Генеральной Ассамблеей Организации Объединенных Наций за последние несколько лет. Достаточно сослаться хотя бы на резолюцию Генеральной Ассамблеи ООН от 3 декабря 1968 г. «Проблема окружающей человека среды». Выразив глубокую озабоченность по поводу продолжающегося ухудшения естественных условий жизнедеятельности человечества, что «связано с серьезной опасностью, если оно не будет должным образом контролироваться», Генеральная Ассамблея решила создать в 1972 г. в Стокгольме конференцию ООН по проблемам охраны природной среды, чтобы «усилить мероприятия на на-

циональном, региональном и международном уровнях в целях ограничения и по возможности прекращения ее ухудшения».

Сейчас во многих странах мира разрабатываются различного рода мероприятия по предотвращению дальнейшего развития процессов ухудшения природной среды. Но, как показывает ход общественного развития, до конца эту проблему может решить только социализм, дающий возможность правильно и наиболее эффективно использовать природные богатства в интересах не только настоящего, но и будущих поколений человечества.

Охрана природы в СССР

В социалистическом обществе, в отличие от капиталистического, природные богатства (как всенародное достояние) используются в соответствии с их хозяйственным назначением в интересах всего общества в целом. Природные богатства в социалистических странах не могут использоваться в целях извлечения нетрудовых доходов. В СССР все природные богатства национализированы и как всенародное достояние переданы в собственность Советского государства, которое и обеспечивает их наиболее эффективное использование в интересах коммунистического строительства.

Национализация природных богатств создала для социалистического общества наилучшие возможности для развития производительных сил страны в интересах всего народа. Она сыграла огромную роль в обеспечении победы социализма и способствует созданию материально-технической базы коммунизма в СССР. Советское государство, будучи собственником всех природных богатств, впервые в истории человечества не только само непосредственно использует природные богатства, но и осуществляет все необходимые мероприятия по плановому и целенаправленному преобразованию природы в интересах народа и его будущих поколений.

Используя природные богатства,

социалистическое общество исходит из положения, что если и можно говорить о господстве человека над природой, то лишь в том смысле, что человек, в отличие от других существ, умеет познавать законы природы и правильно их применять. «И мы... с каждым днем,— писал Ф. Энгельс,— научаемся все более правильно понимать ее законы и познавать как более близкие, так и более отдаленные последствия нашего активного вмешательства в ее естественный ход»¹.

В Советском государстве многое уже сделано и еще больше делается для предупреждения процессов вредного воздействия человека на природу, влекущего за собой ухудшение естественной среды. Достигнуты определенные успехи в очищении речных вод; лес теперь восстанавливается на больших площадях. Огромные работы по лесовосстановлению и защитному лесоразведению намечено провести в новой пятилетке². Успешно ведется борьба с шумом; широко развертываются работы по предотвращению эрозии; большие успехи достигнуты в восстановлении многих видов ценных животных.

Однако сам по себе факт национализации природных богатств, передачи их в собственность Советского государства не исключает в Советском Союзе возможности их неправильного использования, ухудшения естественной среды. Такие факты, к сожалению, у нас еще известны. Несмотря на принимаемые меры по защите почв от ветровой и водной эрозии, воздействию эрозийных процессов в СССР ежегодно подвергаются большие площади. Немало еще земель сельскохозяйственного назначения выбывает из оборота по причине их нерационального использования—под промышленное и иное строительство, транспорт, для чего, как это отмеча-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 496.

² Всего за 5 лет запланировано блесить 12 млн. га. См. Директивы XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 годы.

лось в выступлениях на XXIV съезде КПСС, нередко отводятся лучшие земли.

В СССР сейчас действует общесоюзный земельный закон, по которому основные задачи всего советского земельного законодательства — обеспечить правильное и наиболее эффективное использование земли в соответствии с ее хозяйственным назначением и укрепить социалистическую законность в этой области отношений. Особое внимание обращается на наиболее производительное использование земель сельскохозяйственного назначения, являющихся основным средством производства колхозов и совхозов.

Не все у нас благополучно и с использованием вод¹ и лесов. Несмотря на действие закона, запрещающего прием в эксплуатацию предприятий до полной готовности сооружений по очистке сточных вод, кое-где в реки и озера все еще сбрасываются большие массы неочищенных сточных вод. В ряде районов вследствие загрязнения водоемов, недоучета последствий промышленного строительства и расточительного использования водных ресурсов уже не хватает питьевой воды.

Известны случаи переруба леса в малолесных районах и по особо ценным породам. Много леса гибнет от лесных пожаров, тонет при сплаве молевым способом. Затонувший лес загрязняет и отравляет реки, что ведет к сокращению мест нереста и нагула рыбы. В ряде мест затопленный лес препятствует судоходству.

Плохо обстоит дело и с чистотой воздуха. В ряде городов загрязненность воздуха вредными промышленными примесями и выхлопными газами все еще превышает допустимые нормы.

Вследствие несовершенства технологии производства у нас велики еще потери минерального сырья²;

большое количество пресных и минерализованных вод, газов и нефти, самотеком идущих из скважин, вообще теряется. При этом нефть, поступающая в сточные воды, приводит к существенному загрязнению водоемов. Отдельные химические, металлургические заводы из-за несовершенства технологии теряют ежегодно (при сгорании в факелах; в сточных водах) большое количество ценных химических веществ.

Причины такого положения различны. Здесь, в частности, сказывается не всегда сознательное отношение человека к природе. В нашем социалистическом обществе еще не вывелись люди, которые относятся к природным богатствам не по-социалистически, не бережно, не учитывая интересов общества. К сожалению, пока есть еще люди, которые относятся к общенародным природным богатствам как к источнику наживы и удовлетворения только личных потребностей и интересов, пренебрегают при этом коренными общественными интересами: браконьер — это еще довольно часто встречающаяся фигура в нашем обществе.

Но дело не только в браконьерстве, хотя и с этим злом надо всячески и решительно бороться, искореняя его полностью как несвойственное и чуждое социалистическому обществу явление. У нас встречаются и такие руководители предприятий, учреждений и организаций, которые, в силу своей отсталости и неправильного отношения к природе, не выполняют возложенных на них Советским государством обязанностей по охране природы и не устраняют существенных недостатков в деятельности руководимых ими предприятий, вредно отражающихся на природной среде.

Советское государство ежегодно отпускает колоссальные средства на осуществление различных мероприятий по охране природы, для ликвидации и предотвращения вредных процессов, ухудшающих естественную среду. Но эти средства используются неполностью; не все еще делается государственными, общественными, кооперативными предприя-

тиями, учреждениями и организациями для охраны природы и предотвращения причин, которые влияют на ухудшение естественной среды и отражаются на здоровье людей.

К причинам, ухудшающим природную среду, следует отнести и несовершенство технологии производства на многих наших предприятиях. Советское государство в законодательном порядке обязывает предприятия изменять устаревшую технологию производства, рекомендуя руководителям предприятий внедрять новую технологию, обеспечивающую надлежащую охрану природы. Так, в принятых в декабре 1969 г. Верховным Советом СССР «Основах законодательства Союза ССР и союзных республик о здравоохранении» имеется ряд статей, прямо относящихся к руководителям предприятий и учреждений и обязывающих их: осуществлять планировку и застройку населенных пунктов, создавая наиболее благоприятные условия для жизни и здоровья населения (ст. 20); принимать меры по предупреждению загрязнения атмосферного воздуха, водоемов, подземных вод и почвы (ст. 21); соблюдать санитарные требования к заселению жилых помещений и обеспечивать содержание производственных помещений и рабочих мест в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами и правилами (ст. 22—23). Запрещается ввод новых и реконструированных предприятий, цехов, участков, установок и иных объектов, не отвечающих эффективной очистке, обезвреживанию, улавливанию вредных выбросов, отходов (ст. 21). «Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о здравоохранении» в ст. 24 обязывают исполнительные комитеты местных Советов депутатов трудящихся и другие государственные органы, предприятия, учреждения и организации проводить мероприятия по предупреждению, снижению интенсивности и устранению шума в производственных зданиях, во дворах, на улицах и площадях городов и других населенных пунктов.

В «Основах водного законодательства Союза ССР и союзных респуб-

¹ См. Ю. П. Беличенко. Отношение к водным богатствам страны по-ленински. «Природа», 1969, № 12.

² Подробнее см. «Вестник АН СССР», 1971, № 5, стр. 38. Большое внимание улучшению использования минерального сырья уделяется в Директивах XXIV съезда КПСС (см. раздел «Промышленность»).

лик» запрещается ввод в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, цехов, агрегатов, коммунальных и других объектов, не обеспеченных устройствами, предотвращающими загрязнение вод или их вредное воздействие. В «Основных» имеется специальная статья, по которой водопользователи обязаны соблюдать технологические нормы и правила водопользования, а также принимать меры к сокращению расхода воды и прекращению сброса сточных вод путем совершенствования технологии производства и схем водоснабжения (применение безводных технологических процессов, воздушного охлаждения, оборотного водоснабжения и других технических приемов).

Единый закон, единый план

Природа едина, все в ней взаимосвязано. Поэтому использование природных богатств должно вестись комплексно, по единому народнохозяйственному плану, с учетом всех взаимозависимостей в природе. Между тем у нас в стране нет еще единого государственного органа, который бы занимался проблемами охраны природы и осуществлял контроль за правильным ее использованием, изучал бы состояние отдельных природных ресурсов и те меры, которые следует принимать к их воспроизводству. В настоящее время ни одно из имеющихся у нас в стране министерств и ведомств, ни один из органов, хотя бы и наделенных межведомственными функциями по охране природы, не рассматривает и не учитывает общее состояние природных условий в целом по стране. Ни одно из министерств и ведомств не изучает влияния на природную среду различных видов производственной или иной деятельности людей либо учреждений и организаций с точки зрения ближайших и отдаленных последствий такой деятельности для природной среды. Как правило, каждое министерство или ведомство оценивает состояние природной среды с точки зрения возможностей и условий производства каких-то отдель-

ных видов продукции или проведения определенных хозяйственных мероприятий с учетом узковедомственных интересов. В этих случаях функции охраны природы как общегосударственного мероприятия, как функции Советского государства в целом — собственника природных богатств оттесняются на второй план или вообще не осуществляются, что вредно отражается на состоянии природы и мешает ликвидировать причины, порождающие ухудшение природной среды.

В ряде республик (Украина, Белоруссия, Литва, Азербайджан и Молдавия) имеются специальные государственные органы по охране природы, но они, естественно, решают проблемы охраны природы только на территории указанных выше республик.

В настоящее время отношения в области использования и охраны природы в основном регулируются законами об охране природы, принятыми во всех союзных республиках, но эти законы, так же как и республиканские государственные органы по охране природы, не могут решать и не решают задач использования и охраны природы в общесоюзных целях, вытекающих из общегосударственных планов развития народного хозяйства в СССР. Кроме того, республиканские законы об охране природы в значительной мере устарели и не соответствуют современным задачам использования и охраны природы, поставленным XXIV съездом КПСС, и должны быть поэтому обновлены. Принятие Основ земельного, водного, лесного и горного законодательства Союза ССР и союзных республик также не решает проблемы урегулирования отношений по охране и надлежащему использованию природных ресурсов в целом, так как и эти законодательные акты касаются не всей области отношений по использованию и охране природы, а только отдельных ее ресурсов.

В. И. Ленин считал, что в едином государстве, каким является социалистическое государство, должны быть и единые законы, устанавливающие основные, общие правила

поведения людей для всей нашей страны, в соответствии с которыми и должно развиваться законодательство союзных республик (с учетом местных условий и особенностей).

Говоря об основном природном ресурсе — земле, В. И. Ленин писал: «Мы должны требовать национализации всех земель, т. е. перехода всех земель в государстве в собственность государственной центральной власти»¹. Вместе с тем В. И. Ленин подчеркивал: «Если государство... в действительности демократическое... то собственность его на землю несколько не исключает, а напротив, требует передачи распоряжения землей, в рамках общегосударственных законов, местным и областным органам самоуправления»².

Эти ленинские принципы регулирования земельных отношений должны быть положены в основу регулирования отношений в области охраны и надлежащего использования и других природных ресурсов и природных богатств в целом.

В СССР целесообразно иметь общесоюзные основы законодательства Союза ССР и союзных республик об охране природы и республиканские кодексы об охране природы, в которых должны быть полностью урегулированы и решены проблемы охраны и использования природных богатств на территории СССР.

Мы думаем, что полное законодательное решение проблемы охраны природы требует также отражения ее и в Конституции СССР, в которой было бы желательно указать, что охрана природы всеми гражданами СССР является их священной обязанностью и что нарушение этой обязанности может повлечь за собой и соответствующую ответственность, предусмотренную законом. Установление такого конституционного принципа в нашей стране будет способствовать повышению ответственности и чувства долга всех граждан СССР за охрану природы, за состояние природной среды в нашей стране.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 31, стр. 166.

² Там же, т. 16, стр. 317.

Очень важно усилить и научную деятельность по разработке проблем надлежащего использования и охраны природы и отдельных ее ресурсов.

*

В преддверии созыва международной конференции ООН в Стокгольме по вопросам окружающей человека естественной среды важно сосредоточить усилия всех социалистических стран на решении проблем охраны природы и разработке международноправовых принципов в этой важной области отношений.

За последние годы не только СССР, но и другие социалистические страны много сделали в области охраны природы и в этом вопросе достигли определенных положительных результатов. Особенно показательны работы по охране почв и ландшафтов в ГДР, воспроизводству дичи в Чехословакии и Венгрии, восстановлению и обогащению лесных ресурсов в Болгарии, санитарной защите вод и воздуха, а также рекультивации земель в Чехословакии и Польше, восстановлению численности лося, сайгака, соболя и увеличению численности бобра, кабана и северного оленя в СССР. Но в целом сделано еще мало, а то, что делается, по своим масштабам отстает от того размаха, с которым благодаря научно-технической революции используются ныне природные богатства в народном хозяйстве социалистических стран.

Природа едина и неделима не только в одной стране, но и на всем земном шаре, и охранять природу — значит сотрудничать в этом деле всем странам мира, добиваться принятия единых, согласованных мер для предотвращения развития процессов, ухудшающих природную среду в региональном, а в ряде случаев и в мировом масштабе. В работе предстоящей международной конференции ООН активное участие должны принять все страны нашей планеты, кровно заинтересованные в успешном решении проблемы охраны природы и надлежащего использования мировых запасов природных богатств в интересах всего человечества.

XXIV съезд КПСС уделил много внимания охране и наиболее рациональному использованию природных ресурсов. В своем докладе Л. И. Брежнев сказал: «Принимая меры для ускорения научно-технического прогресса, необходимо сделать все, чтобы он сочетался с хозяйским отношением к природным ресурсам, не служил источником опасного загрязнения воздуха и воды, истощения земли. Партия повышает требовательность к плановым, хозяйственным органам и проектным организациям, ко всем нашим кадрам за дело проектирования и строительства новых и улучшения работы действующих предприятий под углом зрения охраны природы. Не только мы, но и последующие поколения должны иметь возможность пользоваться всеми благами, которые дает прекрасная природа нашей Родины. Мы готовы участвовать и в коллективных международных мероприятиях по охране природы и рациональному использованию ее ресурсов»¹.

С точки зрения всемирно-исторической социализм и коммунизм — наследник всех богатств, сокровищ и ценностей. Природные ресурсы — это величайшее благо, которое мы должны бережно охранять для человечества.

УДК 339.5; 612.014.4

¹ Л. И. Брежнев. Отчетный доклад ЦК КПСС XXIV съезду КПСС. М., 1971, стр. 37.

Рекомендуемая литература

Арманд Д. Л. НАМ И ВНУКАМ. М., 1964 и 1966.

Банников А. Г. ПО ЗАПОВЕДНИКАМ СОВЕТСКОГО СОЮЗА. М., 1966.

Гржимек Б. ОНИ ПРИНАДЛЕЖАТ ВСЕМ. М., 1965.

Дороже золота. Сб. М., 1962.

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

Ефремов Ю. К. ВО ИМЯ ВЕЧНОЙ ЩЕДРОСТИ ПРИРОДЫ. М., 1961.

Куражковский Ю. Н. ОЧЕРКИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. М., 1969.

Ленькова А. ОСКАЛЬПИРОВАННАЯ ЗЕМЛЯ. М., 1971.

Овсянников Н. Г. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ — НАШЕ БОГАТСТВО. М., 1968.

Охрана природы. Биогеография. Сб. «Вопросы географии», № 48, М., 1960.

Парсон Р. ПРИРОДА ПРЕДЪЯВЛЯЕТ СЧЕТ. М., 1969.

Природные ресурсы Советского Союза, их использование и восстановление. Сб. М., 1963.

Уатт К. ЭКОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ. М., 1971.

Фюрон Р. ПРОБЛЕМА ВОДЫ НА ЗЕМНОМ ШАРЕ. Л., 1966.

Проблема металлического водорода

Профессор И. М. Халатников



Исаак Маркович Халатников, доктор физико-математических наук, директор Института теоретической физики им. Л. Д. Ландау. Автор известных работ в области теории сверхтекучести жидкого гелия, квантовой теории поля и космологии. Лауреат Государственной премии.

Водород, как хорошо известно, занимает первое место в периодической системе элементов. Простейший из всех атомов, атом водорода состоит из одного положительно заряженного протона и одного электрона. При нормальных давлениях и температуре этот элемент существует в газообразном состоянии и образует молекулу H_2 . При температуре около $20,4^\circ K$ ($-253^\circ C$) он переходит в жидкое состояние, а при еще более низких ($14^\circ K$) — в твердое. В твердом состоянии водород образует молекулярный кристалл, в узлах решетки которого находятся молекулы H_2 . Такой кристалл является диэлектриком: электроны сильно связаны со своими атомами.

С другой стороны, водород, находящийся в первом столбце периодической системы Менделеева, должен бы, казалось, походить на щелочные металлы — хорошие проводники электричества.

Простое устройство атома водорода делает его наиболее доступным объектом теоретического изучения.

Вопрос, не переходит ли твердый водород в металлическое (проводящее) состояние, возник более четверти века назад в связи с астрофизическими задачами. Дело в том, что гигантские планеты Солнечной системы Юпитер и Сатурн состоят в основном из водорода. Внутри таких планет достигаются давления порядка миллиона и даже десяти миллионов атмосфер.

Были предприняты теоретические исследования, показавшие, что при столь огромных давлениях водород должен переходить в твердое со-

стояние (при обычных температурах). Отмечено также, что при давлениях около 2 млн атм должен происходить фазовый переход из молекулярной фазы в атомарную. Это значит, что в этих условиях водород образует кристаллическую решетку, в узлах которой находятся протоны; электроны при этом коллективизируются, и такой кристалл будет обладать металлической проводимостью.

Весь этот круг вопросов был рассмотрен еще в 1952 г. в оригинальных работах чл.-корр. АН СССР А. А. Абрикосова. Во второй раз интерес к металлическому водороду возник примерно пять лет назад в связи с проблемой высокотемпературной сверхпроводимости. Современная теория сверхпроводимости дает для температуры перехода в сверхпроводящее состояние выражение $T_k \sim \theta e^{-1/\nu}$, где ν — характеристическая константа взаимодействия электронов с кристаллической решеткой, а θ — дебаевская температура, пропорциональная максимальной частоте колебаний ионов решетки.

Из этого соотношения видно, что значения T_k не могут превосходить дебаевскую температуру θ . Экспоненциальный множитель приводит к уменьшению T_k примерно на порядок, что и соответствует наблюдаемым низким значениям температур, при которых возникает сверхпроводимость.

В кристаллической решетке металлического водорода характерные частоты колебаний ионов сравнительно велики (масса же ионов мала — в узлах решетки расположены просто протоны). Поэтому можно

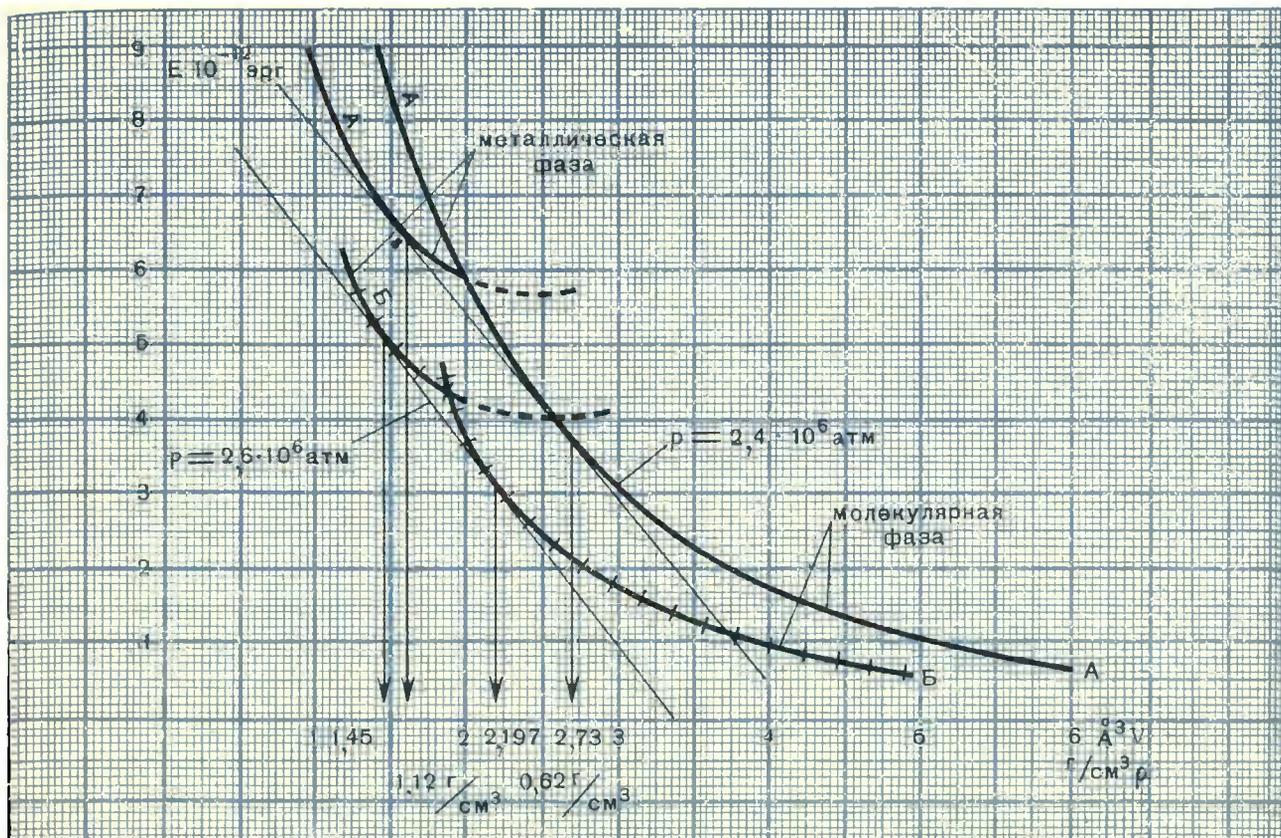


Рис. 1. Зависимость полной энергии E от удельного объема V для металлической и молекулярной фаз водорода. ρ — плотность; А — расчет Абрикосова; Б — расчет Шнайдера — Трубицына.

ожидать, что металлический водород будет обладать высокой дебаевской температурой (около 3000°K). Поскольку константа ν здесь того же порядка, что и в других щелочных металлах, это должно приводить к появлению сверхпроводимости при сравнительно высоких температурах, порядка комнатных ($200\text{—}300^\circ\text{K}$).

Для физики и энергетике получение сверхпроводимости при комнатных температурах было бы настоящей революцией, поскольку существующие сверхпроводники обладают этим свойством лишь при очень низких температурах (ниже 20°K).

Наконец, следует отметить третий этап в развитии проблемы металлического водорода, наступивший в 1970 г. Дело в том, что независимо у нас и в США был поставлен вопрос, что же произойдет с металлическим водородом после снятия

давления в несколько миллионов атмосфер?

Оказалось, имеются серьезные основания ожидать, что после снятия давления металлический водород перейдет в некоторое устойчивое состояние (метастабильное) и при этом сохранит свои металлические свойства. Такое метастабильное состояние, хотя и имеет энергию, значительно превосходящую энергию молекулярной фазы, может существовать практически сколько угодно долго. Таким образом, здесь возможна ситуация, подобная той, которая имеет место при превращении углерода в алмаз.

Получение метастабильного металлического водорода представляло бы значительный интерес. Как уже указывалось, мы получили бы высокотемпературный сверхпроводник. Можно ожидать, что необычайные

свойства металлического водорода найдут весьма многообразные применения. На пути осуществления этой заманчивой идеи стоят очень трудные теоретические и экспериментальные задачи. Остановимся вначале на теоретических проблемах.

Давление перехода из молекулярной фазы в металлическую может быть найдено, если известны зависимость $E(V)$ для обеих фаз (E — полная энергия на единицу объема, V — удельный объем). Равновесное давление $P = -\partial E/\partial V$, и, следовательно, проведя к кривым $E(V)$ общую касательную, мы найдем по тангенсу угла ее наклона давление перехода (рис. 1).

Имеющиеся сейчас расчеты уравнения состояния $E(V)$ для молекулярной фазы не очень надежны. Однако поскольку они согласуются с экспериментальными данными для

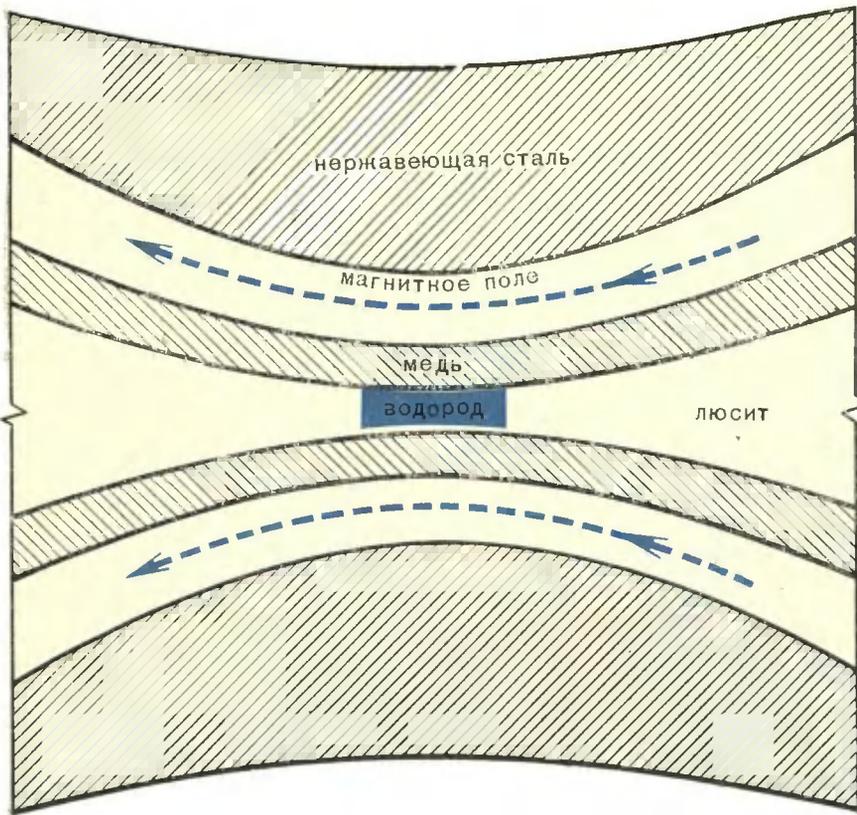


Рис. 2. Сжатие водорода, находящегося в магнитном поле, с помощью ударных волн.

давлений в несколько десятков тысяч атмосфер, их можно рассматривать как хорошую экстраполяцию.

С получением уравнения состояния атомарного водорода дело обстоит значительно сложнее. В интересующей нас области давлений порядка нескольких миллионов атмосфер потенциальная энергия взаимодействия электронов и ионов и кинетическая энергия электронов близки друг к другу. Поэтому обычные методы аналитических расчетов сильно сжатого вещества непригодны. К тому же энергии возможных структур (гексагональной плотно упакованной, объемноцентрированной кубической и гранецентрированной кубической) оказываются очень близкими. Требуется высокая точность для расчетов, производимых на электронно-вычислительных машинах. В имеющихся расчетах электрон-ионное взаимодействие вы-

числялось по теории возмущений, что, естественно, ограничивает их точность.

Расчеты на ЭВМ показывают, что давление, при котором происходит переход из молекулярной фазы в атомарную, приблизительно равно 2,6 млн атм. Следует заметить, что давление перехода определяется наклоном касательной к кривой $E(V)$ и поэтому очень чувствительно к ошибкам в расчете этой кривой.

Центральной остается проблема метастабильности металлического водорода. После снятия давления металлический водород переходит в метастабильное состояние, соответствующее минимуму кривой $E(V)$. Вопрос об устойчивости этого состояния решается путем исследования спектра колебаний решетки (фононов). Предварительные расчеты показывают, что, хотя в целом мнимых частот в спектре для некоторых

структур не возникает (появление мнимых частот свидетельствовало бы о неустойчивости), есть ряд особенностей, указывающих на возможные трудности. Одна из ветвей спектра (для поперечных колебаний) характеризуется очень малой скоростью звука. Согласно теории упругости, это значит, что модуль сдвига, по-видимому, очень мал. Если бы модуль сдвига был равен строго нулю, можно было бы ожидать, что в метастабильном состоянии металлический водород был бы жидким металлом. Такую возможность также необходимо подробно исследовать.

Существуют и другие особенности фононного спектра, которые, к сожалению, очень слабо проявляются при давлении 2,6 млн атм и усиливаются при давлении, равном нулю. Дальнейшие исследования метастабильности потребуют большого объема теоретической работы. Значительный шаг по этому пути сделан в последнее время в работах чл.-корр. АН СССР Ю. М. Кагана.

Наконец, представляет интерес вопрос о сверхпроводимости металлического водорода. Появлению сверхпроводимости при высоких температурах способствуют два фактора: высокая характерная энергия колебаний решетки и относительно сильное электрон-ионное взаимодействие.

Проведенные расчеты дают для температуры перехода значение порядка 200° К. Я думаю, точность этих расчетов такова, что они не исключают возможности получения сверхпроводящего перехода и в области комнатных температур. Однако сверхпроводимость и при 200° К была бы огромным достижением не только в физике, но и в ряде областей техники.

Итак, что же дает в настоящее время теория металлического водорода?

Можно почти не сомневаться, что при давлении 2—2,5 млн атм должен происходить переход водорода в металлическое состояние. Можно, по-видимому, не сомневаться и в том, что в металлическом состоянии водород будет сверхпроводником. Зато совершенно неясен вопрос об устойчивости метастабильного со-

стояния, возникающего после снятия давления.

Может возникнуть естественный вопрос, что станет со всей проблемой, если окажется, что металлический водород не остается в метастабильном состоянии при атмосферном давлении. Однако мне представляется, что само обнаружение металлического состояния водорода под давлением имеет огромное научное значение для физики и астрофизики, независимо от технических аспектов, возникающих в результате метастабильности.

Попутно замечу, что теория предсказывает переход твердого металлического водорода при давлениях порядка 100 млн атм (в центре планет) в жидкое состояние. Объясняется такой переход тем, что в условиях высоких давлений энергия нулевых колебаний ионов начинает превосходить электрон-ионное взаимодействие. Возникающая при этом жидкость будет не обычной, а квантовой, подобной сверхтекучему гелию. Таким образом, в недрах таких планет, как Юпитер, по-видимому, находится жидкое сверхпроводящее ядро.

Что можно сказать об экспериментальной программе исследований металлического водорода? Бла-

годаря небольшой заметке, недавно появившейся в журнале «Science News», мы сейчас знаем, какой она будет в США. Получение металлического водорода намечается осуществить двумя методами: статическим, с помощью гигантского пресса, и взрывным, т. е. сжатием образцов с помощью ударных волн. Программа статических экспериментов будет осуществляться в Корнельском университете (проф. А. Л. Руофф). В настоящее время здесь располагают давлениями в 600 тыс. атм и рассчитывают, что через три года при необходимой финансовой помощи смогут получить несколько миллионов атмосфер. Достижение таких давлений — задача очень трудная, однако преимущество статических опытов перед взрывными состоит в том, что в случае успеха можно получить образцы металлического метастабильного водорода, доступные для прямого наблюдения.

Программа взрывных опытов осуществляется Лауренсовской радиационной лабораторией в Ливерморе (штат Калифорния). Здесь собираются провести первые опыты по получению давления в 1 млн атм еще до конца текущего года.

Во взрывных опытах кроме того,

что не удается сохранить образцы, имеется еще одна серьезная трудность. Возникающая при взрыве ударная волна сильно нагревает образец, поэтому всегда существует опасность, что он просто испарится. Однако эта последняя трудность может быть преодолена с помощью следующей остроумной идеи. Между стальными блоками, осуществляющими сжатие, и образцом находится магнитное поле. Таким образом под действием взрыва стальные блоки сжимают магнитное поле примерно до 1 млн гаусс, после чего давление образца производится уже давлением магнитного поля. Магнитное поле служит своеобразной подушкой, смягчающей и замедляющей сжатие. Благодаря замедлению сжатия нагрев образца становится не столь опасным (рис. 2).

В заключение следует подчеркнуть, что, независимо от осуществимости полужантасических возможных технических приложений предлагаемого проекта, его чисто научное значение трудно переоценить. Нет сомнений, что методы, которые будут развиты в процессе исследования водорода, найдут применение для поиска новых материалов с необычными свойствами.

УДК 539.893; 546.11; 537.312.62

Читайте в № 11 журнала «Природа»

Кратеры и камни рассказывают историю Луны.

А. А. Гурштейн, К. Б. Шингарева, А. А. Конопихин, В. А. Шашкина, А. А. Пронин, Э. В. Попова, В. Д. Попович, Р. Б. Зезин, А. Т. Базиловский, П. А. Дубин, А. В. Иванов, О. Д. Родэ, В. П. Полосухин.

Ранние эры в истории Земли.

М. В. Муратов

Особенности биосферы Крайнего Севера.

Б. А. Тихомиров.

От кого же произошел *Homo sapiens*?

Ю. И. Семенов.

Критика теологических концепций истины.

Г. А. Курсанов

Взаимодействие звеньев в системе «Океан — Атмосфера — Материки»

Академик В. В. Шулейкин



Василий Владимирович Шулейкин, основоположник советской школы физики моря. Основал: Черноморскую гидрофизическую станцию (1929 г.), кафедру физики моря на физическом факультете Московского государственного университета (1943), Морской гидрофизический институт АН СССР. Автор более 300 печатных работ, преимущественно в области физики моря; среди них — монография «Физика моря» (4-е изд. 1968), «Краткий курс физики моря» (1959), «Очерки по физике моря» (4-е изд. 1962), «Дни прожитые» (2-е изд. 1964). Участник и руководитель многих океанских и морских экспедиций. Лауреат Государственной премии СССР.

С каждым годом все новые и новые подтверждения получает теоретическая схема формирования климата при взаимодействии океана, атмосферы и материков. Эта схема была предложена нашими отечественными исследователями, и ее можно рассматривать, как развитие идей А. И. Воейкова, высказанных еще в прошлом столетии.

Ныне мы вправе считать, что и в океане, и в атмосфере работают своеобразные мощные тепловые машины, в том смысле, в каком их понимает термодинамика.

В технике одним из примеров тепловых машин может служить паровая машина. Как известно, для ее работы необходимо нагреть в котле воду до кипения. Водяной пар из котла поступает в цилиндры, в которых он расширяется и при этом передвигает поршень. Затем пар выпускается из цилиндров и поступает в холодильник, в котором он конденсируется в воду. Термодинамика доказывает, что вообще никакая тепловая машина не может работать без нагревателя и холодильника. Где же находятся в природе те «нагреватели» и те «холодильники», о которых ныне говорят все геофизики? Для тепловых машин, «работающих» в атмосфере и названных нами машинами первого рода, нагревателем служит экваториальный и два тропических пояса на нашей планете; холодильниками являются высокоширотные шапки в Северном и Южном полушариях. Работа этих машин первого рода проявляется в пассатной циркуляции тропического воздуха и в так называемой зональной циркуляции тропо-

сферы в более высоких широтах. Для машин второго рода (по нашей терминологии) в холодную пору года нагревателем служит поверхность океанов и морей, а холодильниками — поверхности материков, островов. В теплую пору года нагреватели и холодильники меняются местами. Машины второго рода проявляют свою деятельность в муссонной циркуляции. Машины третьего и четвертого рода работают в стратосфере и даже в ионосфере, где они еще очень мало изучены. Не будем на них останавливаться, а скажем только, что ни стратосфера, ни тем более ионосфера не могут нагреваться и охлаждаться путем непосредственного контакта с подстилающей поверхностью: последняя воздействует на высокие слои атмосферы лишь посредством тепловой радиации, которая, во-первых, идет снизу и, во-вторых, испускается вверх. Результирующий эффект зависит от того, какой из этих двух потоков окажется преобладающим.

Наконец, необходимо еще выделить особо машину пятого рода, лишь недавно поддавшуюся количественному исследованию и представляющую очень большой интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения.

«Очаг тепла» — в Атлантике

Проследим за некоторыми важными проявлениями работы этих тепловых машин и рассмотрим некоторые новые черты, выявленные в их работе за последнее время.

Соединенный Европейско-Азиатский материк, и в особенности его

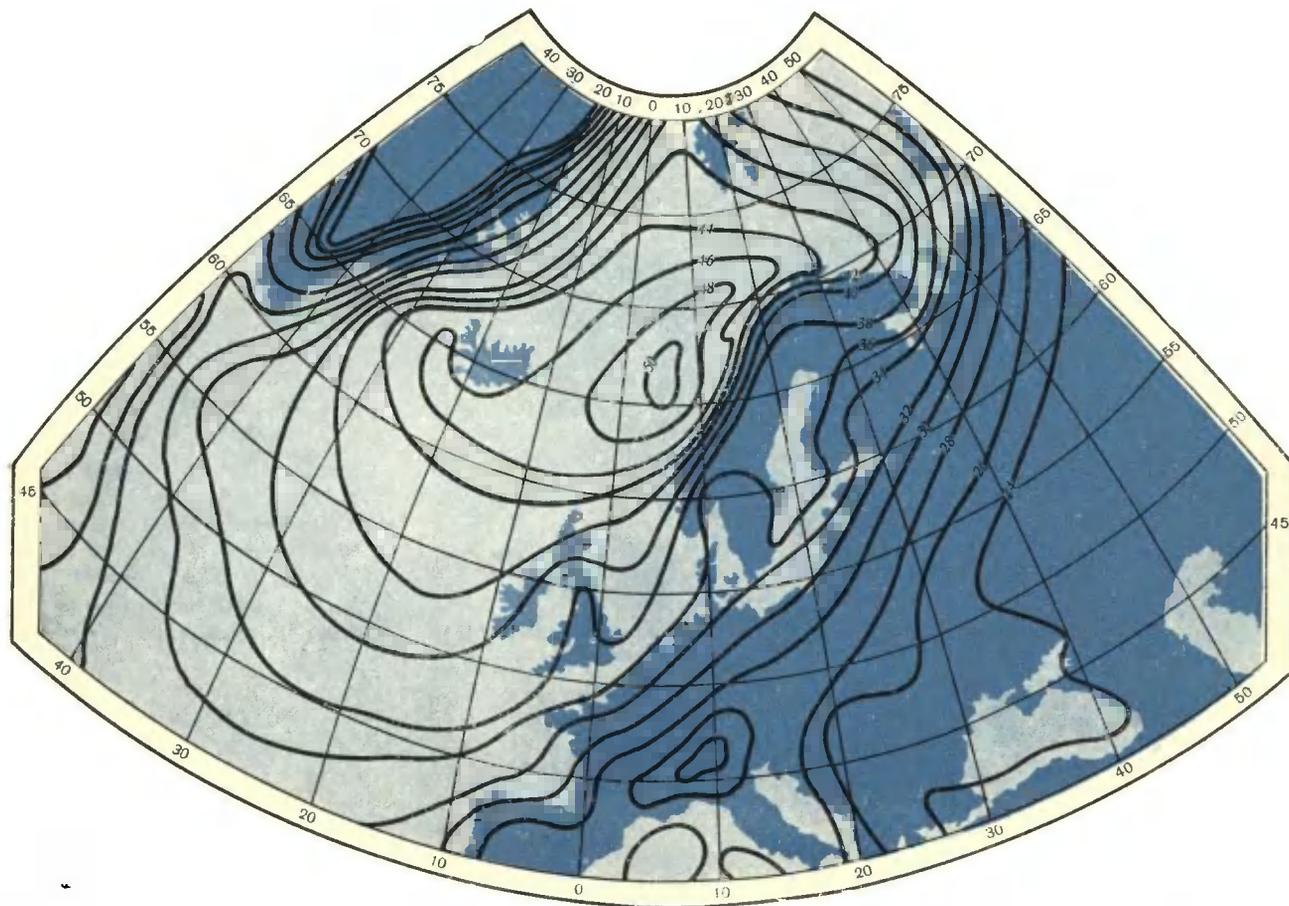


Рис. 1. Температурные изаномалы воздуха над океанами над материками, в специализированной проекции; плоскость чертежа, на которую спроектированы все точки глобуса, касается его поверхности в точке с наибольшей температурной аномалией. Построено, на основании карты № 43 из Морского атласа.

Европейская часть, дают простор для изучения воздействия Атлантического океана на климат и погоду в нашей стране. Сам Атлантический океан, в свою очередь, демонстрирует мощное влияние материков на режим течений, на ветровой режим и его особенности в районе острых мысов, полуостровов, на развитие мощного штормового волнения в определенных районах акватории.

Много лет занимаясь количественным исследованием взаимодействий между Мировым океаном (с его морями), атмосферой и материками, мы давно пришли к заключению, что отличной характеристикой этих взаимодействий служат температурные изаномалы, бытующие в климатологии и получившие новое значение в нашем анализе: они также красноречиво говорят о тепловых

потоках в атмосфере с океана на материк (зимой) или с материка к океану (летом), как о тепловых потоках в каком-либо теле говорят физику изотермы.

Мало того, громадные отрицательные значения температурных аномалий атмосферы в районе Верхоянска свидетельствуют о том, что до этого «старинного полюса холода» Евразийского материка (потускневшего лишь после открытия еще более низких температур в Антарктиде) практически не доходит тепло ни с Атлантического, ни с Тихого, ни с Ледовитого океанов. Значит, этот небольшой участок суши в разгар зимы обладает той же температурой воздуха, какой он обладал бы на нашей планете, если бы на ней не существовало океанов. Именно от этой точки мы стали отсчитывать

аномалии температуры, приписывая им всюду положительное значение. Сейчас, для решения специальной задачи, слегка отступим от этого обычая и будем отсчитывать аномалии температуры от той, которая характеризует близкую точку, лежащую на параллели $66^{\circ}N$, допустив совсем небольшую погрешность и приобретя преимущества в расчетах. Это потому, что выбранная параллель проходит через точку с самой большой положительной аномалией температуры в Атлантике, а также совсем недалеко от полюса холода в Азии. При таких условиях температурная аномалия в точках кривой, отмеченной нулем на обычных климатологических картах, окажется равной $+24^{\circ}$, а наибольшая температурная аномалия в Атлантике станет равной $+50,2^{\circ}$.

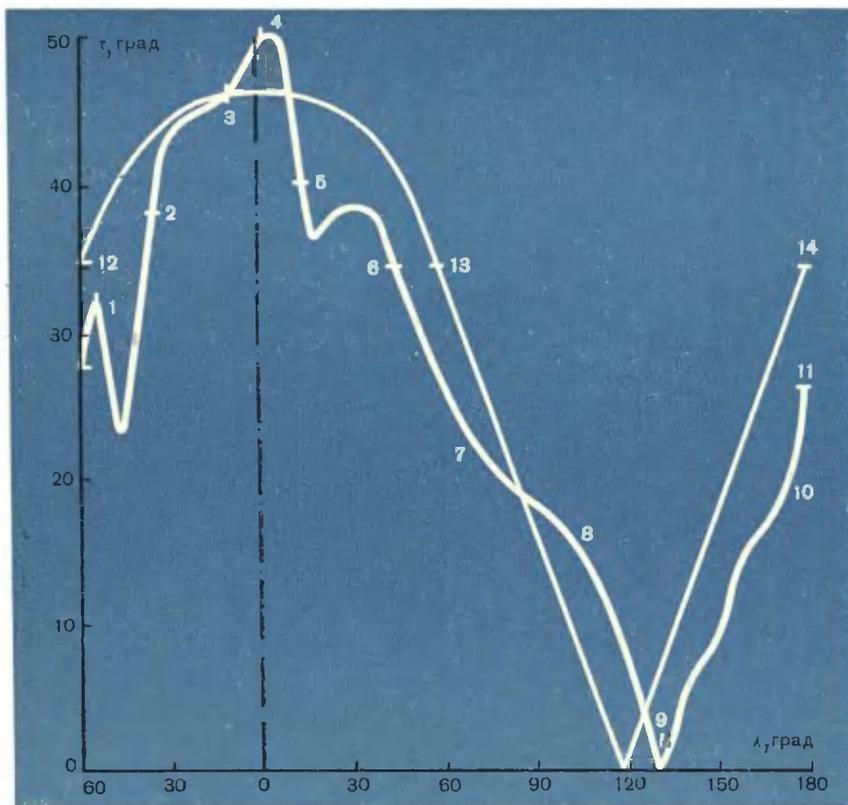


Рис. 2. Разрез поля температурных аномалий воздуха по параллели 66°N . Тонкой кривой изображено теоретическое распределение аномалий над самой поверхностью планеты. Жирная линия показывает истинное распределение аномалий вдоль параллели 66°N .

На рис. 1 видна изаномала 50° , вычерченная вокруг соответствующей точки, а все семейство изаномал прервано на кривой, отмеченной цифрой 24° . Это и есть та изаномала, которая считается «нулевой» на обычных климатологических картах. Специализированная проекция, в которой построен этот рисунок, позволяет без больших погрешностей измерять на нем нужные расстояния, пренебрегая кривизной действительной поверхности и решая задачу на плоскости. А задача поставлена очень важная: определить, чем создан настоящий «очаг тепла» в близком соседстве со Скандинавским полуостровом и как велико количество тепла, переносимого в атмосфере от всего «перегретого» района Атлантики на материк Европы, в частности на территорию СССР.

В одной из наших работ¹ изложены все проделанные выкладки. Здесь упомянем лишь о том, что оказалось возможным теоретически вычислить распределение температурных аномалий воздуха вдоль некоторого узкого пояса, мысленно вырезанного из активного слоя атмосферы вдоль параллели 66°N (рис. 2). Вычисления оказались возможными после некоторого упрощения условий: между точками 1 и 13 лежит Атлантический океан, не перерезанный никакими участками суши; между 13 и 14 залегает Евразийский материк. Над океаном два отрезка кубической параболы плавно поднимаются до миниму-

¹ В. В. Шулейкин. Связь между климатом Европы и переносом тепла в Атлантике. «Изв. АН СССР, сер. физика атмосферы и океана», 1968, № 3.

ма — до аномалии 46° . Над материком аномалии падают по линейному закону к полюсу холода, оказавшемуся на меридиане 120° — и со стороны Атлантического, и со стороны Тихого океанов. На этом меридиане температура воздуха считается (с небольшой погрешностью) той самой, какая установилась бы тут при отсутствии Мирового океана. Легко заметить, как осложнен ход кривой благодаря вмешательству большого острова Гренландии на пути между точками 1 и 2, Скандинавского полуострова и Белого моря (между 5 и 6). Виден изгиб жирной кривой между 6 и 9, где она отличается от простой теоретической прямой и смещает нуль аномалии к востоку.

Эти отклонения вполне закономерны: выпуклость жирной кривой (книзу) близ точки 7 вызвана уменьшением коэффициента теплопередачи деятельного слоя атмосферы над Уральским хребтом, а вогнутость (книзу) близ точки 8 — последующим распространением тепловых потоков над сибирскими равнинами. Аналогично происхождение выпуклости близ точки 10, где распространение тепла с Тихого океана затруднено горными хребтами. Понятен теперь сдвиг точки 9 относительно теоретического «нуля» — к окрестностям Верхоянска. Все это связано с осложнением хода жирной кривой.

Несмотря на такие отличия в деталях, очевидна решающая роль Атлантического океана в создании зимнего теплового режима нашей страны. Особый интерес вызывает острый пик над Атлантическим океаном, поднявшийся над теоретической кривой в точке 4 на целых 4° . Чем вызван такой перегрев атмосферы — на 50° сверх той температуры, какая была бы в той же точке при отсутствии вод океана?

На этот вопрос можно ответить, проанализировав карты Морского атласа, соответствующие разгару зимы (январю, февралю). Это, с одной стороны, карта среднего многолетнего распределения атмосферного давления, по которой можно определить поле ветра над интересующим нас районом океана. С другой стороны, карты температур воды,

различия между температурами воды и температурами воздуха. Наконец, это данные экспедиционных исследований, начиная с плаваний «Персея», освещающие картину распределения влажности, дефицита влажности над водой. По всем этим данным мы вычислили количество тепла, отдаваемого атмосфере поверхностью океана в зимнее время (рис. 3), и количество тепла, которое выделяется в атмосфере при конденсации водяного пара, унесенного с поверхности океана.

Ввиду меньшей надежности вычисления количества тепла, выделяющегося в атмосфере за счет конденсации водяного пара, не было смысла строить отдельно подобную же карту для второй составляющей общего притока тепла с поверхности океана. Оказалось, что с доступной точностью можно считать, что эта вторая составляющая в 1,5 раза превышает первую. Следовательно, карта рис. 3 дает возможность приблизительно судить о полном притоке тепла с единицы поверхности океана, в сутки, стоит лишь все цифры, проставленные при изолиниях, помножить на коэффициент 2,5. Значит, кривая, отмеченная цифрой 160, свидетельствует о том, что тут общий приход тепла составляет 400 кал/см^2 сутки. Кривая, отмеченная цифрой 50, отвечает 125 кал/см^2 сутки.

Теперь становится понятной карта рис. 1 с ее «очагом тепла». Некоторый сдвиг максимума выделяемого тепла на карте рис. 3 по сравнению с положением «очага» на рис. 1 объясняется воздействием потоков холодного воздуха, стекающего зимой с материка в самом нижнем слое тропосферы, близ Скандинавского полуострова.

Практически можно считать, что основная часть тепла в этой области океана выделяется в атмосферу с акватории, оконтуренной на рис. 1 линией 44° . Количество тепла, поступающего в атмосферу с этой поверхности составляет $2,5 \cdot 10^{18}$ кал/сутки (В. В. Шулейкин, 1968). Так же вычислено количество тепла, которое тут излучается в межпланетное пространство за счет эффективной радиации: оно составляет $0,9 \cdot 10^{18}$

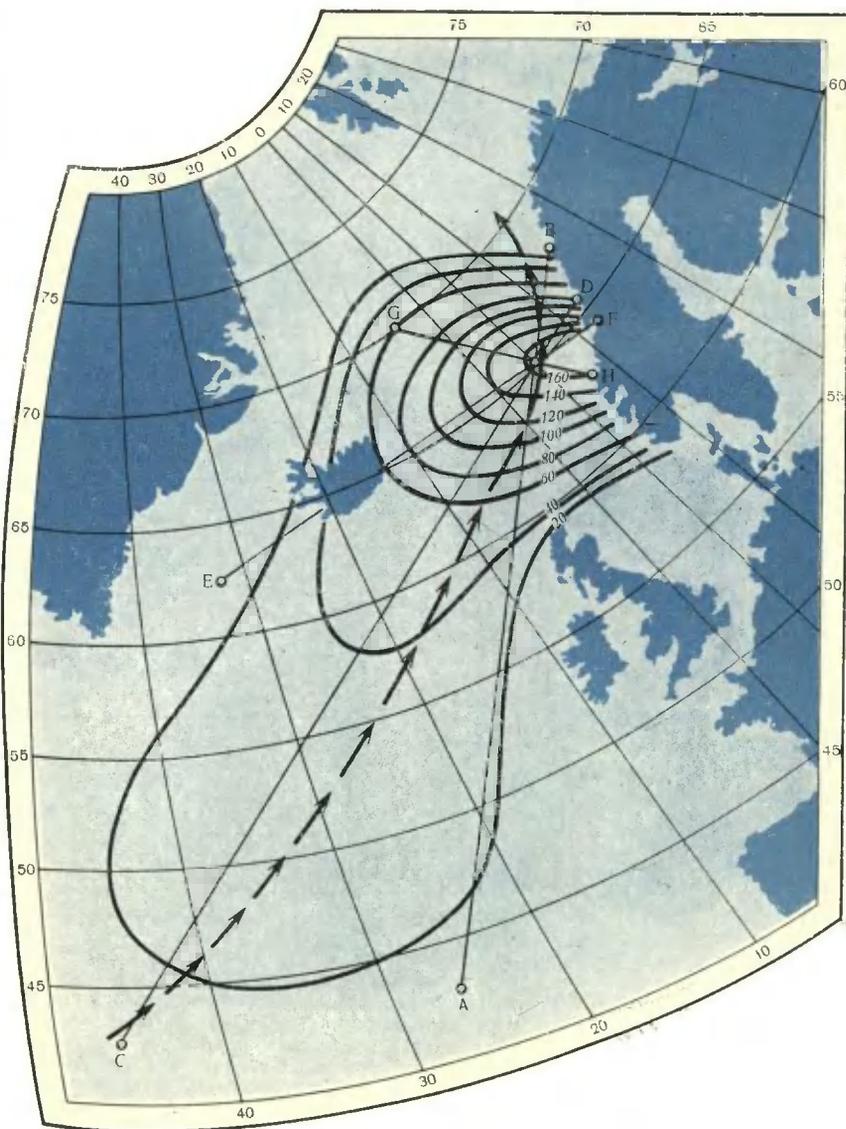


Рис. 3. Тепло, получаемое воздухом за счет турбулентного обмена с поверхностными водами океана. Цифры, проставленные при каждой изолинии, выражают поступление тепла в калориях с квадратного сантиметра поверхности в сутки. Стрелками нанесен на карту стрежень Северо-Атлантического течения и его продолжения — Норвежского течения.

кал/сутки. Разность этих величин, переведенная в энергетические меры, равна 78 млн мегаватт. Нашей стране достается примерно 70% этого тепла, идущего от «очага».

По рис. 3 можно судить и о том, откуда берется все это тепло. Теоретически (В. В. Шулейкин, 1968) количество тепла, с которым мы сейчас встретились, должно составлять лишь $\frac{1}{4}$ от полного количества тепла, приносимого в зимнее время с Атлантического океана. Значит, не-

обходимо выяснить: откуда же поступают остальные $\frac{3}{4}$?

Ответить на этот вопрос можно на основании анализа современной схемы Атлантических течений, основы которой были намечены еще П. П. Лазаревым¹. Приходится удивляться, до чего близко согласуется эта ориентировочная схема с современ-

¹ П. П. Лазарев. Собр. соч., т. 3, М., 1950.

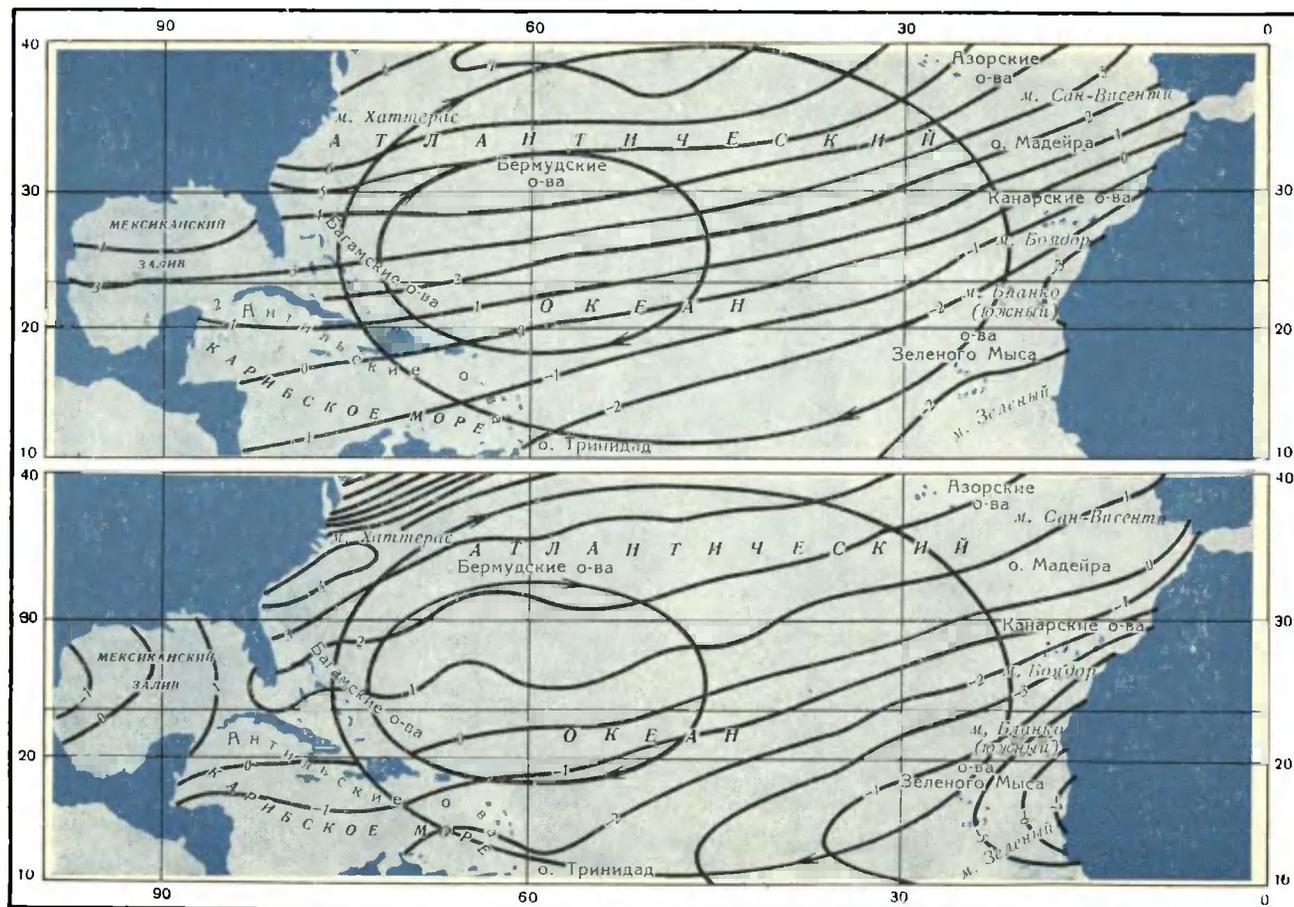


Рис. 4. Изаномалы температур поверхностной воды, созданные благодаря переносу тепла циклическими потоками в Атлантическом океане. Верхняя часть соответствует июлю, нижняя — январю. Цифры, поставленные при каждой тонкой линии, показывают, на сколько градусов температура поверхностной воды в соответствующих точках отличается от той, какая устанавливается на той же широте, в том же сезоне, на Тихом океане, где отсутствуют подобные циклические потоки (в Южном полушарии, где июлю соответствует январь, а январю — июль).

ными работами¹. Важно отметить, что, опираясь на последние исследования, мы должны рассматривать систему теплого течения Гольфстрим не как некую «реку в океане», а как своего рода краевой эффект в общей системе Атлантических течений, заключенных в среднем поясе Северного полушария. Вся эта система создана воздействием пассатов и влиянием очертаний береговой линии материков к северу от экватора. На всех картах, приведенных в только что упомянутых работах, отчетливо видна обширная зона Атлантики, охваченная циклическими потоками, которые идут примерно

вдоль эллипсов с общим фокусом на западе. Именно эта обширная область, по всем признакам, посылает в атмосферу на территорию нашей страны $\frac{3}{4}$ полного количества тепла, доставляемого зимой с океана. Мы исследовали эти потоки¹. Для количественных расчетов траектории водных частиц пришлось схематизировать: представить их в виде эллипсов, обладающих большими осями, направленными вдоль параллели 25°N и общим фокусом на меридиане

не 70°W (рис. 4). Длина большой оси внешнего эллипса составляет 5200 км, а внутреннего 3200 км. На основании многочисленных экспедиционных исследований можно считать, что близ западной вершины внешнего эллипса скорости течений составляют около 170 см/сек, а близ восточной вершины — около 20 см/сек. Допустив, что скорости на промежуточных этапах обратно пропорциональны длине радиусов-векторов, проведенных из западного фокуса, мы получили для времени обхода всего внешнего эллипса значение 14 месяцев. Интересно, что есть основания считать время обхода внутри лежащих эллипсов — таким же. Именно этим объясняется практическое отсутствие бокового трения между соседними струями,

¹ А. С. Саркисян. Расчет стационарных течений в океане. «Изв. АН СССР, сер. геофиз.», 1954, № 6; Г. Стоммел. Гольфстрим. М., 1963.

¹ В. В. Шулейкин. Перенос тепла течениями в замкнутом цикле Северной Атлантики. «Изв. АН СССР, сер. геофиз.», 1964, № 2; В. В. Шулейкин. Анализ сложных тепловых условий в области замкнутых циклически течений Атлантического океана. «Изв. АН СССР, сер. физика атмосферы и океана», т. 1, 1965, № 4.

отмеченное американским геофизиком Г. Стоммелом (1963).

Циклические потоки играют большую роль в перераспределении температур воды на поверхности океана, поскольку они, при движении по часовой стрелке, непрерывно перемещают воды из одного широтного пояса в другой. В этом можно убедиться, взглянув на тонкие кривые, вычерченные на обеих картах рис. 4. Легко заметить, что все кривые идут с наклоном к параллелям — с юго-запада на северо-восток. Нулевая линия проходит от о. Гаити примерно по направлению к Гибралтарскому проливу, и зимой, и летом.

Такое же расположение изолиний удалось получить теоретически, проанализировав теплообмен между водами циклических потоков и окружающими водами. Важно подчеркнуть, что благодаря отличию периода обхода всех траекторий (14 мес.) от года, теория подсказывает неизбежность своего рода «биений» в исследуемой системе. Если правильны значения скоростей течений, положенные в основу расчетов, то следует ожидать потеплений и похолоданий в исследуемой области, в особенности на северных этапах пути частиц, сменяющихся с периодом около 7 лет.

Солнце — Земля

Систематическое исследование температурного режима поверхностных вод должно внести уточнения в эти расчеты и выявить истинное значение периода колебаний. Легко понять, как велико значение подобных расчетов для построения теории изменений климата нашей страны и теории долгосрочных прогнозов погоды.

Но в настоящее время нельзя ограничиваться одними лишь планетарными явлениями, стремясь к созданию этих теорий: космические корабли и искусственные спутники Земли каждый день приносят все новые и новые данные о явлениях, разыгрывающихся в окрестностях нашей планеты, и прежде всего — об изменениях скорости и плотности потоков электрически заряженных частиц солнечного происхождения. Если в не-

далеком прошлом исследователи подозревали какое-то воздействие этих потоков на метеорологические явления, если стремились установить связь между возникновением, исчезновением, общим числом солнечных пятен — считавшихся основными источниками этих частиц — и изменениями метеорологических явлений в нижних слоях атмосферы, то все эти попытки приводили к неустойчивым соотношениям, которые очень часто не выполнялись.

Напротив, в наше время на смену далеким от нас солнечным пятнам вступили иные характеристики солнечной корпускулярной деятельности, учитываемые на космических кораблях и на искусственных спутниках Земли на несравненно меньших расстояниях.

Числовые характеристики солнечного ветра — скорость полета частиц и плотность их потоков — позволили советскому геофизику Р. В. Смирнову обнаружить несомненные связи параметров этого космического фактора с явлениями, разыгрывающимися в нижней тропосфере. Количественно подтвердился так называемый закон акцентации барических полей, о котором еще в 1920 г. писал советский климатолог Е. Е. Федоров, а в 1924 г. советский полярник В. Ю. Визе. Подтвердилась высказанная советским геофизиком Л. А. Вительсом в 60-х годах мысль о воздействии импульсов космического происхождения на термобарические сейши (стоячие волны), обнаруженные нами в 1939 г. и, к сожалению, до сих пор описанные лишь нашими весьма грубыми схематизированными уравнениями. Между тем, эти сейши являются виновниками самых суровых зимних морозов и заслуживают самого серьезного внимания специалистов по динамической метеорологии.

Чтобы убедиться в этом, достаточно взглянуть на рис. 5. Как видим, в Курске температура менялась на 25°, в Рейкьявике давление менялось на 45 мб. Отчетливо видно, что колебания происходили в противоположных фазах — как при сопоставлении географических точек, так и при сопоставлении двух описываемых параметров.

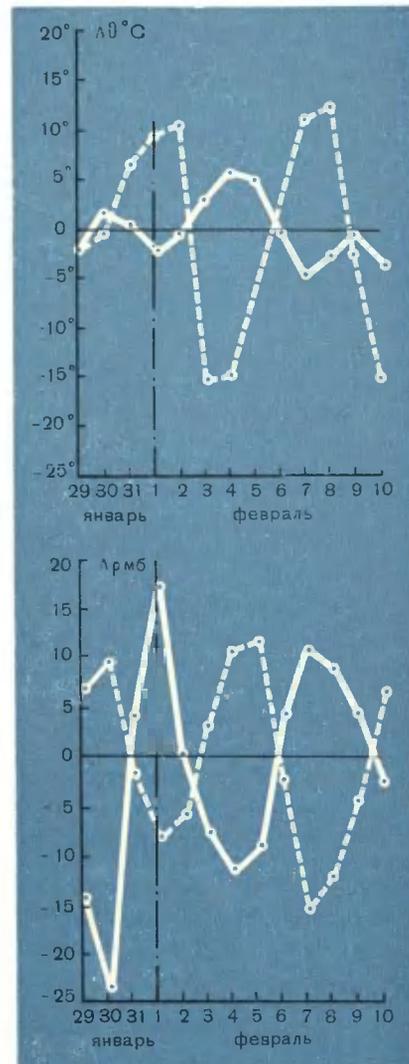


Рис. 5. Колебания температуры воздуха и атмосферного давления в Курске и Рейкьявике во время сейш 1966 г. (январь и февраль). Колебания температуры Δt (вверху) и давления Δp (внизу) в Курске — пунктирная кривая; в Рейкьявике — сплошная линия (по С. К. Олевинской, 1967).

С давних пор исследователи солнечно-тропосферных связей наталкивались на досадное обстоятельство, которое немало способствовало недооценке их работ скептиками: сопоставляемые явления в тропосфере и в космосе, обнаруживали колебания то в общей фазе, то в фазе противоположной. Р. В. Смирнов об-

наружил¹ причину подобного сб-
стоятельства. Оказалось, что знак
корреляции меняется тогда, когда
Земля переходит из одного секто-
ра околосолнечного пространства в
другой сектор, противоположный по
знаку поля. Им было показано так-
же, что энергия, сообщаемая маг-
нитосфере Земли при космических
импульсах, совсем не так мала, как
было принято считать в недавнем
прошлом. Ведь активные области
поверхности Солнца испускают при-
мерно 10^{13} частиц на см^2 сек. Обыч-
ная скорость полета этих частиц —
протонов, ядер гелия и более тяже-
лых — составляет сотни км/сек, но
во время погашения активности
Солнца эта скорость может превы-
шать 1500 км/сек. Подлетая с такой
громадной скоростью (и в сильно
возросшем по плотности потоке) к
границам магнитосферы Земли, они
вызывают различные возмущения
земного поля: магнитные бури, маг-
нитно-гравитационные волны на по-
верхности магнитосферы и поляр-
ные сияния, которые возникают
преимущественно в высоких шירו-
тах, но иногда достигают даже тропи-
ков.

Пока еще неизвестно, как переда-
ются эти возмущения вниз, как свя-
заны эти процессы в ионосфере
Земли с изменениями режима стра-
тосферы и тропосферы. Но уже сей-
час подтверждаются наши сообра-
жения о связях хотя бы особеннос-
тей подстилающей поверхности
внизу тропосферы с потоками иони-
зованного воздуха на высотах поряд-
ка 100 км в ионосфере.

В Кацивели постоянно работает
ионосферная станция, на которой
регистрируются скорости и направ-
ления движения неоднородностей в
слое E ионосферы. Подтвердилось,
что эти неоднородности дрейфуют
преимущественно вдоль генерально-
го направления береговой черты
Черного моря. Еще отчетливей это
видно на диаграмме рис. 6: зимой
преобладающий дрейф идет в на-
правлении около 202° (на юго-юго-
запад), а летом — в направлении

¹ Р. В. Смирнов. Изменения атмо-
сферной циркуляции при изменени-
ях параметров солнечного ветра.
ДАН, т. 187, 1969, № 6.

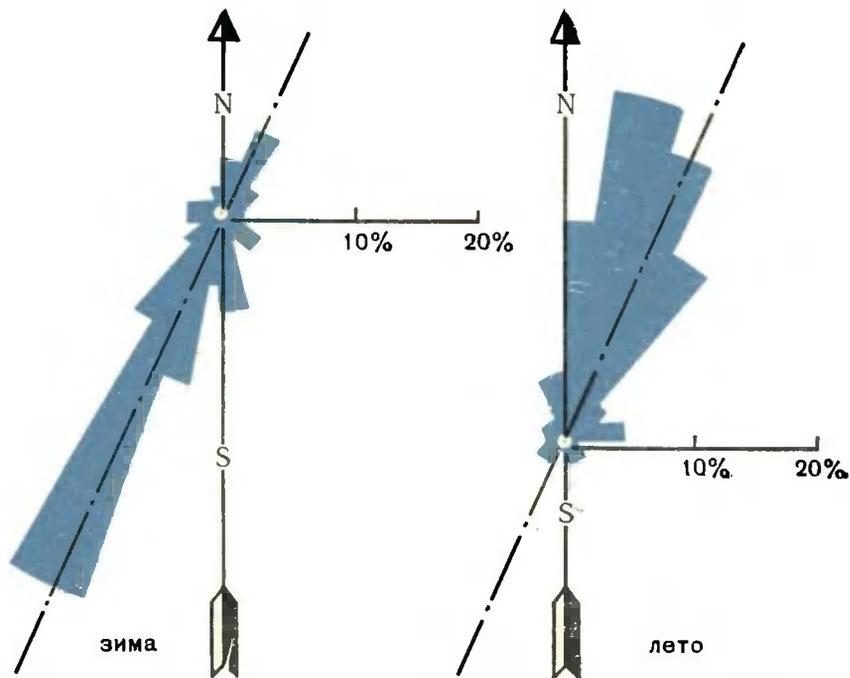


Рис. 6. Гистограммы скоростей движения неоднородностей в слое E ионосферы над берегами Болгарии (по Д. Самарджиеву и Г. Несторову, 1964). Направление генеральной береговой черты нанесено пунктиром.

около 24° (на север северо-восток).

Каким бы ни был механизм воз-
действия явлений в верхней ионо-
сфере на явления в нижней тропо-
сфере, изменения режима в ней до-
статочно надежно установлены
(рис. 7). За два дня до космическо-
го вторжения мы наблюдаем нор-
мальный режим тепловых машин
первого рода с нагревателем в тропи-
ческой зоне, холодильником на
Севере и явно выраженной зональ-
ной циркуляцией, которая лишь ча-
стично осложнена действием машин
второго рода (Океан — Атмосфе-
ра — Материка). Через сутки после
резкого импульса явно обнару-
жилась тенденция перехода от зо-
нальной циркуляции к меридиональ-
ной.

Сейчас Р. В. Смирновым собран
большой материал подобного рода,
свидетельствующий об изменениях
направления потоков в тропосфере,
которые отвечают за перенос тепла
между океаном и материками. Как
следствие, он установил, что при та-
ких сменах резко меняется погода.
Обнаружилось, что наибольшие из-
менения температуры воздуха и ат-

мосферного давления наступают в
точках, лежащих на береговой ли-
нии океана и даже небольших мо-
рей (например, Черного). Это свое-
го рода «эффект цилиндрической
линзы», как бы протянувшейся вдоль
берега.

Изменения режима тепловых ма-
шин первого и второго рода при
космических вторжениях — при по-
вышении скорости солнечного вет-
ра — прослеживаются на всей нашей
планете. Самый замечательным го-
дом в этом отношении был 1957 г.,
характеризовавшийся особо частыми
и сильными взрывами на Солнце, ко-
торые сопровождалась испусканием
плазмы с максимальными скоростя-
ми частиц. Норвежский геофизик
Я. Бьеркнес продемонстрировал на
Международном океанографическом
конгрессе в Москве (1966) карты ба-
рической топографии над Тихим
океаном, соответствовавшие зимам
1955/56, 1956/57 и 1957/58 гг. При со-
поставлении их видно, как в конце
1957 г. резко углубился минимум
атмосферного давления близ Аля-
ски и как вообще усилилась атмо-
сферная циркуляция над океаном и

над западным побережьем Северной Америки.

Все это было связано с расширением пояса теплых вод в зоне пассатов в 5 раз против средней многолетней нормы и появлением редконаблюдаемого теплого течения Эль-Нинья. Но изменения циркуляции не ограничились упомянутыми районами: они охватили не только Северную Америку и северную часть Атлантического океана, но также и все воздушное пространство над Европой, над нашей страной.

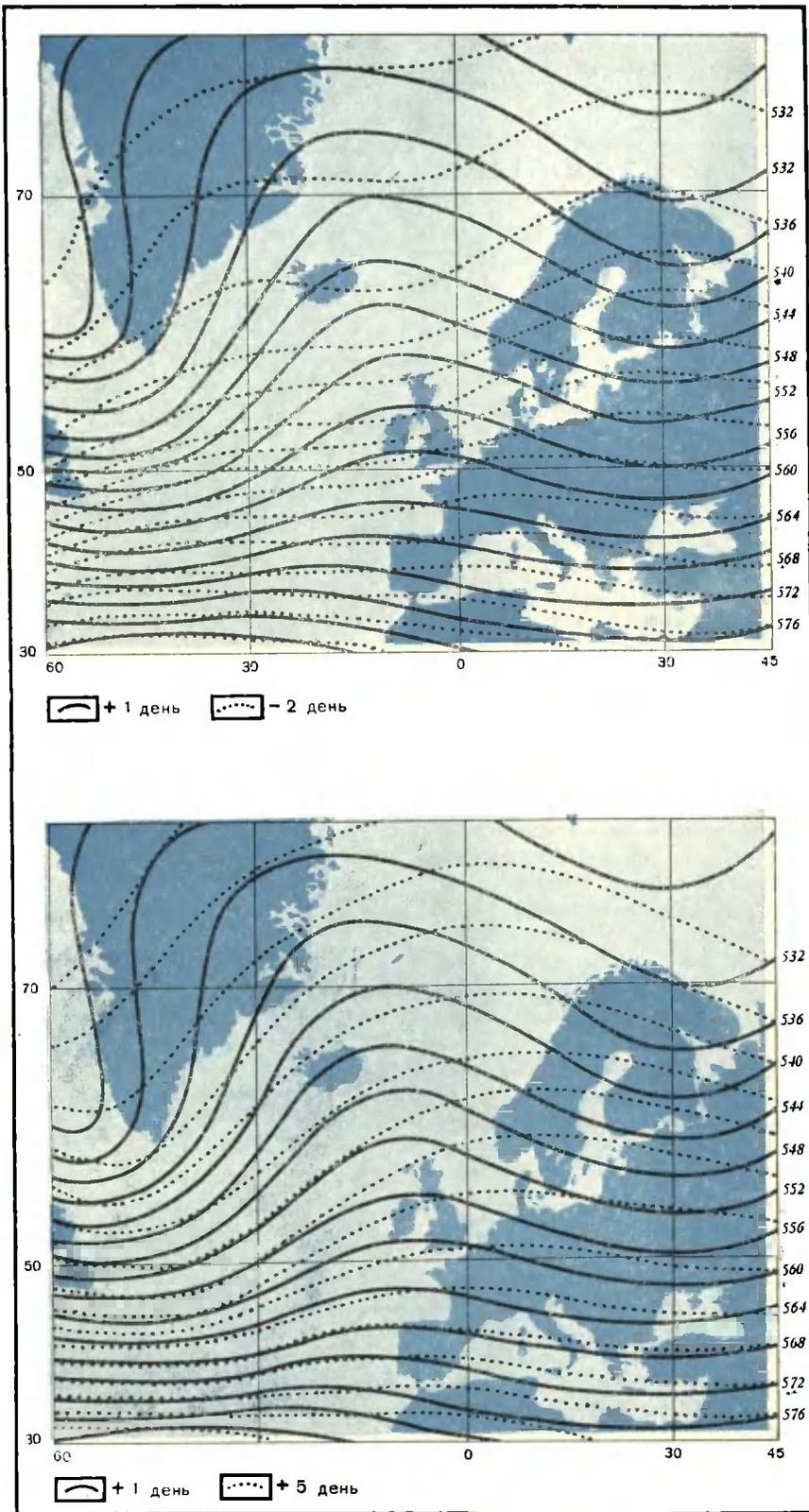
Тропический ураган

В самом начале настоящей статьи было упомянуто о тепловой машине пятого рода, работу которой исследуют во многих странах, даже далеких от районов ее проявления. Это — тропический ураган, термодинамика и механика которого стали понятными лишь недавно.

Обширный материал по географии тропических ураганов содержится в книге Д. В. Наливкина¹. Большинство исследователей ограничивается внешними характеристиками условий, в которых проходили ураганы, и очень мало работ посвящено попыткам приблизительно решить сложную термо-гидродинамическую задачу. Все эти попытки не привели к решениям, которые могли бы осветить механику самых мощных ураганов. По этой причине мы подошли к решению задачи о тропических

¹ Д. В. Наливкин. Ураган, бури, смерчи. М., 1969.

Рис. 7. Изменения атмосферной циркуляции после резкого изменения скорости солнечного ветра (по Р. В. Смирнову, 1969). Вверху: пунктирные кривые дают значения геопотенциала на 500-миллибарной поверхности за два дня до резкого увеличения скорости солнечного ветра. Сплошные линии дают значения геопотенциала на той же поверхности через сутки после резкого импульса, вызванного повышением скорости солнечного ветра. Внизу: пунктиром нанесены изолинии геопотенциала, характеризующие пятый день после космического вторжения. Сплошные линии перенесены с верхнего рисунка.



ураганах с иной стороны¹, что позволило сделать интересные выводы.

Прежде всего, воспользовавшись результатами измерений скоростей ветра на различных расстояниях от центра мощного — достаточно типичного — урагана, мы экстраполировали полученную зависимость от расстояния на все поле урагана, от его «глаза» до границы с невозмущенной областью.

На основании многочисленных фотографий облачных систем, полученных с искусственных спутников Земли, приняли, что с достаточным приближением угол между тангенциальной составляющей скорости и полным вектором скорости может считаться постоянным. Исходя из этих положений, удалось найти приближенные выражения для всех важных параметров системы тропического урагана в простых алгебраических функциях. В частности, был найден радиус окружности, огибающей на поверхности океана ту площадь, с которой вверх поднимаются восходящие потоки воздуха, близкого к насыщению водяным паром. Далее были найдены скорости этих восходящих потоков, и оказалось возможным вычислить количество пара, поднимающегося до уровня, на котором происходит его конденсация, с выделением большого количества тепла. Была вычислена энергия, сообщаемая за счет этого системе урагана, в секунду, применительно к типичному урагану, развивающемуся до полной мощности над водной поверхностью с температурой 28°. В результате была вычислена мощность, поглощаемая трением воздуха о поверхность океана, в системе исследованного урагана. Принято, что это та доля полной мощности, сообщенной урагану от океана, которая превращается в механическую энергию.

Сравнив выделившуюся мощность со всей, переданной океаном, при конденсации водяного пара, мы вычислили коэффициент отдачи. Этот коэффициент, как во всякой тепло-

¹ В. В. Шулейкин. Зависимость между мощностью тропического урагана и температурой подстилающей поверхности океана. «Изв. АН СССР, сер. физика атмосферы и океана», т. 6, 1970, № 12.

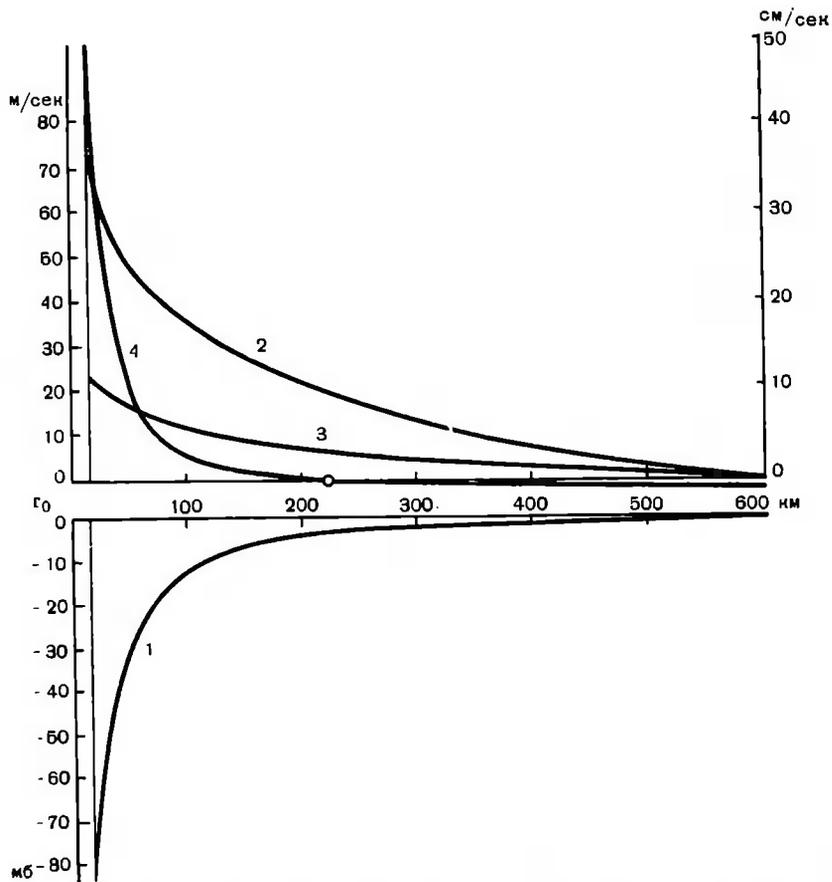


Рис. 8. Строение поля типичного тропического урагана (модель). Подробное описание см. в тексте.

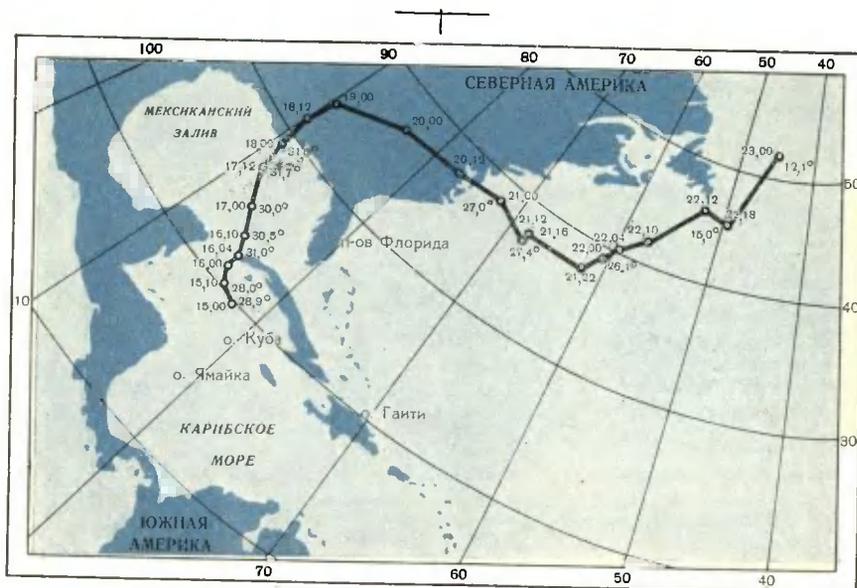


Рис. 9. Путь урагана «Камилла» с 15 по 23 августа 1969 г. (по данным Гидрометцентра СССР. Слева от кривой (или сверху): две первые цифры означают числа августа, две остальные — часы суток. Справа от кривой (или снизу) — температуры поверхности воды.

вой машине, возрастает с возрастанием разности температур между нагревателем и холодильником (ввиду невозможности найти точную зависимость между этими величинами, была принята приближенная).

Наконец, простые алгебраические соотношения позволили определить изменения мощности, отдаваемой океаном, при изменениях температуры поверхностной воды, и изменения мощности, поглощаемой при этом трением о поверхность воды.

На рис. 8 вычерчены кривые, характеризующие строение поля типичного тропического урагана большой мощности. Предполагается, что все данные отвечают температуре поверхностной воды 28° . Здесь кривая 1 выражает теоретически найденный закон падения давления атмосферы по мере приближения к «глазу» урагана (граница «глаза» отмечена тонкой вертикальной прямой). Как видим, оно достигает 85 мб. Кривая 2, построенная на основании экстраполированного материала наблюдений, описывает нарастание тангенциальной составляющей скорости (до 75 м/сек), а кривая 3 — нарастание радиальной составляющей (до 24,4 м/сек). Очень важная кривая 4, построенная на основании условия неразрывности, показывает, что вертикальная составляющая скорости ветра достигает на границе «глаза» около 50 см/сек, причем кривая пересекает ось абсцисс на расстоянии 225 км от центра урагана. Это значит, что на такое расстояние простирается «ядро урагана», внутри которого восходящие потоки воздуха поднимают с поверхности океана водяной пар. За пределами 225 км существуют нисходящие токи воздуха.

Надо отметить, что все перечисленные значения относятся к плотности, лежащей на высоте 500 м над океаном. На самой поверхности океана тангенциальная и радиальная составляющие должны быть меньше примерно на 10%. Интересно, что диаметр «ядра урагана» — 450 км — оказался примерно таким же, как ширина теплого Северного Пассатного течения, над которым преимущественно движутся атлантические ураганы. Тем самым обеспечивается

бесперебойная подача тепла от «нагревателя»; «холодильником» же служит все пространство, окружающее систему урагана. Полная мощность, получаемая таким ураганом от «нагревателя», оказалась, по нашим вычислениям, равной 200 млн мегаватт (т. е. 200 млрд кв). Как видим, она в 2,5 раза превышает ту мощность, которая отдается всей поверхностью океана, окружающей «очаг тепла» близ Скандинавского полуострова. Надо учесть при этом, что там площадь «нагревателя» простиралась на 15° вдоль меридиана, а в случае нашего «стандартного урагана» она занимает лишь 4° вдоль меридиана.

Коэффициент отдачи, который характеризует превращение тепловой энергии в механическую, в среднем несколько превышает 3%. Учтя приблизительно его изменчивость (при изменении температурных условий), мы получили для «стандарта» — при температуре поверхности океана 28° — значение механической мощности урагана около 7 млн мегаватт. При температуре поверхностной воды 27° эта мощность, поглощаемая трением воздуха о поверхность океана, уменьшается до 6 при температуре 29° достигает примерно 8, а при температуре 32° — около 12 млн мегаватт.

В августе 1969 г. в Карибском море и Мексиканском заливе получил развитие ураган небывалой мощности, носивший имя «Камилла» (рис. 9). В полдень 17 августа центр урагана находился над участком поверхности Мексиканского залива с температурой поверхностной воды $31,7^\circ$. Между тем, из карты Морского атласа, относящейся тоже к августу, явствует, что средняя многолетняя температура поверхностной воды тут не достигает даже 29° . Следовательно, исходя из проведенных нами вычислений, можно считать, что ураган «Камилла» должен был развить механическую мощность, в 1,5 раза превышающую среднюю норму для мощных ураганов, наблюдаемых над Мексиканским заливом.

На основании тех же теоретических расчетов следует, что «Камилла» должен был обладать мощностью, вдвое превышавшей среднюю мощность обычных ураганов,

следующих на запад вдоль Северного Пассатного течения.

Говоря о развитии тропического урагана, мы пока учитывали взаимодействия лишь между двумя звеньями системы «Океан — Атмосфера — Материк». Но легко показать, что и третье звено — суша — также повинно в возникновении этого мощного явления, и именно возникновении его на первых, зачаточных этапах. Действительно, французский геофизик А. Вильвье¹ проследил за 10 ураганами, пересекавшими Атлантический океан от берегов Африки до берегов Северной Америки, которые прошли наибольшую часть пути над теплыми водами Северного Пассатного течения. Он обнаружил, что они зарождались над Африканским материком, близ оз. Чад, сперва в виде слабых вихрей. Затем, выйдя в океан, эти вихри наращивали свою мощность (несомненно, по схеме, описанной выше). И это естественно: ведь в идеальной жидкости вообще не могут возникать вихри; в воздухе, обладающем вязкостью, они возникают не как-то самопроизвольно, а благодаря трению между слоями, движущимися один относительно другого с достаточной скоростью. В частности, сильные вихри возникают при движении воздушных потоков над какими-либо неоднородностями подстилающей поверхности. В данных случаях небольшое оз. Чад представляет собой участок поверхности, резко отличный от окружающих его раскаленных песков; зарождение вихрей тут обеспечено. Некоторые вихри могут возникнуть при стекании потоков пассата с Зеленого Мыса, или при обтекании о-вов Зеленого Мыса. Что касается урагана «Камилла», то для развития над сильно перегретыми водами Карибского моря и Мексиканского залива было достаточно вихря, возникшего при обтекании острова Ямайка. Как видим, и тут перед нами все три звена системы «Океан — Атмосфера — Материк».

УДК 551.51; 551.46; 551.41

¹ A. Villevielle. Sur l'origine et genèse des cyclones tropicaux de la mer Antilles. C. R. Acad. Sci., Paris, v. 258, 1964.

Магнитно-тормозное излучение — новый инструмент исследований

Профессор С. П. Капица



Сергей Петрович Капица, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института физических проблем АН СССР, заведующий кафедрой общей физики в Московском физико-техническом институте. Занимается исследованиями в области прикладной электродинамики и ускорителей. Под его руководством разработан сверхточный микротрон, нашедший разнообразные научные и технические применения. Опубликовал совместно с В. Н. Мелехиным монографию «Микротрон» (М., «Наука», 1969).

Современная физика, обращаясь к методу спектроскопии при исследовании взаимодействия излучения и вещества, использует чрезвычайно широкий диапазон электромагнитных колебаний. В обширном спектре электромагнитных колебаний есть важная область, лежащая между вакуумным ультрафиолетовым излучением, начинающимся при длинах волн в 2000—1000 Å, и жесткими рентгеновскими лучами с длиной волн ~ 1 Å, исследованная меньше других. Этот грандиозный интервал, занимающий 10 октав спектра, характеризуется энергиями квантов от 10 до 10 000 эв. Такие энергии свойственны внешним и внутренним оболочкам атома и его высоковозбужденным состояниям. В этом интервале энергий лежат также энергии многих характерных электронных переходов в твердых телах и молекулах. Кроме того, длинам волн порядка нескольких ангстрем соответствуют характерные размеры атомов, молекул и кристаллических решеток. Вот почему этот диапазон спектра несет в себе ключ к пониманию явлений, относящихся к самым разным областям науки.

До сих пор излучение в названной области спектра можно было получить или с помощью высоковольтных искр, или же в рентгеновских трубках. В том и другом случае интенсивность излучения была мала и его спектр плохо поддавался управлению.

Совершенно новые возможности в этой области открываются с применением магнитно-тормозного излучения (МТИ). Это излучение называется также синхротронным, так как

оно сопровождает работу синхротронов — ускорителей электронов на энергии в сотни мегаэлектронвольт и выше. В последние годы интерес к этому излучению возрос еще и потому, что мощным источником МТИ стали накопители электронов, создание которых связано с развитием экспериментов на встречных пучках (рис. 1).

Однако до сих пор большинство работ с МТИ проводилось на ускорителях, подчиненных программе исследований по физике высоких энергий, которая мало или вовсе не учитывала требований, связанных с использованием МТИ. Быть может, сейчас настал момент, когда следует отказаться от позиции «бедных родственников», подбирающих крохи с «барского стола» физики высоких энергий, и со всей остротой поставить вопрос о сооружении специальных установок, исключительно как источников МТИ. Здесь возможен подход по двум направлениям. Во-первых, можно направить уже существующие синхротроны и накопители по пути их использования в качестве источников МТИ. Во-вторых, уже сейчас следует думать о сооружении специальных источников МТИ. Такие проекты рассматриваются в Висконсинском университете. В Европейском центре исследований в области молекулярной биологии также изучается возможность сооружения специального источника МТИ.

Применения МТИ

Появление специальных источников МТИ приведет к созданию новых методов и приемов, которые сейчас

трудно предвидеть. Столь же трудно предвидеть и все те проблемы, которые здесь можно решать. Возможные применения МТИ показаны на рис. 2. Важнейшими из них представляются рентгеноструктурные исследования, в первую очередь исследования биологически важных структур — белков, нуклеиновых кислот, вирусов и т. д. Новый шаг возможен и в развитии рентгеноструктурных исследований обычного типа, когда высокая интенсивность сократит экспозиции в 1000 раз и позволит изучить кинетику явлений, которые прежними методами просто не успевали рассмотреть. Далее, в условиях малой доступности образца, например в исследованиях при высоких давлениях и температурах, МТИ также предоставляет новые возможности. Для изучения жидкостей сейчас применяют рассеяние нейтронов, однако наблюдения методом рассеяния рентгеновских лучей с длиной волны $\sim 10 \text{ \AA}$ даст новые сведения о жидкостях, в частности об электронной структуре и свойствах жидких металлов.

Очень интересно применение МТИ в радиационной химии. В настоящее время в радиационной химии обычно используют либо жесткое γ -излучение, либо быстрые частицы (в основном электроны). При попадании таких частиц в вещество происходит многоступенчатый процесс деградации излучения до тех энергий, которые важны в химии, — до десятков электронвольт и меньше. Используя мощные источники МТИ, можно сократить процесс деградации высоких энергий и непосредственно получать химически активные молекулы и атомы. Это новая и очень перспективная область современной химии — фотохимии и кинетики.

Значение спектроскопических исследований особенно возрастает в связи со стремительным развитием внеатмосферной астрономии. Эта область только зарождается, но многие астрофизики справедливо связывают с ней самые светлые надежды на ближайшее время. Однако освоение этой области невозможно без хороших земных источников излучения, с которыми можно было бы сравнивать излучение от небес-

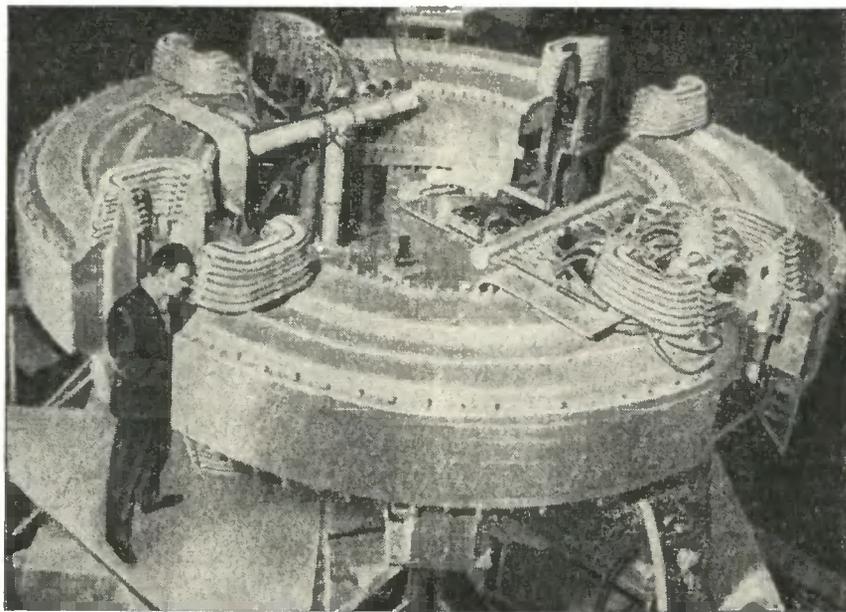


Рис. 1. Общий вид электронно-позитронного накопителя Института ядерной физики СО АН СССР.

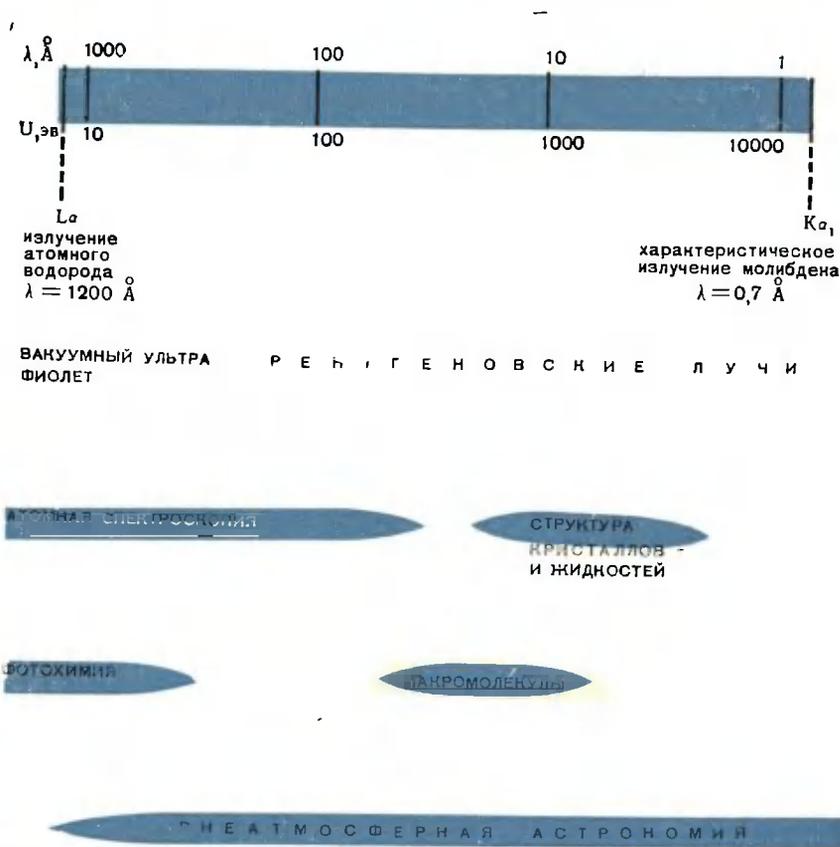


Рис. 2. Диапазон магнитно-тормозного излучения и различные области его использования.

ных объектов. Такие эталоны можно получить от регулируемой аппаратуры магнитно-тормозного излучения. Любопытно, что и здесь природа обогнала человека: МТИ — один из основных видов космического радиоизлучения. Наверное, излучение пульсаров также является магнитно-тормозным.

Значение МТИ можно рассмотреть и с позиций единства методов физики. МТИ рождается в ускорителях, призванных служить инструментом исследования элементарных частиц. Но ныне те энергии, при которых оно появляется, — уже пройденный этап в физике высоких энергий, и МТИ, бывшее до сих пор помехой, более того — даже фактором, определяющим предел энергии для циклических электронных ускорителей¹, само становится объектом, а затем и инструментом исследований в самых, казалось бы, не связанных между собой отраслях науки.

Механизм возникновения МТИ

Магнитно-тормозное излучение возникает при движении, точнее, при центростремительном ускорении быстрых электронов в магнитном поле, подобно тому как тормозное излучение возникает при отклонении электрона в электрическом поле ядра атома. При малых скоростях частота излучения близка к частоте обращения в магнитном поле, но для релятивистских частиц, движущихся почти со скоростью света, спектр излучения электрона смещается в область очень высоких частот.

Механизм излучения можно представить, рассмотрев поле заряда, движущегося по окружности с радиусом R при скорости v , близкой к скорости света c (рис. 3). Легко видеть, что при постоянной частоте оборотов заряда e^- на радиусе R можно указать такое значение R' , при котором скорость связанного с

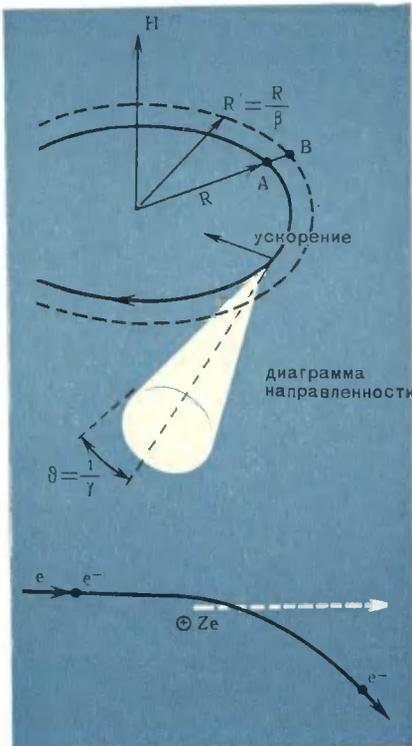


Рис. 3. Схема возникновения тормозного излучения: вверху — при движении электрона в магнитном поле H (в ускорителе). R — радиус орбиты, $\beta = v/c$, $R' = R/\beta$ — воображаемый радиус, на котором скорость виртуальных фотонов равна скорости света c ; внизу — в электрическом поле атома вещества.

зарядом электрического поля станет равной скорости света. Поле заряда можно рассматривать как совокупность так называемых виртуальных фотонов — фотонов, которые не могут стать свободными, так как им не хватает скорости. Дело в том, что фотон — квант электромагнитного поля, — чтобы быть свободным, должен обладать скоростью света c , а не скоростью $v < c$ электрона, с которым он связан. Однако те фотоны, которые размазаны вокруг заряда до точки В (см. рис. 2), будут иметь достаточную скорость и смогут стать свободным электромагнитным излучением — светом. Характерная длина волны этого света λ_0 будет приблизительно равна разности между R' и R . R' , очевидно, ра-

вен $Rc/v = R/\beta$. Таким образом,

$$\lambda_0 = R' - R = R \left(\frac{1}{\beta} - 1 \right) = R \left(\frac{1 - \beta}{\beta} \right),$$

где $\beta = v/c$.

Энергия электрона $E = E_0/\sqrt{1-\beta^2}$, где E_0 — энергия покоя электрона, равная $m_0c^2 = 511$ кэВ. Если мы введем так называемый релятивистский фактор $\gamma = E/E_0 = 1/\sqrt{1-\beta^2}$, то легко показать, что длина волны $\lambda_0 = R/2\gamma^2$. МТИ обычно наблюдают от электронов с энергией в сотни и тысячи мегаэлектронвольт, для которых $\gamma > 1000$.

Характерная длина волны определена нами в системе, связанной с зарядом. Для неподвижного наблюдателя, смотрящего навстречу движущемуся заряду, длина волны излучения благодаря релятивистскому эффекту Доплера станет короче и уменьшится еще в γ раз. Таким образом, характерная длина волны МТИ равна $\lambda_m = 1,7R/\gamma^3$, где множитель 1,7 определен уже точной теорией, а зависимость от радиуса R и энергии ясна из описанной выше картины излучения.

Спектр излучения, который также выведен в полной теории этого явления, линейно нарастает с частотой $\omega = 2\pi c/\lambda$ и достигает своего максимума при λ_m , а затем резко обрывается. Этот спектр по существу сплошной, хотя теоретически он и состоит из ряда отдельных линий, разделенных частотой обращения $\omega_0 = c/R$. Дело в том, что число отдельных линий $\sim \gamma^3$, а для синхротронов, как мы видели, $\gamma \sim 1000$; поэтому полное число линий $\sim 10^9$, они практически соприкасаются, и потому спектр можно считать сплошным. Заметим, что в области низких частот при неизменном радиусе R спектр мало зависит от энергии. При росте энергии и при скорости, близкой к скорости света, резко увеличивается именно жесткая, коротковолновая часть спектра (рис. 4). Радиус движения частиц R определяется магнитным полем и энергией E ; $R = E/300 H$.

Разберем конкретный пример. При энергии $E = 1000$ МэВ и $H =$

¹ См. А. И. Аликханьян. Электронный ускоритель на 6 миллиардов электронвольт. «Природа», 1968, № 11.

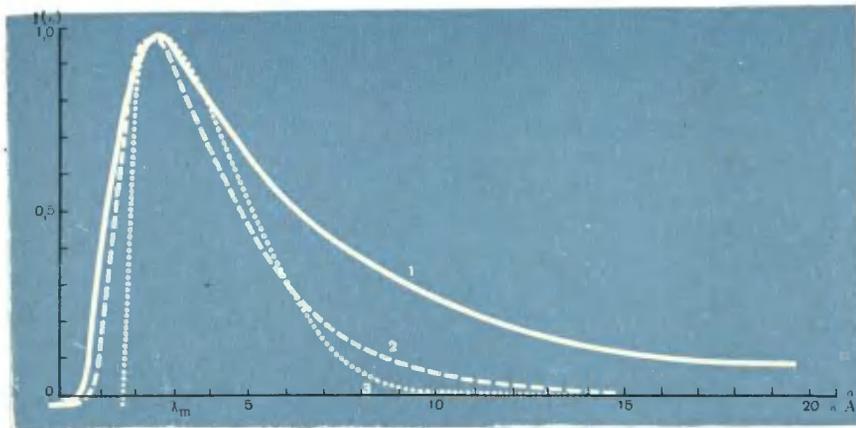


Рис. 4. Вид различных спектров излучения: 1 — магнитно-тормозного; $E_e = 1$ Гэв; $R_{орб} = 1,6$ м. 2 — абсолютно черного тела при $T \approx 10^7$ °К; 3 — тормозного излучения электронов в рентгеновской трубке при $E = 6$ кэв.

= 20 000 э радиус $R = 160$ см; релятивистский фактор $\gamma = 1000/0,511 = 1960$ и $\lambda_m = 1,7 \cdot 160/(1960)^3 \approx 3,6$ А. Общий вид спектра несколько напоминает спектр излучения черного тела при температуре ~ 10 млн °С (см. рис. 4; для сравнения здесь же приведен и спектр рентгеновской трубки с медным антикатодом при напряжении 6 кв).

МТИ обладает двумя очень важными свойствами, коренным образом отличающими его от рентгеновского и теплового излучения: оно сильно направлено и в высокой степени поляризовано. Плоскость поляризации (плоскость электрического вектора волны), как легко видеть, лежит в плоскости орбиты электронов. Направленность излучения всецело обязана его релятивистскому происхождению. С каждой точки орбиты излучение происходит по касательной и заключено в узком конусе с углом раствора $\phi = 1/\gamma \ll 1$. Следовательно, расходимость МТИ зависит только от энергии и составляет уже при сотнях мегаэлектронвольт всего доли миллиметра на метр расстояния. В плоскости орбиты излучение расходится по касательным во все стороны и в каждой точке, расположенной вне орбиты, интенсивность излучения определяется дугой ϕ , измеренной по орбите частиц.

Высокая направленность излучения приводит к тому, что вся мощ-

ность синхротронного излучения, которая в современных ускорителях измеряется десятками киловатт и больше, оказывается сосредоточенной в области узкого диска, толщина которого слегка увеличивается по мере удаления от электронной орбиты. Потеря энергии ΔE за оборот зависит от энергии E и радиуса R : $\Delta E_{(кэв)} = 8850E^4(\text{Гэв})/R(\text{см})$.

Для рассмотренного выше примера $\Delta E = 55$ кэв и при циркулирующем токе электронов $I = 1$ а общая мощность излучения будет равна 55 квт. Для оценки плотности потока тормозного излучения можно считать, что на расстоянии 5 м от электронного кольца плотность потока энергии составит 30 вт/см², а число квантов, проходящих через 1 см² за 1 сек на 1 А $\approx 10^{12} \div 10^{13}$ (спектральная плотность потока энергии выражается в квантах/см² · сек · А).

Именно эта очень большая интенсивность излучения и заставляет нас обратить специальное внимание на источники МТИ и именно она открывает качественно новые возможности в экспериментальных исследованиях. Для сравнения укажем, что в рентгеновской трубке эффективность преобразования энергии электронов в тормозное излучение составляет всего около 0,1%; на расстоянии 1 м плотность полного потока от трубки с пучком мощностью в 10 квт составит только 10^{-4} вт/см².

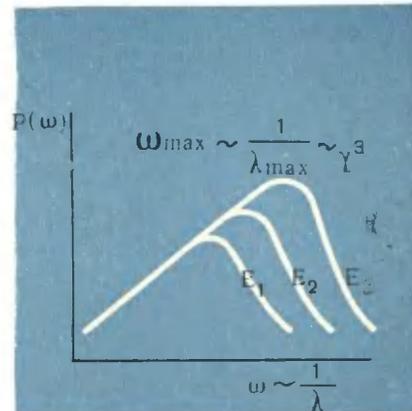


Рис. 5. Спектр магнитно-тормозного излучения в зависимости от энергии электронов при постоянном радиусе движения. $E_3 > E_2 > E_1$.

Справедливости ради, следует подчеркнуть, что в рентгеновской трубке присутствуют также узкие линии характеристического излучения. Используя фильтр, получают монохроматические линии, которые в отдельных случаях могут иметь определенные преимущества по сравнению со сплошным, хотя и очень мощным спектром МТИ. Однако именно сплошной спектр МТИ, имеющий известный вид и значительную мощность, все больше и больше привлекает исследователей. Зависимость спектра МТИ от энергии электронов приведена на рис. 5.

На ряде синхротронов и накопителей уже ведется работа с МТИ. Наиболее широко она поставлена на синхротроне DESY в Гамбурге (ФРГ), работающем при энергии 6 Гэв и имеющем максимум МТИ при $\lambda_m = 0,2$ А. Хотя этот ускоритель в основном используется по обширной программе исследований в области физики высоких энергий, все же на нем с помощью МТИ ведется ряд работ по спектроскопии, свойствам твердых тел и поверхностным явлениям. Построенный в Висконсинском университете (США) накопитель электронов на энергию 250 Мэв и $\lambda_m = 50$ А уже на протяжении трех лет используется исключительно как источник МТИ для исследований по очень широкой программе. Работы с МТИ ведутся также на других синхротронах, главным

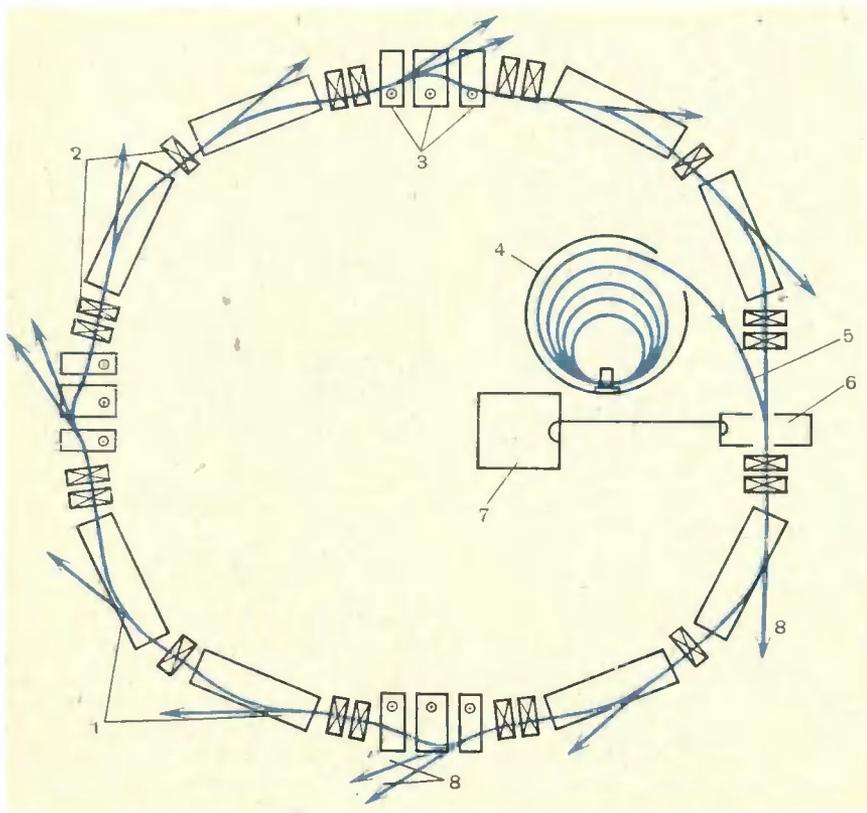


Рис. 6. Схема накопителя — источника магнитно-тормозного излучения: 1 — отклоняющий магнит со слабым полем; 2 — элементы фокусировки (квадрупольные линзы); 3 — излучательный магнит с сильным полем; 4 — микротрон-инжектор; 5 — участок инжекции; 6 — ускоряющий резонатор; 7 — высокочастотный генератор; 8 — каналы для выхода МТИ.

Различные варианты накопителей — источников магнитно-тормозного излучения

Таблица

Магнитное поле Н кэ	18			50		
Длина волны λ , А	2	10	100	2	10	100
Энергия E, Мэв	1470	660	210	880	400	125
Релятивистский фактор γ	2900	1290	410	1730	775	245
Радиус орбиты R, см	290	120	39	60	27	8,5
Потери энергии за оборот ΔE , кэв	150	13,4	0,425	90	8	0,25
Ток пучка в ма при мощности излучения $P = 10$ кВт	67	750	2350	110	1250	4000

$$\gamma = 1000 \sqrt{\frac{300}{\lambda H}};$$

$$R = \frac{30000}{\sqrt{\lambda H^3}};$$

$$\Delta E = \frac{1800}{\sqrt{\lambda^3 H}}$$

образом во Фраскати (Италия) и в Японии. Недавно принято решение о развитии исследований по МТИ на большом синхротроне NINA в Англии.

В Советском Союзе фундаментальные исследования самого синхротронного излучения, на которое впервые обратили внимание еще в 1944 г. Л. А. Арцимович и И. Я. Померанчук, проводятся в МГУ и в ФИАНе. Этому излучению была посвящена докторская диссертация А. М. Прохорова. В Ереване, на АРУСе — большом синхротроне, аналогичном DESY, также начаты исследования с МТИ. Все более активно работает по применению МТИ группа физиков МГУ.

Установка для получения МТИ

Как же должна выглядеть машина, специально сконструированная для получения МТИ? В основу ее, несомненно, будет положен накопитель электронов (рис. 6). Он состоит из кольцевого магнита, удерживающего, фокусирующего и ведущего (заворачивающего) частицы при их движении по замкнутым траекториям. Для введения частиц в накопитель их обычно предварительно ускоряют в меньшем ускорителе — инжекторе, а затем, медленно увеличивая магнитное поле, поднимают энергии электронов до больших значений. Весьма удобным инжектором может служить микротрон (рис. 7). Как и в синхротроне, частицы в накопителе ускоряются при этом в переменном электрическом поле резонатора, который одновременно служит для восполнения потерь частиц на излучение.

По-видимому, наиболее целесообразно строить накопитель по так называемой схеме разделенных функций, причем если в обычном накопителе или синхротроне есть только отклоняющие и фокусирующие элементы, то в накопителе — источнике МТИ добавится еще один элемент магнитной системы — излучательные магниты. В области этих магнитов существуют участки, в которых поле может несколько превышать ведущее поле. В таких участках части-

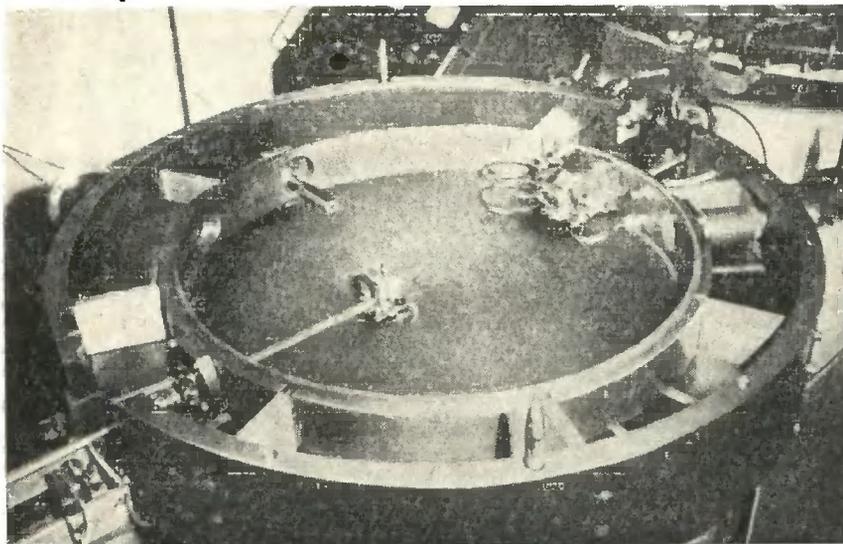


Рис. 7. Общий вид микротрона на 15 Мэв. Верхний полюс магнита и крышка камеры сняты. Видны внутренняя подвижная мишень (слева) и резонатор (справа).

цы будут резко отклоняться, и возникнет интенсивное МТИ. Излучательные магниты, поле в которых достигает $50 \div 100$ тыс. э, могут быть сверхпроводящими. Они не должны, однако, фокусировать или вести по кругу электроны — эти функции исполняют другие элементы сложной магнитной системы.

Параметры установки, естественно, определяются двумя основными факторами — длиной волны λ_m , важной для потребителя, и значением ведущего магнитного поля H , существенного с точки зрения конструкции установки. Мощность излучения определяется, по существу, током пучка. Она ограничена величиной ~ 100 квт; ограничение накладываемся коллективными эффектами в пучке.

В таблице рассмотрены два варианта накопителя: с $H = 18\,000$ э (с использованием железного магнита) и сверхпроводящий вариант с $H = 50\,000$ э. Варианты рассчитаны для $\lambda_m = 2 \text{ \AA}$, 10 \AA и 100 \AA . Заметим, что в такой машине магнитное поле вдоль орбиты на разных участках может иметь разное значение; соответственно будут излучаться и разные спектры. Более того, само поле может местами быть переменным по времени, и тогда спектр на таком участке будет модулирован

по значению предельной энергии.

Мы не будем подробнее рассматривать конструкцию магнита накопителя для источника МТИ. Современный опыт сооружения установок со встречными пучками, чему немало способствовали исследования, проведенные в последние годы под руководством Г. И. Будкера в Институте ядерной физики в Новосибирске, дает возможность уверенно проектировать и строить такие машины.

По существу, при постройке подобного накопителя используется весь грандиозный опыт и уточненная технология, рожденные современной физикой высоких энергий. По масштабам современной физики высоких энергий такая машина является довольно скромным делом; для физиков, работающих в других областях, она выглядит дорогим и сложным сооружением. Однако здесь может быть поучительно сравнение с атомным реактором. В последние двадцать лет исследовательские реакторы все больше используются не столько для целей ядерной физики, сколько, и именно, как могучий инструмент исследований в области физики твердых тел и жидкостей, радиационной химии и биологии. Источник МТИ, сравнимый с реактором по своим масштабам и стоимости, также будет использован многими

параллельно работающими группами. Очевидно, ни одно направление в отдельности не может ни загрузить, ни обеспечить такой источник МТИ, но его комплексное использование на стыке разных областей науки, несомненно, будет выгодно.

В развитии методики экспериментов с МТИ предстоит преодолеть ряд трудностей. Работать надо в высоком вакууме и не только потому, что МТИ интенсивно поглощается в атмосфере, но и потому, что очень высокого вакуума ($\sim 10^{-9}$ тор) требуют накопители электронов, если в них хотя бы обеспечить время жизни частиц, измеряемое часами. Специального внимания потребуют меры предохранения от МТИ ввиду его особой интенсивности. Однако такое излучение очень хорошо поглощается тяжелыми элементами, и поэтому простой свинцовый экран будет очень эффективен.

Заманчиво использовать способы фокусировки МТИ: расходимость его невелика, и потому здесь хорошо может работать отражающая оптика при скользких углах падения. Необходимость получать излучение с одной длиной волны требует дальнейшего развития средств монохроматизации; сейчас для этого с успехом применяют дифракционные решетки при косом падении.

Синхротронный излучатель — накопитель электронов — дает в руки исследователей мощный источник МТИ, в 1000 раз более мощный, чем источники, какими пока располагают экспериментаторы. Предвидеть все возможности, которые он откроет, нельзя. Но опыт истории науки еще и еще раз показывает, что появление новых экспериментальных средств неизменно приводит к прогрессу, часто неожиданному и потому непредвиденному, когда на стыке методов, рожденных в одной области физики, обогащается область, казалось бы, далекая от нее. Но природа едина, и потому методы экспериментального ее изучения должны быть общими. МТИ как бы новым светом освещает самые разные отрасли науки, и в этом заключен успех его применения.

Пути проникновения в океан

Профессор Г. Л. Зальцман



Генрик Львович Зальцман, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией прикладной физиологии Института эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова АН СССР. Его исследования посвящены проблемам патофизиологии центральной нервной системы и различным физиологическим аспектам действия на организм человека и животных повышенных давлений газовой и водной среды. Автор многих работ в этой области, в том числе монографии «Физиологические основы пребывания человека в условиях повышенного давления газовой среды» (Медгиз, 1961).

Состояние современных физиологических знаний дает достаточные основания полагать, что физиологические возможности организма человека позволяют ему освоить океанские глубины до 300 м при спусках в водолазном снаряжении и пребывании в подводных жилищах. Это означает, что колоссальные по площади глубины континентального шельфа могут и должны быть поставлены на службу человеку¹.

В настоящее время наметились два пути проникновения в океан. Первый — это водолазные спуски в «мягком» индивидуальном изолирующем снаряжении². Производственные возможности человека в таком снаряжении близки к наземным, и многие сложные технические операции успешно могут выполняться под водой. Однако условия существования человека в воде приходится оценивать как экстремальные, поскольку механическое давление воды, повышающееся на 1 атм через каждые 10 м, передается через водолазный скафандр на газовую среду и далее на организм человека. Это обстоятельство ограничивает глубину безопасных спусков.

Второй путь освоения океана — подводные погружения в жестких устройствах, которые ограждают организм человека от действия повышенных давлений

извне, позволяя тем самым сохранить условия его существования, близкие к наземным. Все океанские глубины уже пройдены с помощью таких устройств, однако пребывание в них чрезвычайно ограничивает возможности производственной деятельности человека.

Если идти по первому пути, дальнейший прогресс освоения океана зависит, прежде всего, от решения физиологических проблем, т. е. от того, насколько удастся сохранить нормальную жизнедеятельность и работоспособность человека в условиях повышенных давлений газовой и водной среды. Во втором случае прогресс зависит от разработки технических средств для выполнения необходимых производственных операций с управлением из жестких устройств. Трудно предсказать, когда будут разрешены поставленные технические проблемы, а до той поры, говоря об освоении океана, следует считать покоренной глубиной ту, куда непосредственно ступила нога человека.

Проблемами специальной физиологии подводных погружений занимаются уже более ста лет. Исследования в этой области вели такие известные ученые, как Дж. Холдейн и др. В Советском Союзе физиология подводных погружений начала успешно развиваться с начала 30-х годов. Ее основоположниками по праву считаются акад. Л. А. Орбели, его ученики — акад. Е. М. Крепс, проф. М. П. Бресткин и др. и врачи — представители флота: В. П. Анин, К. А. Павловский и др. Образованной ими Комиссии по азарийно-спасательному делу принадлежат

¹ Е. М. Крепс. Гипербария и подводная физиология. «Вестник АН СССР», 1971, № 4.

² Сюда же следует отнести пребывание акванавтов в подводных базах, жилищах и других погружаемых устройствах, в которых давление газовой среды уравновешено с забортым.

такие достижения, как освоение глубоководных водолазных спусков на искусственных гелиокислородных дыхательных смесях, разработка метода кислородной декомпрессии и т. д.

Физиологическая характеристика подводных погружений

Какие же физиологические процессы возникают в организме человека при подводных спусках в водолазном снаряжении и какие из них служат барьером для этих погружений в зависимости от глубины?

Главный экстремальный фактор, непосредственно воздействующий на организм человека в условиях подводных погружений,— это повышенное давление газовой среды. С физиологической точки зрения, повышение давления выступает как комплексный раздражитель, вызывающий в организме многообразные сдвиги и ответные реакции — приспособительные и патологические. При анализе этих процессов следует выделять различные типы действия повышенных давлений газовой среды на организм¹.

Механическое действие повышенных давлений проявляется в форме общей объемной компрессии организма,— его равномерного сжатия в результате переноса энергии молекул сжатого газа на все поверхности тела. При значительной величине внешнего давления такая компрессия вызывает специфическую патологическую реакцию, обозначаемую многими авторами как механонаркоз.

Еще одна форма механического воздействия повышенных давлений — это местная компрессия тканей организма, окружающих внутренние газовые полости. Полость среднего уха, придаточные пазухи носа, дыхательные пути сообщаются с внешней средой; при быстром повышении (или снижении) давления оно не всегда успевает уравновеситься в этих полостях за счет поступления газа извне (или выхода

вовне). В результате изменения объема газа происходит деформация и смещение тканей, окружающих газовую полость, а при превышении их эластичности — травма ткани, именуемая баротравмой (разрыв барабанной перепонки, носовые и горловые кровотечения и др.). И наконец, особе механическое влияние оказывает повышенная плотность сжатого газа. Создается дополнительное сопротивление активному перемещению газа в дыхательных путях человека, что приводит (при определенной величине плотности газа) к нарушению функции внешнего дыхания и развитию гипоксии (общая кислородная недостаточность организма).

Еще один тип действия повышенных давлений газовой среды на организм — это физико-химическое действие газов. Сжатый газ проникает в организм через легкие и, в соответствии с законом Дальтона, растворимости газа в крови и тканях повышается пропорционально увеличению его парциального давления во внешней среде. Обязательный компонент дыхательных смесей — жизненно необходимый кислород при избыточном проникновении в организм под давлением становится токсичным: он вызывает судороги, получившие название кислородной эпилепсии. При длительном действии на организм повышенных давлений кислорода патологические нарушения проявляются в форме кислородной пневмонии.

Другим обязательным компонентом дыхательных смесей являются индифферентные газы — разбавители кислорода: азот — в естественной воздушной среде или гелий, водород, аргон и др. — в искусственных газовых средах. Насыщая организм под давлением, эти газы перестают быть индифферентными и оказывают наркотическое действие, так называемый гипербарический газовый наркоз.

И, наконец, последний тип действия повышенных давлений газовой среды — это фазовые превращения избыточно растворенного индифферентного газа в организме, т. е. переход газа в свободное состояние. Это происходит при определенном сочетании двух предшествующих ти-

пов действия повышенных давлений, механического и физико-химического, когда в результате декомпрессии допущен значительный перепад между напряжением индифферентного газа в тканях организма и внешним механическим давлением. Газ выделяется внутри организма в виде газовых эмболов¹, что приводит к развитию декомпрессионной, или кессонной, болезни.

Таков перечень лишь главных физиологических барьеров, которыми огражден океан от проникновения человека в его глубины.

Не все из перечисленных реакций зависят от величины общего давления газовой среды, т. е. от глубины погружения. Так, баротравма тканей, окружающих придаточные полости дыхательной системы и легких, непосредственно зависит от скорости компрессии или декомпрессии и возникает обычно в самые начальные моменты погружения или при выбрасывании на поверхность, когда относительное изменение давления наибольшее. Правильное регулирование скорости компрессии и декомпрессии, регулярное медицинское освидетельствование и специальная тренировка водолазов позволяют успешно предотвращать этот вид нарушений.

Действие кислорода непосредственно зависит от его содержания в дыхательных смесях. Оно регулируется при любой глубине спуска с таким расчетом, чтобы парциальное давление кислорода не превышало допустимых значений: от 0,2—0,3 ата² при длительных погружениях и до 1,5—3,0 ата при кратковременных. При соблюдении этих условий для людей с нормальной реактивностью организма возможность наступления патологических реакций в ответ на действие кислорода исключается.

¹ Эмболы (греч. εμβολή — вбрасывание) — частицы, которые могут застревать в просвете сосудов и вызывать их закупорку. Газовые эмболы возникают в крови в виде пузырьков при быстром переходе от высокого атмосферного давления к более низкому.

² Парциальное давление газов выражается в абсолютных атмосферах — ата, общее давление — в добавочных атмосферах ати; ата = ати + + 1.

¹ Г. Л. Зальцман. Физиологические основы пребывания человека в условиях повышенного давления газовой среды. Медгиз, 1961.

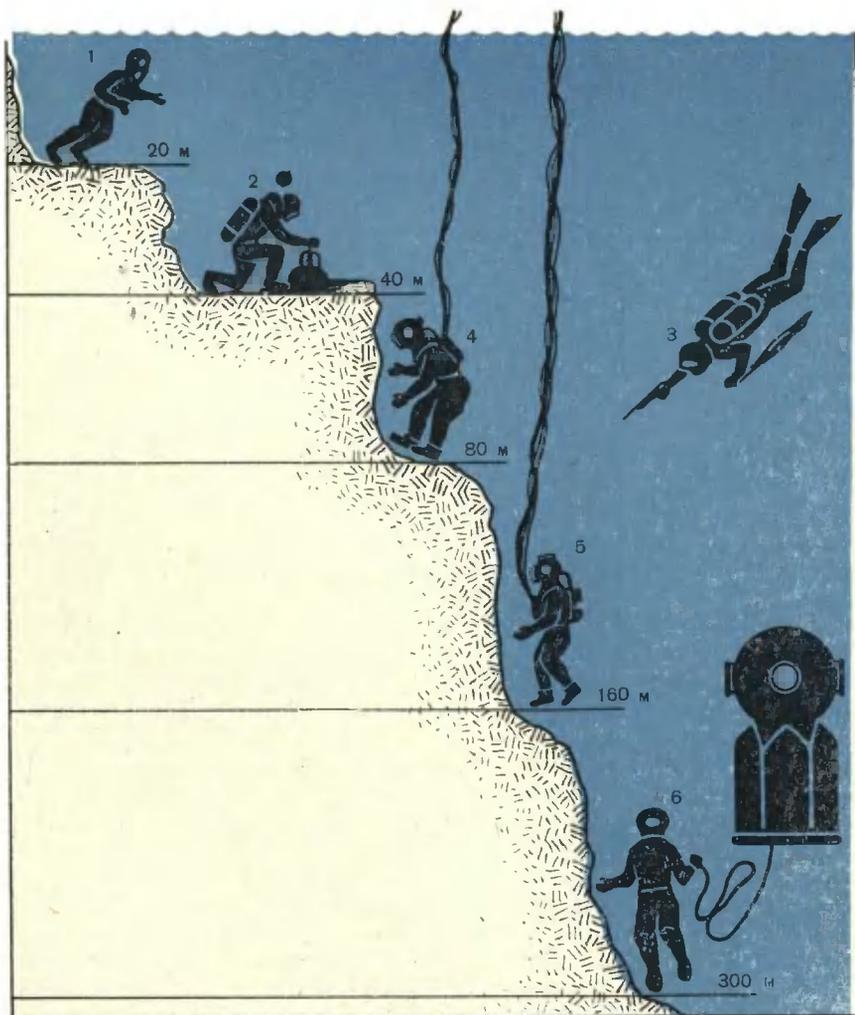


Рис. 1. Освоение глубин при кратковременных спусках в водолазном снаряжении.

Таблица 1

Предельные глубины погружений	Состав дыхательных смесей	Типы водолазного снаряжения
20	чистый кислород	регенеративное снаряжение с замкнутым циклом
40	40% азотно-кислородные (25% воздушно-кислородные) смеси	инъекторно-регенеративное снаряжение, регенеративное снаряжение с замкнутым и полужамкнутым циклом
40—80	воздух	снаряжение с открытой схемой дыхания (акваланги)
60—80 160	воздух гелио-азотно-кислородные (33 и 50% воздушно-гелиевые) смеси	вентилируемое снаряжение инъекторно-регенеративное снаряжение, регенеративное снаряжение с замкнутым и полужамкнутым циклом
200—300	0,5 — 10% гелио-кислородные смеси	инъекторно-регенеративное снаряжение, регенеративное снаряжение с замкнутым и полужамкнутым циклом.

Остальные патологические реакции прямо или косвенно связаны с глубиной спуска. Чем она больше, тем сильнее выражены и необратимы изменения и нарушения, наступающие в организме.

Рассмотрим более подробно эти физиологические барьеры.

Декомпрессионный барьер

Начнем с одной из самых серьезных и исторически первой, проявившей себя раньше всех профессиональной опасности для водолазов, — декомпрессионной, или кессонной болезни.

До открытия в начале нашего столетия Дж. Холдейном¹ принципов рациональной декомпрессии, декомпрессионный барьер был непреодолим: «расплата при выходе» могла наступить после каждого погружения на глубины свыше 10—12 м или после работы в кессоне под давлением свыше 1,0—1,2 ати. Чтобы декомпрессия проходила безопасно, режим снижения давления должен повторять форму кривой насыщения организма от избыточно растворенного индифферентного газа, ибо только при таком условии газ будет выделяться вовне, не образуя в крови и тканях стойких эмболов. Процесс выведения газа из организма протекает чрезвычайно медленно. Многие часы и даже сутки требуются, чтобы молекулы индифферентного газа перешли из клеточных элементов во внеклеточные среды, затем в лимфу и кровь и покинули организм через дыхательные пути. Попытки ускорить эти процессы пока не дали положительных результатов.

Сроки насыщения, а следовательно, и сроки декомпрессии однозначно определяют напряжением растворенного в тканях индифферентного газа, а напряжение зависит от глубины спуска и сроков пребывания под давлением. Чем больше глубина спуска и время пребывания, тем больше и время безопасной декомпрессии. Для глубин 150—200 м сроки декомпрессии настолько превы-

¹ J. B. Haldane. Diving Commission Report Admiralty, 1906.

шают «полезное» время пребывания на грунте, что водолазный труд практически становится непроизводительным: на каждую минуту работы на грунте затрачивается несколько часов для обеспечения безопасности выхода на поверхность. Прогрессирующие с глубиной сроки рациональной декомпрессии стали в наше время барьером на пути освоения человеком океана.

Поиски возможностей преодоления декомпрессионного барьера сосредоточились прежде всего на попытках сократить сроки безопасной декомпрессии. Одна из них связана с частичной заменой индифферентного компонента газовой среды кислородом. В отличие от индифферентных газов, кислород утилизируется в организме, и после дыхания чистым кислородом под давлением вообще не требуется проведения замедленной декомпрессии. Однако возможности обогащения смесей кислородом ограничены его токсичным действием (1,5—2,0 ата — таковое допустимое парциальное давление кислорода). Обогащенные кислородом газовые смеси существенно уменьшают сроки декомпрессии только при спусках на малые глубины, где эти сроки и так невелики, но при глубоководных погружениях они дают очень малую экономию времени. Широко практикуется дыхание чистым кислородом на последних остановках при декомпрессии, что позволяет сократить время выдержек на несколько часов.

Другая попытка заключалась в сменном применении различных индифферентных газов — аргона, азота, гелия и т. д. на разных этапах подводного спуска.

Смена газов должна производиться с таким расчетом, чтобы ни один из них не проникал в организм на длительное время и не успевал прочно осесть в тканях. Идея эта впервые была высказана Н. В. Лазаревым¹. Осуществивший этот способ на практике Г. Келлер² в несколько раз сократил режимы декомпрессии при

спусках на глубины до 300 м. Новый метод оказался чрезвычайно эффективным, но лишь при сроках пребывания на грунте, не превышающих нескольких минут. При более продолжительном пребывании невозможно предотвратить интенсивное насыщение организма индифферентным газом, и в частности гелием, так как гелио-кислородная смесь — единственно пригодная для дыхания на больших глубинах и «сменить» ее в настоящее время практически нечем.

Лишь в последние годы наметился эффективный метод преодоления «декомпрессионного» барьера. Идея его проста: поселить человека в океане на длительные сроки — недели, месяцы в специальных камерах, заполненных газовой средой, чтобы он мог систематически выходить на работу на тех же глубинах, а декомпрессия проводилась бы только один раз в конце срока подводной жизни для безопасного выхода на поверхность. При такой постановке проблемы декомпрессия, сколь бы длительна она ни была, не ограничивает полезное время работы на грунте, и режим труда человека в подводных условиях становится близким к «наземному».

Итак, преодоление декомпрессионного барьера породило новый метод подводных погружений — «погружения с насыщением», как их называют французские авторы, имея в виду, что во время длительного пребывания под давлением происходит полное насыщение тканей организма индифферентным газом (при данном его парциальном давлении во внешней среде). Первый эксперимент в подводном доме был осуществлен в 1962 г. известным французским исследователем Ж.-И. Кусто. Особенно перспективными в деле освоения океана представляются подвижные подводные дома или «мокрые» подводные лодки, в которых акванавты могут быть доставлены в необходимое место океана и осуществлять «бездекомпрессионные» выходы на грунт для выполнения подводных работ.

Эксперименты с длительным пребыванием в ограниченных герметичных помещениях с регенерируемой

газовой средой показали, что даже при нормальном давлении с течением времени постепенно детренируются одни функциональные системы (двигательная, сенсорная), а другие работают с повышенной нагрузкой (нервная, гормональная).

«Вклад» повышенных давлений в этих условиях служит предметом интенсивных исследований, ведущихся в настоящее время во многих странах.

Наркотический барьер

С наркотическим действием повышенных давлений азота воздуха физиологи встретились еще в 30-е годы при освоении глубин 60—100 м. Начальные проявления действия азота оказались сходными с алкогольным опьянением: расстройство координации движений, нарушение логического мышления, растормаживание эмоциональных реакций, галлюцинации и т. д., вплоть до потери сознания. При действии больших парциальных давлений азота, как было показано в опытах на животных, наступает типичный наркотический сон. Чтобы преодолеть наркотический барьер и освоить дальнейшие глубины, необходимо было заменить азот воздуха более индифферентным в физиологическом отношении газом. Таким газом оказался гелий, прочно вошедший в водолазную практику. Применение гелио-кислородных смесей позволило значительно продвигаться в глубь океана. Уже были достигнуты глубины в 200, 300 м, а типичных наркотических симптомов не наступало. Возникли даже сомнения в принадлежности гелия к наркотическим агентам.

Однако при изучении этих вопросов в лабораторных условиях нам¹ удалось выявить следующие начальные сдвиги, наступающие при быстрой компрессии в условиях гелио-кислородной среды, начиная с 13—16 атм: характерный гелиевый тремор (мелкая ритмичная дрожь верхних конечностей и туловища), обед-

¹ Н. В. Лазарев. Биологическое действие газов под давлением. Л., 1941.

² H. Keller a. A. A. Bühlman. «J. Appl. Physiol.», В. 20, 1965, S. 1267.

¹ Г. Л. Зальцман. Начальные проявления гелиевого наркоза у человека. В кн.: Гипербарические эпилепсия и наркоз. М.—Л., «Наука», 1968.

Таблица 2

Предельные глубины погружений в м	Газовая среда в подводных жилищах	Типы устройств для поддержания постоянства газовой среды в жилищах
10—12 40	воздух 10—20% азотно-кислородные (азотно-воздушные) смеси	вентиляционные регенеративные
200—300	0,5—10% гелио-кислородные (гелио-азотно-кислородные) смеси	регенеративные

нение мимики, ограниченность и скованность движений, напряжение мышц и т. д. По этим проявлениям начальное действие гелия можно сблизить с симптомами паркинсонизма — болезни, наступающей в результате нарушения функции высших подкорковых двигательных центров. В дальнейших экспериментах на животных удалось показать прямое повышение активности этих центров при регистрации биотоков с помощью вживленных электродов. Повидимому, это результат угнетения и ослабления контроля со стороны вышестоящих отделов мозга. Таким образом, начальные проявления гелиевого наркоза можно свести к двигательным нарушениям. На глубинах до 200—250 м эти сдвиги в значительной мере нормализуются во время пребывания на грунте и трудовой деятельности человека существенно не препятствуют.

Более глубокие наркотические нарушения, ограничивающие производственные возможности человека, установлены в самое последнее время К. Фрюктызом, Р. Брауэром и Р. Наке (1968) при проведении экспериментов в камере с максимальным давлением гелио-кислородной среды 36,5 атм (что соответствует глубине 365 м)¹. Описан «нервный синдром высоких давлений» с тремя компонентами: двигательные нарушения (постоянный тремор, расстройство координации движений), понижение уровня бодрствования (сонливость, отсутствие интереса к окружающему миру) и изменение биотоков мозга (появление заторможенности, характерной для начальных стадий сна и

наркоза). При проведении замедленной, многочасовой компрессии эти симптомы развиваются и прогрессируют начиная с давлений 23—27 атм и становятся выраженными и стойкими при давлениях 33—35 атм. Таким образом, с точки зрения освоения глубин, «возможности» гелия исчерпаны, и, как полагают авторы, достигнут наркотический барьер.

Существует ли более индифферентный газ, способный заменить гелий, чтобы продолжать движение в глубь океана? Этот вопрос стал в настоящее время предметом оживленных научных споров и поисков. Единственным «кандидатом» на место гелия прочат водород. Водородо-кислородные смеси при определенных соотношениях компонентов взрывоопасны и потому не получили широкого распространения в водолазной практике. Однако при глубоководных спусках этой опасности удается избежать, так как содержание кислорода в дыхательных смесях снижается до 1—2%. Максимальные глубины, достигнутые в отдельных спусках при дыхании водородо-кислородными смесями, — это 250 м, причем ярко выраженных наркотических сдвигов не было отмечено.

Проявление водородного наркоза у животных было установлено в наших¹ опытах и подтверждено другими исследователями. Симптомы развивались при давлениях приблизительно в 1,5 раза меньших, чем сходные проявления действия гелия. Так,

¹ Г. Л. Зальцман, И. Д. Зиновьева. Описание внешних проявлений гипербарического (азотного, водородного, аргонного и гелиевого) наркоза у животных. В кн.: Гипербарические эпилепсия и наркоз, М.—Л., «Наука», 1968.

первые изменения нормального поведения наблюдались у мышей под давлением водородо-кислородной смеси в 15—30 атм, а при дыхании гелио-кислородными смесями под давлением 30—40 атм. В работе А. Мишо¹, выполненной с участием проф. Ж. Шуто в 1969 г., был установлен новый факт, «порочащий» водород как индифферентный компонент дыхательных смесей. Выяснилось, что через 7—20 час. дыхания кроликов водородо-кислородными смесями под давлением 29 атм (парциальное давление кислорода 0,435 ата) у всех животных наступали урежение пульса и дыхания, полное исчезновение биотоков мозга, а через 20—24 часа — гибель от остановки дыхания.

Однако в опытах других ученых этот факт не подтвердился, и причина расхождения усматривается в разной степени очистки водорода. Независимо от дальнейшего разрешения этого спора уже сейчас можно считать, что полную замену гелио-кислородных смесей на водородо-кислородные нельзя считать перспективной для преодоления наркотического барьера, так как водород вызывает в организме нарушения при давлениях более низких, чем это наблюдается у гелия.

Остается возможность борьбы с наркотическим барьером путем частичной замены гелия другими индифферентными газами, иными словами, возможность использования трех- и более компонентных дыхательных смесей. Положительное решение этого вопроса зависит от подбора таких газов, патологический эффект которых не суммируется в центральной нервной системе, т. е. газов с разным механизмом наркотического действия. Опыты показывают, что по наркотическому действию гелий значительно отличается от азота и аргона. Следовательно, гелиевый наркотический барьер может быть «отодвинут» при частичной его замене азотом или аргоном. Гелио-азотно-кислородные смеси, включая разработанный нами их упрощенный вариант — воздушно-гелиевые смеси,

¹ A. Michaud, J. Pare, L. Barthelemy, J. Chateau. C. R. Acad. Sci., v. 269, 1969, № 4, p. 497.

¹ «Природа», 1970, № 8, стр. 47.

успешно применяются в водолазной практике, однако больших перспектив в отношении увеличения глубины безопасных погружений ожидать не приходится: допустимые (донаркотические) парциальные давления азота ограничены 4—4,5 ата и, следовательно, выигрыш по глубине не превысит 40—45 м. Допустимые парциальные давления аргона еще меньше: 2—3 ата. Что касается применения гелио-водородо-кислородных смесей и гелио-неоно-кислородных смесей, то это требует еще специального изучения.

Таким образом, наркотическое действие индифферентных газов воздвигает барьер на пути человека в океан на глубинах свыше 300 м.

Барьер плотности

Патологические реакции, развивающиеся в организме под влиянием повышенной плотности газовой среды, стали предметом интенсивных исследований в связи с увеличением глубины и длительности погружений. По мере повышения давления плотность газовой среды пропорционально возрастает, и это сказывается прежде всего на функции дыхательной системы, активно перемещающей вдыхаемый и выдыхаемый газ¹. Сопротивление потока сжатого газа в дыхательных путях человека увеличивается, и необходимо затратить значительно большие мышечные усилия, чтобы объем вентиляции остался неизменным. Как показали специальные исследования, сопротивление газа в дыхательной системе человека возрастает при повышении давления не пропорционально плотности газа, как на физических моделях, а значительно меньше. Это — следствие приспособления процесса дыхания человека к среде с повышенной плотностью. Физические возможности такого приспособления заключаются в увеличении диаметра сечения дыхательных путей (сопротивление обратно пропорционально

диаметру трубки) и в уменьшении скорости движения газа (сопротивление прямо пропорционально квадрату скорости потока). У человека эти возможности реализуются посредством перехода на ротовое дыхание, а также изменением частоты и формы дыхания.

Затруднение дыхания, вызванное повышением плотности воздуха, люди ощущают уже на глубине 50—60 м. Темп дыхания снижается, оно становится более плавным с удлиненными фазами вдоха и выдоха и осуществляется с открытым ртом. С 6—7-кратным повышением плотности дыхательной смеси организм человека, прошедшего соответствующую тренировку, справляется успешно при ограниченных сроках погружения, даже если при этом приходится выполнять тяжелую физическую работу. При дальнейшем повышении давления приспособительные возможности дыхательной системы становятся недостаточными. Как показано в исследованиях А. Бюльмана¹, на глубине 100 м работа дыхательных мышц в воздушной среде увеличивается в 1,5—2,0 раза, дыхание становится напряженным, а легочная вентиляция значительно снижается.

Следующее звено в развитии событий — наступление гипоксии, вследствие нарушения внешнего дыхания. Проявления этой реакции наблюдал Ж. Шуто² в опытах на животных. Козлы находились в камере под давлением гелио-кислородной смеси в 70 атм, т. е. дышали газовой средой в 10 раз более плотной, чем земная атмосфера³. Наступающие при этом расстройства, такие как нарушения координации движений, паралич задних конечностей, проходили сразу, как только парциальное давление кислорода в дыхательной смеси повышалось от 0,2 до 0,28 ата. Наступление тканевой гипоксии было показано в нашей лаборатории в прямых

полярографических определениях и на таком хорошо обеспечиваемом кислородом органе, как мозг. Подопытный кролик дышал в камере аргоно-кислородной смесью под давлением 15—20 атм, т. е. газовой средой в 20—30 раз более плотной, чем привычная воздушная среда.

Недостаточность дыхания и наступление тканевой гипоксии следует считать главными характеристиками барьера плотности. При дыхании воздухом соответствующие начальные сдвиги наступают уже на глубине 100 м. Преодолеть этот барьер удается благодаря использованию менее плотных искусственных дыхательных сред — гелио-кислородной и водородо-кислородной.

Все сказанное относилось к условиям кратковременного пребывания человека под давлением. При длительных многосуточных погружениях нарушение внешнего дыхания наступает в менее плотной газовой среде. Так, начальные явления дыхательной недостаточности постепенно развиваются у человека при длительном пребывании в азотно-кислородной среде уже на глубине 40 м, а не 100 м. Помимо этих количественных различий, длительное дыхание плотной газовой средой ведет, по данным Р. Воркмана, Г. Бонда и В. Мационе¹, к развитию специфической легочной патологии. В опытах на белых крысах с использованием для дыхания 3% азотно-кислородной смеси под общим давлением 6 атм (парциальное давление кислорода 0,21 атм) через 14 суток у животных были установлены очаги ателектаза в легких (спадение легкого вследствие недостаточного наполнения газом) или пневмонические очаги. Эти данные, однако, требуют постановки специальных контрольных экспериментов, чтобы исключить возможность вирусного происхождения указанных расстройств.

Независимо от результатов этих опытов, можно считать, что в условиях длительных погружений пяти-

¹ А. А. B ü h l m a n. «Proc. sec. sympos. underwat. physiol.», Wash., 1965, p. 98.

² G. M u n s c h y. Operation «Boucabloc», Plongee, fevrier, 1969, № 52, p. 18.

³ Плотность гелия в 7 раз, а водорода в 14 раз меньше плотности азота воздуха; плотность же аргона в 1,4 раза больше.

¹ R. D. Workman, G. F. Bond, W. F. M a z z o n e. Prolonged Exposure of Animals to Pressurised normal and synthetic Atmospheres, «N. M. R. L. Report», 1962, № 374.

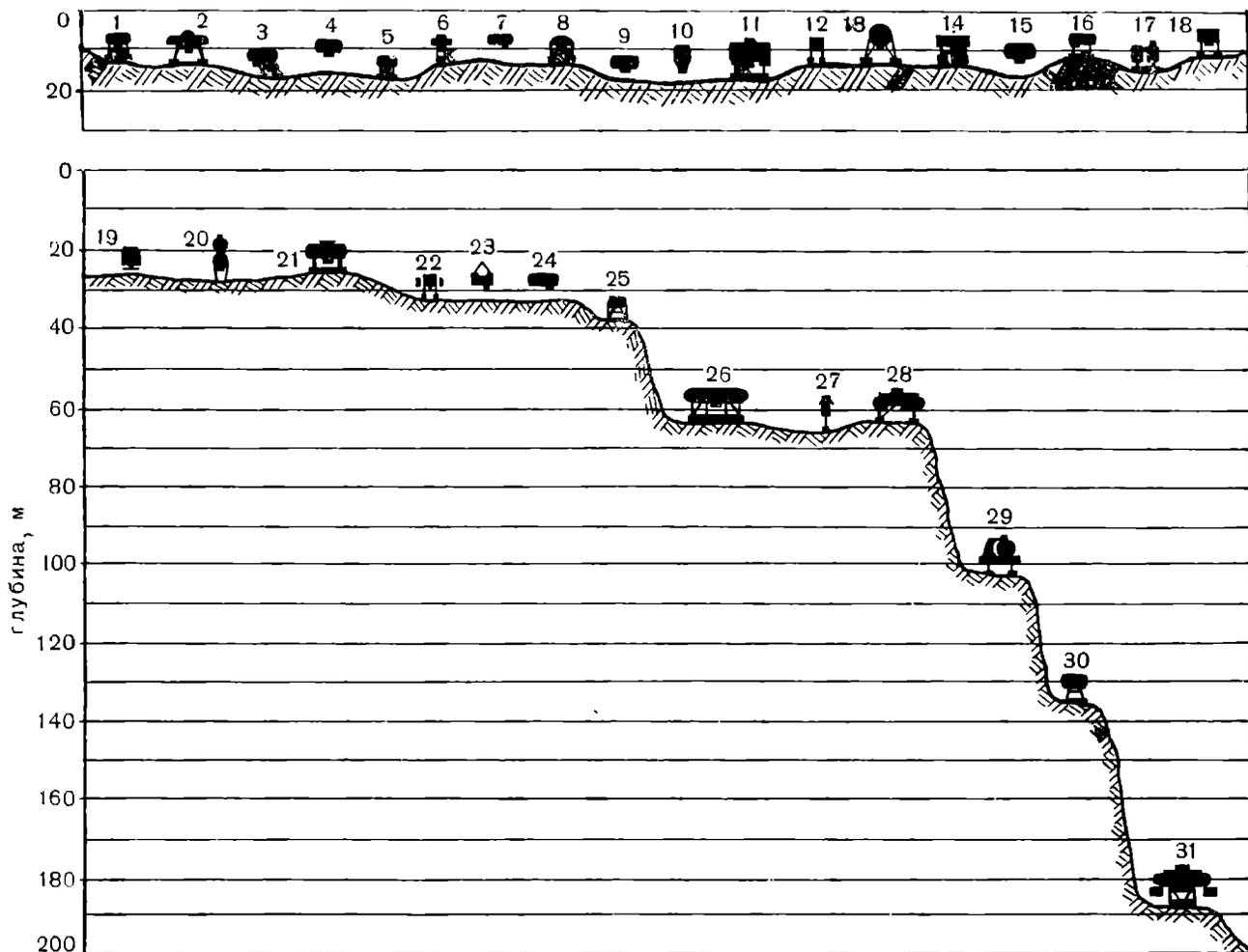


Рис. 2. Освоение глубин при длительном пребывании в подводных жилищах. 1. «Преко́нтинент-I»; 2. «Преко́нтинент-II»; 3. «Китеж»; 4. «Ихтиандр-66»; 5. «Кариб-I»; 6. «Пермон-III»; 7. «Хеброс-I»; 8. «Октопус»; 9. «Жюкель-бокель»; 10. «Карнола»; 11. «Черномор»; 12. «Робинсаб-I»; 13. «Спрут»; 14. «БАХ-I»; 15. «Ихтиандр-68»; 16. «Малтер-I»; 17. «Тектит-I»; 18. «Робин-II»; 19. «Медуза-I»; 20. «Садко-II»; 21. «УВЛ — Гельголанд»; 22. «Пермон-II»; 23. «Медуза-II»; 24. «Хеброс-II»; 25. «Садко-I»; 26. «Силаб-I»; 27. «Мэн ин си-I»; 28. «Силаб-II»; 29. «Преко́нтинент-III»; 30. «Мэн ин си-II»; 31. «Силаб-III».

кратная плотность азотно-кислородной среды для человека болезнетворна. При дыхании гелио-кислородной смесью аналогичные симптомы должны наступить на глубинах свыше 350 м, а на водородо-кислородных смесях — на глубинах 500—600 м.

Есть некоторый резерв для увеличения этих предельных глубин, и связан он с использованием дыхательных смесей, обогащенных кислородом. Такое обогащение целесообразно и на меньших глубинах, так

как позволяет в известной мере компенсировать начинающиеся дыхательную недостаточность и тканевую гипоксию. Однако второй, сопряженный с поступлением кислорода процесс, — выделение углекислого газа из организма — не только не облегчается в гипероксической (обогащенной кислородом) среде, но становится еще в большей степени затрудненным из-за того, что наступает урежение дыхания, уменьшение скорости кровотока, сужение периферических сосудов и т. д. Это, в свою

очередь, может привести к развитию определенных нарушений в организме. Следовательно, резервные возможности увеличения предельных глубин безопасных погружений, указанные с учетом влияния повышенной плотности дыхательных смесей, ограничены.

Механический барьер

Общее механическое воздействие повышенных давлений газовой и водной среды — обязательный элемент любого погружения. Вся история во-

Таблица 3

История освоения океана при длительном пребывании акванавтов в подводных жилищах. Таблица составлена по данным: А. А. Чернов. *Ното aquaticus*, М., 1971: «Природа», 1967, № 12, 1968, № 7, 1969, №№ 3, 5; «Tauchtechnik Informat», 1967, N 7.

Название проекта	Страна	Дата, место погружения	Глубина	Время выдержки (сутки)	Число акванавтов	Газовая среда
Прекоитинент-1	Франция	1962, Средиземное море	10	7	2	воздух
Прекоитинент-2	Франция	1963, Красное море	11 (27)	2	29—31	воздух (5% O ₂ , 20% N ₂ , 75% He)
Китеж (проект)	СССР	1965, Черное море	15	—	4	—
Ихтиандр-66	СССР	1966, Черное море	11	7	2	воздух
Кариб-1	Куба	1966, Атлантический океан	15	3	2	—
Пермон-3	ЧССР	1967, озеро	10	4	2	—
Хеброс-1	Болгария	1967, Черное море	10	—	2	—
Октопус	СССР	1967, Черное море	10	7?	3	воздух
Кокельбокель	Нидерланды	1967, —	15	(смены)	2—4	воздух
Карнола	ЧССР	1968 ?	8—15	—	5	—
Черномор	СССР	1968, Черное море	14 (30)	30 (смены)	5—6	—
Робинсаб-1	Италия	1968, Средиземное море	10	—	1	воздух
Спрут	СССР	1968, Черное море	10	14	2—3	—
БАХ-1	ФРГ	1968, Балтийское море	10	11	2	воздух
Ихтиандр-68	СССР	1968, Черное море	10	11	2	воздух
Малтер-1	ГДР	1968, —	8	2	2	воздух
Тектит-1	США	1969, —	12,7	59	4	8% O ₂ , 92% N ₂
Робин-2	Италия	1969, Средиземное море	7	7	1	—
Медуза-1	Польша	1967, озеро	24	3	2	37% O ₂ , 63% N ₂
Садко-2	СССР	1967, Черное море	(50—60)	6	2	—
УВЛ-Гельголанд	ФРГ	1969, Северное море	23 (смены)	10	4	воздух
Пермон-2	ЧССР	1966, Средиземное море	30	—	2	—
Медуза-2	Польша	1968, Балтийское море	30	14	3	—
Хеброс-2	Болгария	1968, Черное море	30	10?	2	—
Садко-1	СССР	1966, Черное море	25 40	30 0,25	2	—
Силяб-1	США	1964, Атлантический океан	59	11	4	4% O ₂ , 17% N ₂ , 79% He
Мэн ин си-1	США	1962, Средиземное море	61	1—4	1	3% O ₂ , 97% He
Силяб 2	США	1965, Тихий океан	60 (смены)	29	28	4% O ₂ , 9% N ₂ , 87% He
Прекоитинент-3	Франция	1965, Средиземное море	100	21	6	1% N ₂ , остальные He
Мэн ин си-2	США	1964, Атлантический океан	132	2	2	4% O ₂ , 5% N ₂ , 91% He
Силяб-3 *	США	1969, —	183	—	5—12	2% O ₂ , 6% N ₂ , 92% He

* Запланированный эксперимент провести не удалось.

долазной практики может рассматриваться как массовый эксперимент в отношении общей объемной компрессии организма человека. Эксперимент показал, что наш организм без значительных нарушений переносит давления свыше 30 атм, т. е. свыше 30 кг на каждый квадратный сантиметр поверхности тела, или десятки тонн в пересчете на весь организм, тогда как при местном действии давление в десятые доли килограмма вызывает баротравму тканей (разрыв барабанных перепонок, легочной ткани и т. д.). Высокая рези-

стентность организма к действию общей компрессии связана с его специфическими биомеханическими свойствами. Эти свойства не позволяют уподобить организм человека ни твердому, ни жидкому телу. Наш организм — сложная двухфазная система, где твердая (сохраняющая собственную форму) клеточная часть состоит из микроэлементов, связанных между собой в конструкции, и заполнена жидкой средой. В процессе объемной компрессии определяющими становятся свойства практически несжимаемой жидкой среды с

равномерным распределением напряжений. Это дает возможность твердым микроэлементам выдерживать большие давления, так как силы внешнего давления уравновешиваются изнутри. При действии местной компрессии определяющими становятся упругие свойства твердых конструкций, поскольку жидкая среда под влиянием местной нагрузки перемещается.

При каких же давлениях развивается реакция организма на общую объемную компрессию и как она проявляется? Ответить на этот вс-

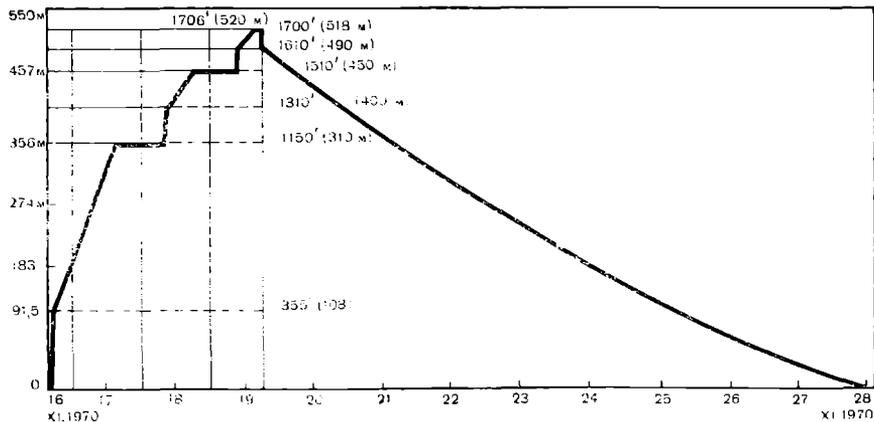


Рис. 3. Барограмма имитации спуска в рекомпрессионной камере, проведенного специалистами фирмы «Комекс—Кнекс» по программе «Физалис V» 16—28 ноября 1970 г. Условные обозначения: по оси ординат — давление в рекомпрессионной камере в футах и метрах водяного столба; по оси абсцисс — дни опыта.

прос позволяют опыты с компрессией животных в водной среде, так как при компрессии в газовой среде гипербарический газовый наркоз маскирует эффект механического воздействия давлений.

В опытах многочисленных исследователей было показано, что низшие организмы выдерживают гидростатические давления свыше 1000 атмосфер, а морские животные (не адаптированные к высоким давлениям) — сотни атмосфер. Так, у мелководных рыб при давлении в 200 атм наступает активизация движений, а при 300—400 атм — обратимый двигательный паралич. В опытах Х. Эббеке¹ на спинно-мозговом препарате лягушки компрессия в 50—100 атм вызывала ритмичные сокращения конечностей, аналогичные движениям при неглубоком наркозе. Обратимый двигательный паралич наступал при давлениях в 300 атм. Это состояние животных автор обозначил как механонаркоз.

Интересные опыты с компрессией земных млекопитающих в водной среде удалось поставить лишь в последнее время Кильстра и его сотрудникам. В легкие мышей заливалась специальная жидкость, содержащая 60 объемных процентов кислорода (парциальное давление около

1,0 ата), и животные активно дышали ею, плавая в жидкой среде без признаков кислородного голодания. Во время компрессии видимые нарушения наступали в диапазоне давлений 50—100 атм. Это были: тремор конечностей, затем их судорожные подергивания, нарушение двигательных координаций и, наконец, общие судороги. После перерезки спинного мозга двигательные нарушения не развивались совсем, что доказывало их центральный нервный механизм.

Нужно отметить, что в опытах с дыханием жидкой средой пока не удается преодолеть состояния глубокой гипотермии (переохлаждения) подопытных животных и задержки углекислого газа в легких. Сейчас исследователи работают над устранением этих методических недостатков. Важно другое: симптомы нарушений, развивающиеся при компрессии в жидкой среде, весьма сходны с проявлениями действия повышенных давлений гелия. Это показали специальные сравнительные опыты, в которых в качестве объекта были использованы двоякодышащие — тритоны, живущие и в газовой, и в водной среде¹.

Начальные нарушения двигательных рефлексов наступали у этих при-

митивных животных при давлении в 100 атм, а полная потеря рефлексов — при давлениях свыше 200 атм, причем выраженных отличий при компрессии в гелиевой и водной среде не отмечалось. Общее в обоих случаях — механическое действие повышенных давлений на организм (объемная компрессия).

Именно объемная компрессия и вызывает, по-видимому, «синдром перевозбуждения высоких давлений» Брауэра, проявляющийся у высших животных (белые мыши, обезьяны) при 50—100 атм в гелио-водородо-неоно-кислородных средах и в водной среде в форме общего двигательного возбуждения и общих клонических судорог. Мы рассматриваем эти явления как стадию возбуждения механонаркоза.

Таким образом, механическое воздействие давлений в диапазоне 50—100 атм вызывает у животных прогрессирующие, но еще нестойкие и обратимые двигательные нарушения центрально-нервного происхождения. Их можно квалифицировать как начальную стадию, или стадию возбуждения специфического механонаркоза¹, поскольку при действии больших давлений в водной среде наступает обратимый двигательный паралич. Механонаркоз следует ожидать и у человека при спусках на большие глубины. Начальные проявления будут развиваться, по-видимому, на глубинах ниже 500 м, так как пороговые значения наркотических агентов для организма человека, как правило, более низкие, чем для представителей животного мира.

Другие факторы подводных погружений

При оценке возможностей освоения тех или иных глубин в море, необходимо, в дополнение к описанным типам воздействия повышенных давлений, учитывать и другие экстремальные факторы, связанные, в частности, с пребыванием в водной среде в том или ином виде сна-

¹ Под термином механонаркоз понимается постепенно развивающееся общее патологическое торможение центральной нервной системы в ответ на различные повреждающие воздействия, включая механические.

¹ H. Ebbeske. «Pflüg. Arch.», В. 236, 1935, S. 416.

¹ K. W. Miller, W. D. M. Paton and Smith. Experiments on Animals at Ultra High Pressures, 1970.

ряжения. Первым должно быть названо охлаждающее действие на организм водной среды (температура морской воды на глубине может быть близка к 0°) и искусственных газовых сред — гелиевых и водородных (их теплопроводность превышает воздушную более чем в 6 раз). К сожалению, до сих пор не разработаны надежные средства обогрева, позволяющие оградить организм человека от переохлаждения во время погружений в холодную воду. Максимальный срок пребывания человека на глубине — 2 часа, и этот барьер — температурный.

Следующий фактор — повышенное содержание углекислого газа в дыхательных смесях. Его трудно избежать, так как при дыхании в скафандрах увеличивается вредное пространство. Дыхание газовой средой с повышенным содержанием углекислоты приводит к целому ряду нежелательных последствий: усиливаются проявления токсического действия кислорода под давлением и наркотического действия индифферентных газов, усугубляются декомпрессионные расстройства и т. д.

Переохлаждение, повышенное содержание углекислого газа, повышенная физическая нагрузка, нервно-психическое напряжение — таковы главные неблагоприятные физиологические факторы погружений в открытом море. Их действие на организм приводит к необходимости брать поправку на морские условия (по сравнению с камерой): увеличивать режимы безопасной декомпрессии, разработанные в камере, уменьшать нормативы допустимых донаркотических давлений индифферентных газов и допустимые парциальные давления кислорода в смесях, установленные в камере, и т. д. Эту морскую поправку необходимо учитывать при определении максимальных глубин погружений.

Физиологические резервы организма

Рассмотрение экстремальных факторов внешней среды, ограничивающих проникновение человека в океан, было бы неполным без учета внутренних резервов организма, по-

скольку их правильное использование даст возможность повысить устойчивость человека к действию этих вредных факторов. На современном уровне физиологических знаний эффективными можно считать такие пути повышения устойчивости организма, как тренировка специально отобранных океанавтов к действию экстремальных факторов, применение метода замедленной компрессии или промежуточных ступеней для лучшей адаптации организма к новым условиям, разработка и применение фармакологических средств, повышающих резистентность организма и др.

Совсем недавно пришло сообщение, что использование метода ступенчатой компрессии позволило специалистам Английской морской физиологической лаборатории почти на 10 атм (100 м водяного столба) «поднять» гелиевый наркотический барьер, который остановил их французских коллег на давлении 36,5 атм¹.

Спуск проводился в сухой рекомпрессионной камере на гелио-кислородной среде с суточными остановками при давлениях 18,3; 30,5; 40 атм. К концу каждой такой выдержки «гелиевые» нарушения, наступавшие во время повышения давления, постепенно нормализовались. При максимальном давлении 45,7 атм испытуемые (сотрудники лаборатории Дж. Бевар и П. Шарихауз) пробыли 10 час. По оценке руководителей спуска, предел по гелию еще не был достигнут.

Французские специалисты из фирмы «Комекс» продолжили соревнование, и в ноябре 1970 г. водолазы «распечатали» следующую сотню метров, достигнув в рекомпрессионной камере 52 атм. (520 м водяного столба). Руководители спуска К. Фрюктьюз и К. Агарат усовершенствовали метод ступенчатой компрессии, чередуя быстрое повышение давления, замедленную компрессию и длительные (14—18 час.) промежуточные остановки под давлением 31 и 45 атм (см. барограмму спуска).

При повышении давления, начиная с 45 атм постепенно, но неотвратимо

развивались стойкие нарушения в организме — «нервный синдром высоких давлений», поэтому время выдержки при наибольшей компрессии (51,8—52 атм) было ограничено 77 мин.

По самым последним сообщениям, исследователи Английской морской физиологической лаборатории достигли в январе 1971 г. давления 55 атм.

Эти рекордные спуски в камерах убедительно показывают, что метод замедленной (ступенчатой) компрессии, позволяющий использовать приспособительные возможности организма, весьма эффективен для освоения глубин, поскольку наступление «гелиевых» симптомов отодвигается почти на 20 атм. Однако можно констатировать, что давления, при действии которых «гелиевые» симптомы наступают, уже достигнуты и надо искать новые пути повышения резистентности организма.

Какие же максимальные глубины могут быть освоены при погружениях в мягком снаряжении, включая пребывание в подводных жилищах? Из приведенных данных можно заключить, что при давлениях, соответствующих глубинам свыше 300 м, «сходятся» наркотический барьер, барьер плотности и механический барьер. Если принять во внимание дополнительное действие неблагоприятных факторов водной среды, то граница безопасных морских погружений с сохранением работоспособности человека должна пролегать где-то между 200—300 м. Однако использование физиологических резервов организма позволит существенно увеличить этот предел. Решение грандиозной проблемы проникновения человека в океан потребует усилий большого отряда ученых, врачей, инженеров, водолазов и других специалистов. Но эта задача реальна. С каждым днем во всем мире затрачивается все больше усилий и средств на ее осуществление. И хочется надеяться, что грядущее десятилетие будет ознаменовано успешным освоением континентального шельфа.

¹ World record in simulation deep diving, «Bulletin Medsubhyp», 1970, № 2.

Биogeоценозы и математическое моделирование

Член-корреспондент АН СССР А. А. Ляпунов



Алексей Андреевич Ляпунов, доктор физико-математических наук, профессор Новосибирского университета, заведующий лабораторией теоретической кибернетики института гидродинамики СО АН СССР. Ученик П. С. Новикова. Автор научных работ в области теоретической кибернетики, системных исследований и математического моделирования живой природы. Редактор сборника «Проблемы кибернетики». Заместитель председателя научного совета СО АН СССР по проблемам образования.

В наш век демографического взрыва исключительное значение приобретает проблема обеспечения человечества пищевыми продуктами. Всецело отдавая должное работам химиков¹ по созданию искусственной пищи, необходимо признать, что на предвидимый период основное значение приобретает интенсификация получения пищевых веществ биологического происхождения. В то же время интенсификация извлечения каких бы то ни было веществ биогенного происхождения из природы является весьма опасным делом, так как она может нарушить природное равновесие и привести к самым неожиданным результатам. Мы нередко становимся свидетелями того, как некоторые хозяйственные вмешательства человека в жизнь природы приводят к печальным последствиям.

Естественнонаучный подход к изучению природных сообществ был очерчен трудами В. И. Вернадского и В. Н. Сукачева.

В наше время возникает проблема: настолько продвинуть наши знания о строении и функционировании природных сообществ, чтобы можно было предвидеть результаты тех или иных вмешательств в жизнь этих сообществ, а еще лучше теоретическим путем подобрать такие вмешательства, которые позволят оптимизировать «съем» полезных веществ при обеспечении биологического самовоспроизводства сообщества в целом.

Подходы к решению сформулированной проблемы состоят из двух

¹ А. Н. Несмеянов, В. М. Беликов. Проблема синтеза пищи. «Природа», 1965, № 9.

частей. С одной стороны, необходима достаточно полная инвентаризация того, что имеется в природе, и выявление основных взаимодействий или обменных процессов, протекающих между основными компонентами живой природы. С другой стороны, на базе этих эмпирических данных необходимы формулировка и решение математических задач, которые позволили бы предвидеть глобальную судьбу сообщества определенной структуры. Конечно, реальные практические результаты можно получить лишь тогда, когда как эмпирические, так и теоретические исследования окажутся достаточно продвинуты и когда они будут достаточно тесно взаимодействовать между собой. В настоящее время в той или другой степени приближения это достигнуто в немногих областях. Можно назвать некоторые работы по искусственным ценозам, по моделированию природных популяций рыб и др.¹ Нужно обеспечить развитие таких работ широким фронтом.

Мы приходим к необходимости разработки математических моделей кинетики природных, а также искусственных биogeоценозов. На этой почве возникает целый ряд конкретных задач более частного характера, которые можно классифицировать следующим образом.

Выявление основных составляющих

¹ М. Е. Виноградов. Изучение биogeоценозов пелагиали океана. «Природа», 1971, № 4; В. В. Меньшуткин, А. Н. Голиков. Моделирование популяций брюхоногих моллюсков на ЭВМ. «Океанология», 1971, № 4.

сообщества. Эти составляющие могут быть как биогенными, так и абиогенными. Они могут представлять собой определенные формы живой или косной материи, а также те или иные формы энергии. Эти составляющие в зависимости от поставленных конкретных задач можно дифференцировать детальнее или менее детально. Иногда это могут быть отдельные виды живых существ, в других случаях — целые группы таксонов, выполняющих в пределах сообщества определенные биогеохимические функции, а также группы косных веществ, выполняющих определенные биогеохимические функции, например, гумус, почвенные растворы, а также минеральные составляющие почвы.

Выявление процессов взаимодействия между этими составляющими и, в первую очередь, процессов перехода от одной компоненты к другой, например, взаимное поедание одних животных другими, рост и размножение живых существ, циркуляция растворов и связанные с ней процессы сорбции и десорбции.

Построение глобальной схемы обменных процессов, протекающих в сообществе, и проверка полноты имеющихся сведений о совокупности этих процессов (последнее обстоятельство особенно важно для построения математической модели кинетики сообщества в целом). При недостаточно полной изученности сообщества может оказаться, что относительно каких-то составляющих могут отсутствовать сведения либо о том, как они пополняются, либо о том, как они расходуются. В результате такая совокупность представлений поведет к тому, что некоторые составляющие должны либо сравнительно быстро исчерпаться, либо неограниченно накапливаться. Впрочем, вполне возможно, что суждение о полноте имеющихся сведений будет получено только после того, как вся модель заработает в целом.

Для всех переходов вещества или энергии от одной составляющей сообщества к другой должны быть выявлены **основные естественнонаучные законы, управляющие этими переходами**. Эти естественнонаучные законы должны быть сформулирова-

ны в количественной форме, и должен быть выявлен набор параметров, определяющих интенсивность этих переходов.

Совокупность всех этих законов, управляющих переходами вещества или энергии от одних компонент к другим, описывает балансовые соотношения в сообществе. Математическая запись всех этих соотношений в виде «расход — приход», т. е. составление для каждой компоненты соотношения вида — изменение наличного количества равно разности между приходом и расходом, — и представляет собой балансовые соотношения для данного сообщества.

Обычно эти соотношения приводят к тому или иному виду систем функциональных уравнений. В частности, это могут быть конечно-разностные, дифференциальные, интегро-дифференциальные или даже автоматные уравнения.

Математическая модель кинетики сообщества представляет собой крайнюю задачу для этих систем уравнений. Возникают математические вопросы изучения этих систем уравнений и крайних задач для них. Кроме того, возникают также новые естественнонаучные задачи, связанные с определением значений различных параметров, входящих в эти уравнения с тем, чтобы система этих уравнений правильно описывала кинетику определенного сообщества.

Заметим, что иногда так построенная математическая модель приводит к уже известным математическим задачам; в таком случае использование готовых математических методов может многое дать для изучения картины соответствующего явления. Однако значительно чаще, к сожалению, подобные модели приводят к системам уравнений, которые систематически не исследовались; в первую очередь здесь нужно отметить задачи о наборах систем дифференциальных уравнений, сопряженных с системами неравенств. Впервые они были сформулированы И. А. Полетаевым¹. Суть

их в следующем: имеется система дифференциальных уравнений, в которых вид некоторых коэффициентов меняется в зависимости от того, каким неравенствам удовлетворяют неизвестные функции. Широкий класс уравнений такого характера, получивших название уравнений с лимитирующими факторами, исследует сейчас коллектив ученых, возглавляемых И. А. Полетаевым¹.

Разнообразие природных сообществ весьма велико, однако можно выделить целый ряд характерных процессов, которые протекают в самых разных сообществах. Для построения математических моделей различных сообществ чрезвычайно важно разобраться в математическом описании этих основных процессов с тем, чтобы описание какого-нибудь индивидуального ценоза можно было расчленить на два этапа: выявление того, какие процессы там играют существенную роль, и далее построение математической модели ценоза в целом, отпавляясь от канонических способов описания соответствующих процессов. Так, например, процессы роста или отмирания описываются линейными членами, процессы взаимного поедания или процессы размножения хищников в тех случаях, когда они зависят от интенсивности поедания жертвы, в первом приближении описываются также билинейными членами, но сопряженными с неравенствами, так как интенсивность фотосинтеза может лимитироваться либо количеством световой энергии, либо наличием необходимого сырья в океане. Такую лимитирующую роль играют в океане азот и фосфор. Такие вещества, как углекислота и кислород, которые играют громадную роль в жизнедеятельности, практически никогда не оказываются лимитирующими, и поэтому в балансовых соотношениях оказывается, что их

¹ Т. И. Булгакова. О моделях конкурентных видов и об устойчивости простейшей модели биогеоценоза. «Проблемы кибернетики», 1968, вып. 20; Ю. И. Гильдерман. Об одной модели сосуществования двух биологических видов. Там же, 1966, вып. 16; сб. Исследования по кибернетике. М., «Сов. радио», 1970.

¹ И. А. Полетаев. О математических моделях элементарных процессов в биогеоценозах. «Проблемы кибернетики», М., 1966, вып. 16.

учитывать никогда не нужно. Все другие перечисленные процессы могут быть описаны уже известными математическими средствами¹. Особенного внимания заслуживают новые (для математики) постановки в этой области, поднятые И. А. Полежаевым и сотрудниками. И. А. Полежаев обратил внимание на то, что многие живые существа могут по произволу выбирать вид пищи, но они всегда связаны с необходимостью обеспечить себя достаточным количеством энергии, а также должным набором некоторых веществ. Получить этот набор можно, по-разному комбинируя те или другие виды пищи. В природе это обстоятельство, несомненно, играет большую роль. Учет этого обстоятельства ведет к совершенно специальным математическим задачам, которые приводят к некоторым наборам систем функциональных уравнений и системам неравенств, которые определяют, в каком случае та или иная система уравнений должна быть использована.

Дадим краткое описание некоторых работ, относящихся к математическому моделированию биогеоценозов, которые сейчас ведутся при участии Новосибирского научного центра.

Эти работы начались несколько лет тому назад. Прежде всего были сделаны попытки математического моделирования некоторых упрощенных биогеоценозов, описывающих некоторые конкретные сообщества.

Отметим здесь две работы.

Т. И. Булгакова-Эман, отправляясь от вольтерровской теории борьбы за существование, рассмотрела сообщество, состоящее из n форм живых существ, таких, что первая из них имеет неограниченный источник пищи, а каждая i -я питается $i-1$ -й фор-

мой¹. В связи с тем, что живая природа характеризуется своеобразной и довольно высокой степенью устойчивости, которая формируется в процессе естественного отбора, был поставлен вопрос об изучении устойчивости этой модели. Обнаружился несколько парадоксальный с естественнонаучной точки зрения факт, состоящий в том, что в случае непрерывного времени при четном n схема обладает устойчивыми решениями, тогда как при нечетном n схема всегда неустойчива. Совершенно ясно, что такое обстоятельство в природе иметь места не может. В случае, если рассматривается дискретное время (т. е. размножение оканчивается приуроченным к сезонам), описанная схема всегда неустойчива.

Эти результаты заставили обратиться к моделям биогеоценозов. Была присоединена нулевая форма косной материи в ограниченном количестве, которая служит пищей для первой из живых форм.

Рассматривалось два случая.

1. Случай ограниченного потока этой косной материи (например, поток солнечной световой энергии).

II случай: почвенная органика, пополняющаяся за счет трупов и экскрементов всех живых форм.

Схема с солнечной энергией оказалась всегда устойчивой. Схема с почвенной органикой может быть как устойчивой, так и неустойчивой, в зависимости от коэффициентов, характеризующих поступление органики в почву.

Из работ Т. И. Булгаковой-Эман следует сделать вывод, что теоретические прогнозы биогеоценологии можно сопоставлять с природными явлениями на значительно больших отрезках времени, чем прогнозы, даваемые одной только биогеоценологией.

Вторая работа была выполнена В. Д. Калмыковым². Он строил математические модели некоторых очагов инфекции. Оказалось, что в рассмотренных им случаях достаточно

отчетливого набора естественнонаучных гипотез, касающихся течения природных процессов, получить не удалось, т. е. некоторые биологические обстоятельства ускользнули от внимания исследователей и оказались необходимыми относительно части процессов сформулировать несколько различных гипотез.

В результате, комбинируя разные варианты этих гипотез, можно было описать целую серию моделей изучаемых биогеоценозов. (В данном случае соображения биогеоценологии не особенно существенны.)

Оказалось, что некоторые из предложенных схем устойчивы, другие нет. Таким образом, некоторые комбинации предложенных гипотез могут быть отвергнуты априори. Было бы чрезвычайно желательно продолжить эти исследования в эмпирическом плане.

Далее был предпринят ряд исследований балансовых соотношений в сухопутных ценозах.

В основе лежали общие сведения об обменных процессах в сухопутных ценозах. С одной стороны, экспериментальные исследования группы Н. В. Тимофеева-Ресовского¹, с другой стороны, работы по учету фитомассы земного шара, подытоженные и объединенные коллективом, возглавляемым Н. И. Базилевич, Л. Е. Родиным и Н. Н. Розовым².

Мы с А. А. Титляновой построили схему обменных процессов в сухопутных ценозах, ориентируясь, прежде всего, на степные ценозы, как более простые³. Оказалось, что собираемый материал, даже материал специальных стационаров, не обеспечивает требуемой полноты и не дает возможности получить картину

¹ А. А. Ляпунов. О математическом моделировании балансовых соотношений в биогеоценозе. «Журнал общей биологии», 1969, № 6; О математическом моделировании процессов жизнедеятельности. В сб. Математическое моделирование жизненных процессов, М., 1969; О математическом моделировании экосистемы пелагиали тропических вод. Тр. Ин-та океанологии, т. 93.

¹ Т. И. Эман. О некоторых математических моделях биогеоценозов. «Проблемы кибернетики», 1966, вып. 16.

² В. Д. Калмыков. Кинетика одного ценоза. О некоторых моделях клещевых очагов энцефалита. «Проблемы кибернетики», 1968, вып. 20.

¹ Н. В. Тимофеев-Ресовский. Биосфера и человек. «Природа», 1970, № 8; Н. В. Тимофеев-Ресовский. Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии, «Ботан. журнал», 1957, № 2.

² Н. И. Базилевич, Л. Е. Родин, Н. Н. Розов. Сколько весит живое вещество планеты? «Природа», 1971, № 1.

³ А. А. Ляпунов, А. А. Титлянова. В сб. работ лаборатории теоретической кибернетики Института гидродинамики СО АН (В печати.)

обменных процессов, протекающих в сухопутных ценозах. В связи с этим на стационаре Почвенного института СО АН при руководящем участии Н. И. Базилевич и А. А. Титляновой проводятся некоторые учетные работы в соответствии с запросами той модели, которую мы разрабатываем вместе с А. А. Титляновой.

Параллельно разворачиваются работы группы Д. И. Бермана¹, который стремится к тому, чтобы изучить сходные между собой ценозы, расположенные в различных, но родственных между собой географических участках, с тем чтобы выяснить вопрос о том, насколько функционально сходны между собой различные синусии, входящие в состав этих ценозов.

Наконец, с этими же работами органически связаны попытки построения простейших математических моделей процессов почвообразования, которыми мы занимаемся с О. Н. Бондаренко.

Одновременно разворачиваются работы по математическому моделированию балансовых соотношений в некоторых биоаквацинозах, точнее, в экосистеме пелагиали тропических вод. Они начаты под руководством В. Г. Богорова и М. Е. Виноградова² по инициативе коллектива Института океанологии. В этих исследованиях участвует также красноярский коллектив под руководством И. И. Гительсона. По существу, это некоторая попытка математического обслуживания рейсов океанологического судна «Витязь». Рассматриваются косные компоненты ценоза: солнечный свет, усвояемый азот и фосфор, а также биогенные компоненты: фитопланктон, зоопланктон и детрит. Принимается во внимание целый ряд физико-химических и биологических процессов, в которых эти компоненты участвуют, например фотосинтез, точнее, биосинтез, в котором формируется фитомасса и используется

солнечный свет, азот и фосфор, поедание фитопланктона, а также детрита зоопланктоном, размножение зоопланктона, вертикальные миграции зоопланктона и его броунизированное движение, гравитационное оседание некоторых составляющих и, наконец, турбулентное перемешивание.

Приходится рассматривать целый ряд разных математических моделей обменных процессов в ценозе, принимая во внимание различные особенности движения океанской воды — горизонтальное растекание глубинных вод, выходящих по тем или иным причинам в некоторых участках океана на поверхность, а также движение больших масс океанской воды, как целого. Исследование этих моделей далеко еще не доведено до ощутимых результатов, однако стремление к построению таких моделей уже оказало некоторое влияние на постановку экспедиционных работ, и это мне представляется очень существенным.

В обоих направлениях: построение математических моделей сухопутных ценозов и морских ценозов — работы разворачиваются в соответствии с той программой, которая была изложена выше.

В заключение нужно сказать, что работы по математической теории биогеоценозов ведутся в общем-то в «партизанском» порядке. Необходимо оказать этим работам существенную поддержку и изменить их организацию. Совершенно необходимо, чтобы представители разных биологических специальностей, а также физики и химии, владеющие различными методами производства измерений, и, наконец, математики детально обсудили вопрос о том, какие комплексы наблюдений должны проводиться на специальных биогеоценологических стационарах. Для этих стационаров должны быть разработаны специальные программы работ, включая методы обработки наблюдений. Планирование исследований на этих стационарах должно производиться в соответствии с современными указаниями статистики. Вся обработка материалов должна выполняться под влиянием математиков. Наконец, океанологические

экспедиционные суда должны располагать вычислительными машинами. В состав экспедиций необходимо включить математиков. Можно сослаться на то, что участие А. Н. Колмогорова и А. С. Монина в специальном рейсе, посвященном изучению турбулентности океанских вод, принесло чрезвычайно яркие плоды¹.

К сожалению, мы вынуждены подчеркнуть, что для реализации возможностей математической биогеоценологии сделано еще очень мало. Препятствием, с одной стороны, является далеко не достаточное развитие научных методов и существенное отсутствие необходимой информации, а с другой — практически полное отсутствие подготовленных кадров (биологи, как правило, совершенно не получают необходимого математического образования, а математики — биологического).

Задачи изучения математических моделей биогеоценозов состоят в том, чтобы сопоставить кинетику явлений, подсказываемую моделью, с той, которая наблюдается в действительности, и, опираясь на это сопоставление, довести модель для достаточно хорошего согласия с действительностью. Тогда такие модели станут возможным использовать для практических прогнозов, а также для выбора рационального вмешательства человека в жизнь природы, с тем чтобы обеспечивать такое использование природных ресурсов, при котором бы они должным образом самовоспроизводились. Как видно, именно здесь лежат наиболее существенные перспективы практического использования биологических знаний.

УДК 577.486

¹ А. С. Монин. О турбулентных потоках массы в океане. «Доклады АН СССР», т. 193, 1970, № 5.

¹ Д. И. Берман. О регуляторном значении избытка хищников в стабилизации численности животных в биоценозах. «Журнал общей биологии», 1970, № 4.

² М. Е. Виноградов. Излучение биогеоценозов пелагиали океана. «Природа», 1971, № 4.

Лазерная локация Луны

Ю. Л. Кокурин

Кандидат физико-математических наук



Юрий Леонидович Кокурин, заведующий сектором Лаборатории квантовой радиофизики Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР, начальник Крымской научной станции ФИАН. Руководит лазерно-локационными исследованиями системы Земля — Луна. Автор ряда работ в области изучения ионосферы радиоастрономическими методами.

С развитием космических исследований, особенно в последние годы, появилась настоятельная потребность в уточнении законов движения небесных тел, и в первую очередь Луны. Работа, очевидно, должна вестись в двух направлениях. С одной стороны, необходимо построение новой или усовершенствование существующих теорий движения Луны. В этой области уже работают несколько теоретических групп. С другой стороны, следует экспериментально уточнить геометрические характеристики системы Земля — Луна. В этом отношении представляет интерес рассмотреть, что могут дать эксперименты, основанные не на измерении углов, как это делалось ранее, а на измерении расстояний.

Земля и Луна находятся в сложном взаимном движении, основными компонентами которого являются движение Луны по орбите и вращение Земли и Луны вокруг собственных осей. Движение центра масс Луны по орбите описывается теорией, в которую основные параметры системы Земля — Луна входят в качестве констант интегрирования. Численные значения этих констант определены с точностью $\sim 10^{-6}$ на основании длительных угломерных наблюдений Луны. По-видимому, угломерный метод большей точности этих констант дать не может. В соответствии с этим сама теория (она определяется точностью констант и степенью учета различного рода возмущений в движении Луны) обладает точностью того же порядка. Эта теория, которой в настоящее время пользуются для вычисления эфемерид Луны, позволяет рассчитать

расстояние до Луны с погрешностью в пределах 1 км.

Из рассмотрения геометрической схемы системы Земля — Луна нетрудно понять, что в каждый данный момент расстояние между двумя произвольными точками Земли и Луны связано с параметрами этой системы некоторыми соотношениями. К числу таких параметров относятся, прежде всего, средний радиус и эксцентриситет лунной орбиты и, кроме того, селеноцентрические и геоцентрические координаты точек Луны и Земли.

Математическое рассмотрение показывает, что определение этих параметров, и в первую очередь параметров, характеризующих орбитальное движение Луны, может быть сделано путем серии одновременных измерений расстояния до нескольких (минимум двух) точек лунной поверхности. При этом попутно решается задача исследования собственного вращения Луны, и в частности физической либрации, что представляет самостоятельный интерес, поскольку связано с проблемой внутреннего строения Луны. Оценки показывают, что для уточнения интересующих нас констант орбитального и вращательного движения Луны, например на два порядка по сравнению с известными их значениями, необходимо измерять расстояния до поверхности Луны с точностью в несколько дециметров.

Есть и другой круг научных задач, которые могут быть решены путем измерения расстояний до Луны. Предположим, что измерение расстояния до некоторой точки лунной поверхности производится из не-

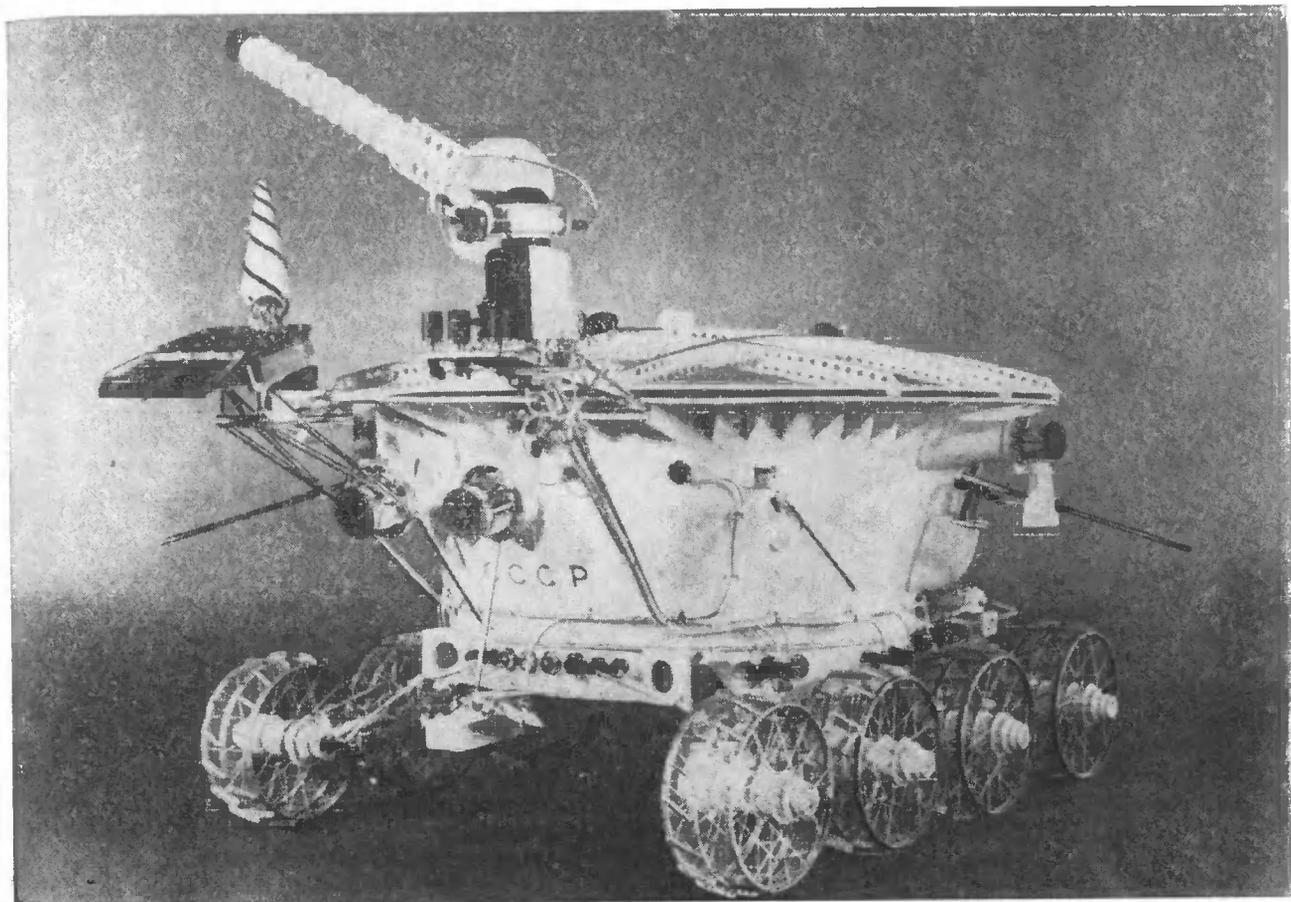


Рис. 1. «Луноход-1». Лазерный отражатель (слева).

скольких точек Земли. В этом случае оказывается возможным определить геоцентрические координаты этих точек и, следовательно, их взаимное расположение. Помимо того что эти измерения имеют большое прикладное значение для геодезии, они открывают возможность исследования таких фундаментальных явлений, как дрейф континентов и движение полюсов Земли.

Итак, мы видим, что высокоточные измерения расстояний из нескольких точек Земли до системы точек на лунной поверхности могут стать методом решения многочисленных и разнообразных научных задач. Естественно, выполнение всей научной программы потребует значительного времени как потому, что во взаимном движении Земли и Луны имеются длиннопериодные ком-

поненты, так и в силу медленного протекания некоторых из исследуемых движений (дрейф континентов).

Лазерная локация — единственный сейчас метод измерения расстояний до Луны с необходимой точностью.

Первые эксперименты по лазерной локации Луны были осуществлены американскими, а затем советскими учеными в 1962—1963 гг. По технике исполнения и результатам они были почти идентичны. Луч лазера при помощи телескопа направлялся на заранее выбранную точку Луны. Отраженный (точнее, рассеянный поверхностью Луны) сигнал попадал в тот же (в американском варианте — в расположенный рядом) телескоп и регистрировался фотоумножителем. В опытах использовались рубиновые лазеры с длительностью импульса $\sim 10^{-3}$ сек., что соответствует по-

грешности в расстоянии ~ 150 км. Это значительно превышает ошибку, получаемую другими методами, в том числе и путем расчета. Впрочем, в первых опытах и не ставилась задача измерения расстояний. Основной их целью была просто регистрация отраженных Луной лазерных световых импульсов.

Измерение расстояния до Луны методом лазерной локации было впервые осуществлено советскими учеными в 1965 г. Измерялось расстояние до участка лунной поверхности внутри кратера Фламарион. Принципиальная схема опыта осталась прежней, однако параметры аппаратуры были существенно иными. Применялся лазер с так называемой модулированной добротностью; он генерирует импульсы длительностью $\sim 10^{-8}$ сек. (аппаратурная

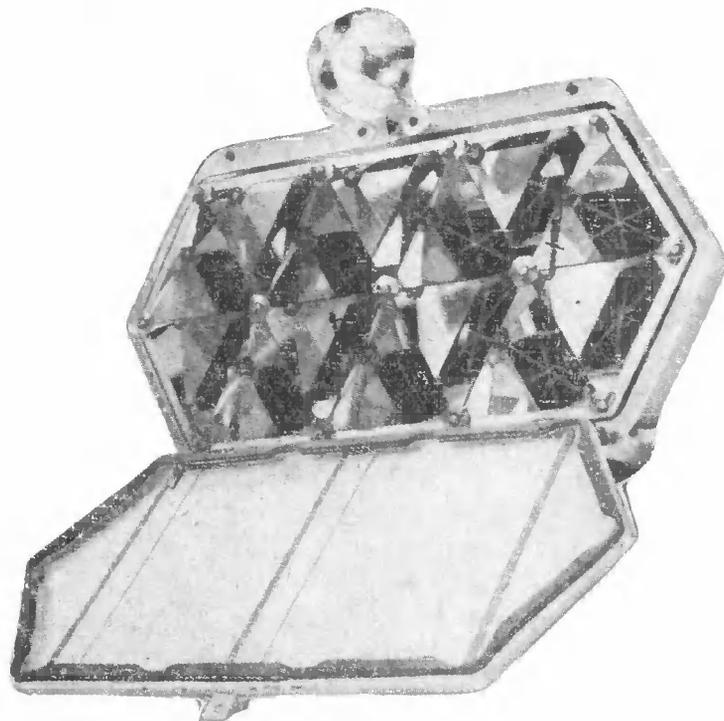


Рис. 2. Лазерный отражатель.

ошибка в расстоянии $\sim 1,5$ м). Примерно с той же точностью измерялось время распространения лазерного импульса до Луны и обратно. В этом опыте расстояние до поверхности Луны удалось измерить с точностью до нескольких сотен метров, причем ошибка зависела не от несовершенства аппаратуры, а от топографии освещаемого участка Луны и его наклона к лучу лазера.

Достигнутая в опытах 1965 г. точность была еще недостаточной для решения всех поставленных научных задач. Трудности дальнейшего повышения точности связаны с тем, что лазерный пучок не может быть идеально параллельным. Это обусловлено не только свойствами лазера, но, что более принципиально, рассеянием лазерного света на неоднородностях атмосферы. Во всяком случае после прохождения атмосферы лазерный пучок имеет расходимость в среднем не менее $2-3''$, т. е. освещает на Луне площадку диаметром $3,5-5,0$ км. Неровности рельефа в пределах площадки такого размера и наклон ее относительно луча лазера приводят к размытию лазерно-

го сигнала во времени, что и определяет ошибку в измерении расстояния в много сотен метров.

Единственный путь повышения точности измерений — установка на Луне искусственной мишени небольших размеров, которая эффективно отражает свет в направлении на наблюдателя. При работе с такой мишенью ошибка в расстоянии будет определяться длительностью импульса лазера, точностью измерения времени распространения сигнала до Луны и обратно и размерами самой мишени. С применением современных лазеров и счетчиков времени эта ошибка может быть доведена до долей метра.

В состав научного оборудования самоходного аппарата «Луноход-1» и включен лазерный отражатель, отвечающий этим требованиям. Он установлен в передней части лунохода на специальном кронштейне (рис. 1).

При весьма малых размерах и весе отражатель может не только служить локализованной мишенью, но и дать значительный выигрыш в величине отраженного сигнала за счет направленного отражения лазерного

излучения на Землю. Это весьма существенно, так как позволяет значительно улучшить энергетические условия опыта, которые без отражателя довольно неблагоприятны. Действительно, без специального отражателя лазерный сигнал диффузно рассеивается поверхностью Луны в полупространство. Потери энергии при этом столь велики, что даже при использовании крупных телескопов ответный сигнал в $10^{19} \div 10^{20}$ раз меньше излученного лазером. В итоге даже при использовании наиболее мощных современных лазеров ответный сигнал содержит лишь десятки или в лучшем случае сотни фотонов. Регистрация столь слабого сигнала при наличии фона от освещенной Солнцем части Луны возможна только путем статистического накопления сигналов и при недостаточной статистике она ненадежна.

Лазерный отражатель, установленный на «Луноходе-1», разработан во Франции в соответствии с соглашением о сотрудничестве в изучении и освоении космического пространства в мирных целях. Советские специалисты снабдили отражатель крышкой для защиты от пыли во время посадки на Луну и обеспечили его ориентацию на Землю. Ориентация по углу места осуществлена за счет установки отражателя под определенным углом к горизонтальной плоскости лунохода, соответствующим заранее известным координатам места посадки. Ориентация по азимуту обеспечивается разворотом всего лунохода вокруг его вертикальной оси.

Отражатель (рис. 2) состоит из 14 трипель-призм, каждая из которых представляет собой уголок, отрезанный от куба. Входной гранью служит плоскость среза, остальные три металлизированные грани — внутренние отражатели. Если на входную грань послать луч света, то после трехкратного отражения в призме он выйдет из нее по направлению падающего луча. Это свойство сохраняется независимо от ориентации отражателя относительно луча. Отклонение луча от нормали к входной грани приводит лишь к уменьшению эффективной площади отражателя. Совпадение направлений падающего

и отраженного лучей тем лучше, чем с большей точностью выдержаны прямые углы между гранями призмы и чем выше однородность стекла, из которого изготовлена призма. Чтобы отражатель обеспечил возращение светового сигнала в ту точку на Земле, из которой он был излучен, к точности углов и однородности стекла призм предъявляются столь высокие требования, что создание такого отражателя превращается в сложную инженерную проблему. Трудности усугубляются еще тем, что этот прибор должен работать в лунных условиях, т. е. в широком диапазоне температур.

Призмы французского отражателя изготовлены из специального высокооднородного стекла типа «гомосил»; углы их выдержаны с точностью $0''{,}2$; плоскости граней — с точностью $0{,}07$ мк. Призмы установлены на панели, закрытой снизу и с боков кожухом из многослойного теплоизоляционного материала. Диаграмма отражения всей системы имеет ширину около $6''$. Площадь отражателя 640 см², габариты $45 \times 20 \times 8$ см, вес $\sim 3{,}5$ кг.

Малый коэффициент теплового расширения призм позволяет избежать термических деформаций в суровых лунных условиях, но отражатель рассчитан на работу только при низких температурах, т. е. в условиях лунной ночи. В период лунного дня из-за нагрева Солнцем эффективность отражателя падает.

Комплекс наземной лазерно-локационной аппаратуры разработан и изготовлен в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР. Вся аппаратура установлена на телескопе диаметром $2{,}6$ м Крымской астрофизической обсерватории АН СССР (рис. 3).

Основной элемент — оптический квантовый передатчик (1), который установлен в фокусе телескопа (4) и состоит из генератора и усилителя. В качестве рабочего тела в них использованы рубиновые стержни длиной 240 мм и диаметром 15 мм.

Стержни вместе с импульсными лампами накачки заключены в специальные герметичные кожухи — осветители и охлаждаются водой. Модуля-

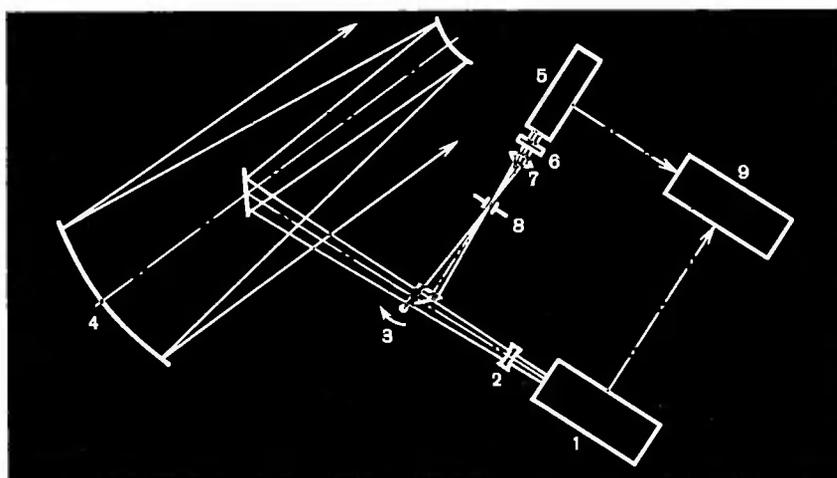
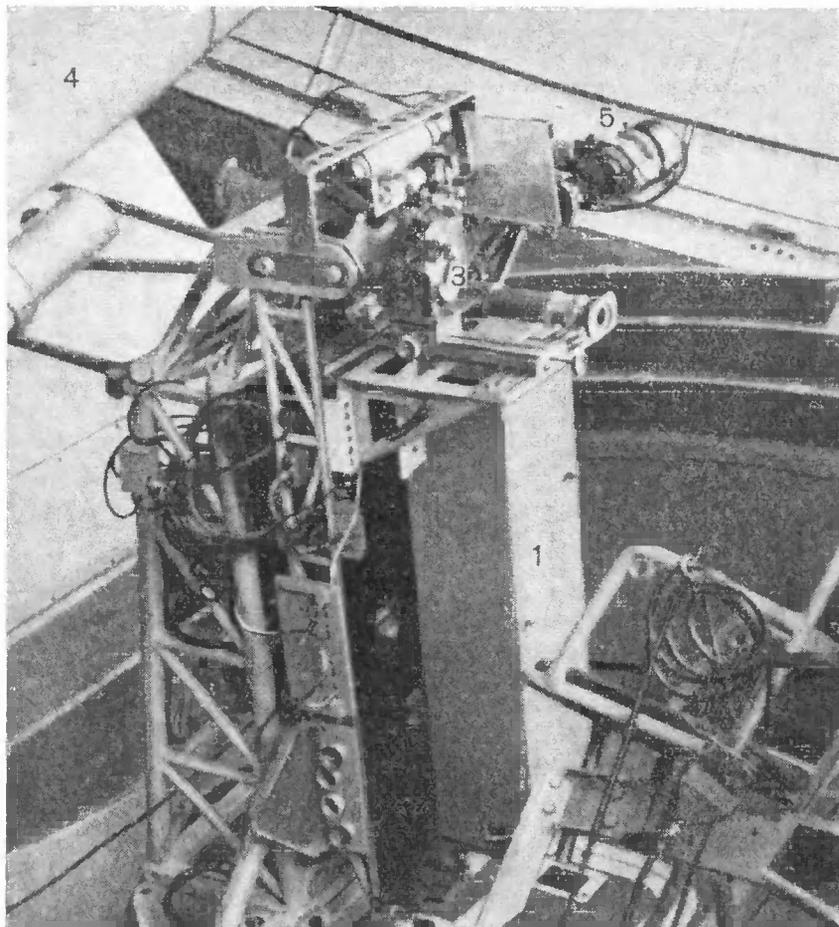


Рис. 3. Лазерный локатор, установленный на телескопе (вверху), и его оптическая схема (внизу): 1 — квантовый генератор; 2 и 7 — линзы; 3 — поворачивающаяся призма; 4 — телескопа; 5 — фотоэлектронный умножитель (ФЭУ); 6 — фильтр; 8 — диафрагма; 9 — устройство для измерения времени распространения лазерного импульса.

ция добротности лазера осуществляется ячейкой Керра или вращающейся призмой в комбинации с просветляющимся красным фильтром. Лазерный передатчик генерирует световые импульсы с длиной волны $\lambda = 6943 \text{ \AA}$, длительностью $\tau = 20 \text{ нсек}$, с энергией $W = 4 \text{ дж}$. Период повторения импульсов $T = 15 \text{ сек}$. По выходе из телескопа расходимость светового пучка составляет около $5''$. Линза (2) согласует оптический квантовый передатчик с телескопом по апертуре.

Приемником отраженного сигнала служит фотоэлектронный умножитель (5), перед фотокатодом которого установлен настраивающийся узкополосный интерференционный фильтр (6) с полосой пропускания $\Delta\lambda = 10 \text{ \AA}$ и согласующая линза (7). Для увеличения эффективности приема на фотокатод наклеена специальная сложная призматическая насадка, которая обеспечивает многократное прохождение света через фотокатод. Диафрагма (8) определяет поле зрения приемника.

Поворачивающаяся призма (3) служит для переключения установки с режима передачи на прием и обратно. В установке имеется еще ряд вспомогательных элементов, используемых для настройки, юстировки и контроля всей системы и наведения телескопа на нужную точку Луны.

Определение расстояния до отражателя производится, как обычно в локационной технике, путем измерения времени распространения сигнала до цели и обратно. В нашей установке такую задачу выполняет устройство (9), состоящее из высокостабильного генератора стандартной частоты и счетчика числа периодов этого генератора. Запуск счетчика производится импульсом лазера, остановка — отраженным сигналом, зарегистрированным фотоэлектронным умножителем. Чтобы снизить вероятность остановки счетчика ложными фоновыми импульсами, регистрация отраженного сигнала производится только в течение временного интервала длительностью 150 мксек , середина которого совмещена с предварительно рассчитанным временем прихода отраженного сигнала. Точность из-

мерения времени порядка $\pm 10^{-8} \text{ сек}$, что соответствует ошибке в расстоянии порядка 3 м .

С отражателем можно работать только во время лунной ночи. Для наведения лазерного луча на отражатель, находящийся на неосвещенной части Луны, на ее дневной стороне выбиралась опорная точка (кратер) с известными координатами. На эту точку наводился гид телескопа. Чтобы направить на отражатель сам телескоп, по оси которого проходит лазерный луч, вводилось рассогласование гида и телескопа на угол, равный угловому расстоянию между отражателем и опорной точкой. Величина этого угла определялась расчетным путем. При таком непрямом способе наводки мог возникнуть целый ряд плохо контролируемых ошибок как аппаратных, так и расчетных. Поэтому была разработана программа поиска отражателя путем последовательного обстрела 25 точек, равномерно распределенных в квадрате лунной поверхности размером $25 \times 25 \text{ км}$.

Поиск был начат в первую лунную ночь 5 декабря 1970 г. с центральной точки этого квадрата с селенографическими координатами $34^{\circ} 53' \text{ W}$ и $38^{\circ} 17' \text{ N}$, локация которой производилась в течение всего первого сеанса, продолжавшегося 40 мин. В результате был обнаружен отчетливый отраженный сигнал, хотя и меньший расчетного. Таким образом, осуществление всей программы поиска оказалось ненужным. Правда, в следующем сеансе, 6 декабря 1970 г., были сделаны попытки сместиться от центральной точки на запад и на восток с целью уточнения наводки. Однако отраженный сигнал при этом не увеличился и наводка на центральную точку была признана оптимальной. Надо отметить, что погодные условия во время этих двух сеансов были неблагоприятными — наблюдалась сильная атмосферная турбулентность. Вследствие этого лазерный пучок был очень широким (по приблизительным оценкам, освещенная площадка на Луне имела диаметр не менее $15''$), что хотя и привело к уменьшению отраженного сигнала по сравнению с расчетным, зато позволило сразу по-

пасть лазерным лучом в отражатель.

Основной результат первых сеансов лазерной локации с использованием отражателя, установленного на «Луноходе-1», — измерение расстояния до него с точностью около 3 м . Обращает на себя внимание факт, что измеренное расстояние отличается от рассчитанного по теории движения Луны на $800\text{—}900 \text{ м}$. Разница в расстояниях за время сеансов наблюдений менялась со скоростью приблизительно 50 м в час. Величина и характер этого изменения, по-видимому обусловленные неправильностью принятого значения разности между эфемеридным временем и всемирным, позволяют уточнить эту разность. Это и будет первым научным результатом работы.

Осуществление всей научной программы, о которой говорилось в начале статьи, окажется возможным только после создания на Луне системы точек, оборудованных лазерными отражателями, и внедрения лазерно-локационных измерений в ряде обсерваторий мира. В настоящее время на Луне уже находятся 4 отражателя: отражатель «Лунохода-1» и 3 отражателя, доставленных экспедициями «Аполлон-11, 14, 15». Американские ученые ведут успешные работы со своими отражателями. Лазерно-локационной аппаратурой для исследования Луны оборудованы обсерватории в СССР, США, во Франции и в Японии.

Потребуется длительное время для наблюдений и накопления материала. И в этом смысле дальнейшее развитие работ пойдет, очевидно, по тому же пути, по которому шло развитие угломерных наблюдений Луны. В этом последнем случае со временем точности были достигнуты лишь на основании многочисленных и продолжительных наблюдений. Правда, напрямую аналогично здесь проводить нельзя, так как лазерно-локационная техника значительно сложнее угломерной (фотографической). Но как бы то ни было, лазерная локация успешно сделала свои первые шаги, и, надо думать, в ближайшее время этот метод будет использован для разнообразных и перспективных исследований.

Радиоэкология гидробионтов

Член-корреспондент АН УССР Г. Г. Поликарпов



Геннадий Григорьевич Поликарпов, профессор, доктор биологических наук, заместитель директора и заведующий отделом радиобиологии Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского АН УССР. Ученик В. С. Елпатьевского, И. Н. Верховской, Н. В. Тимофеева-Ресовского и Б. Н. Тарусова. Работает в области радиоэкологии, химической экологии, темобионики и охраны живой природы гидросферы. Организовал первую в СССР морскую радиоэкологическую лабораторию. Автор нескольких монографий по морской радиоэкологии, в том числе «Радиоэкология морских организмов». М., 1964; «Radioecology of aquatic organisms», Amsterdam, N. Y., 1966.

Несколько слов о предмете

Будучи биологической дисциплиной, радиоэкология водных организмов, безусловно, относится к радиобиологии и гидробиологии, но ее нельзя отделить и от биогеохимии, с которой она в значительной мере связана своим происхождением и дальнейшим развитием.

Чем же занимается эта наука и что является предметом ее изучения? Радиоэкология водных организмов изучает закономерности взаимодействия между гидробионтами¹ (их популяциями, сообществами) и радиоактивными компонентами водной среды. Исследуются процессы накопления, обмена, распределения радионуклидов² в гидробиологических системах и действия ионизирующих излучений на их структуру, жизнедеятельность и продуктивность. Цель радиоэкологии заключается в создании теории действия внешнего и, особенно, внутреннего облучения ионизирующей радиацией на популяции и сообщества организмов. Практике она должна дать научную основу для прогнозирования уровня радиации в гидробиосфере в эпоху атомной энергии, чтобы иметь возможность разработать рекомендации по обеспечению радиационной безопасности.

Производство искусственных радионуклидов привело к использованию их в качестве меченых атомов и

действующего агента для изучения биогеоценозов¹.

Термин «радиоэкология» появился одновременно в СССР и США². Определение радиоактивного загрязнения живых организмов в результате атомных испытаний породило обширную литературу, которая, к сожалению, лишь отчасти представляет действительную научную ценность. Были налажены исследования способности гидробионтов концентрировать осколочные радионуклиды из водной среды и поставлены опыты по выяснению действия радиоактивных веществ на гидробионтов. Развитие атомной энергетики и возрастание проблемы удаления радиоактивных отходов атомных реакторов поставили перед радиоэкологией новые вопросы, и прежде всего такой: как накапливаются гидробионтами радионуклиды, находящиеся в различных формах и состояниях?

Для радиоэкологии характерны, с одной стороны, попытки выяснить роль радиоактивности в фундаментальных процессах жизнедеятельности и, с другой, установить экологические последствия деятельности человечества, связанной с инжeksiрованием в биосферу радиоактивных

¹ Н. В. Тимофеев-Ресовский. Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии, «Ботан. журн.», т. 42, 1957, № 2.

² А. М. Кузин, А. А. Пердельский. Охрана природы и некоторые вопросы радиоактивно-экологических связей, «Охрана природы и заповедное дело в СССР», бюлл. 1, М., Издво АН СССР, 1956; E. P. Odum. Consideration of total environment in power reactor waste disposal. Proc. Int. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, 13, Publ. 480, 1956.

Гидробионты — организмы, обитающие в воде.

² Радионуклиды — атомы с радиоактивными ядрами.

веществ при ядерных взрывах (включая предполагаемое создание этим путем каналов, гаваней и т. п.) и удалением отходов атомных установок.

Динамика накопления радионуклидов гидробионтами

Накопление различных форм радионуклидов водными организмами трудно исследовать, так как неизвестно, в какой форме находятся отдельные элементы или их соединения в океане¹, сведения же о динамике изменения физико-химического состава водной среды и о ее значении в аккумуляции радионуклидов гидробионтами и вовсе отсутствуют.

Существование разных форм элементов не позволяет коэффициенты накопления² химического элемента считать равными коэффициентам накопления его радионуклида, имея в виду те элементы, которые меняют валентность и химическую форму. Поэтому необходимо предварительное исследование их химического и физического состояния³.

Выясняя судьбу разных форм и состояний радионуклидов, вносимых в морскую воду, и прослеживая влияние этих превращений на накопление их морскими организмами, радиоэкологи работают над созданием научной основы для уверенного применения радионуклидов в качестве радиоактивных индикаторов в морских биологических исследованиях.

Динамика накопления радионуклидов гидробионтами тесно связана с физико-химическими превращениями в морской воде.

Приведем примеры.

Иттрий. Обстоятельное изучение физико-химического поведения иттрия в морской воде и накопления его морскими организмами, проводимое в отделе радиобиологии Ин-

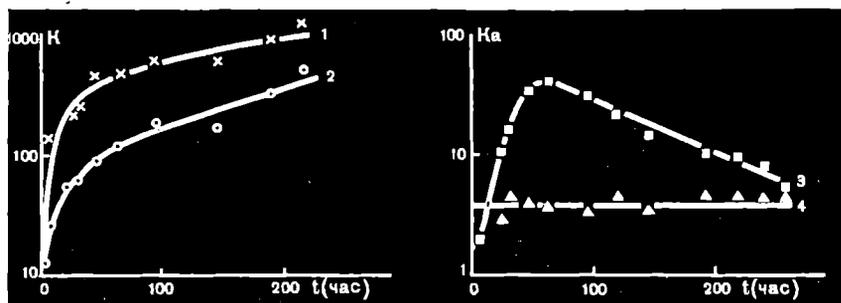


Рис. 1. Коэффициенты накопления (K) зеленой водорослью ульвой (слева) и коэффициенты абсорбции (K_a) гидрофобным полимерным адсорбентом — фторопластом-4 (справа) иттрия-91 в ионно-дисперсном (1 и 3) и коллоидном (2 и 4) состоянии. Время адсорбции на фторопласте — по 10 мин., ось абсцисс — время пребывания изотопа (его «возраст») в морской воде. При внесении в среду готовой гидроокиси иттрия наблюдается постоянство адсорбционных свойств иттрия-91. В то же время иттрий-91, внесенный в ионно-дисперсном состоянии, претерпевает в морской воде физико-химические превращения, которые проявляются в виде изменения его адсорбционной способности. Различия вносимых в среду форм иттрия отражаются на накоплении его ульвой: гидроокись иттрия накапливается слабей.

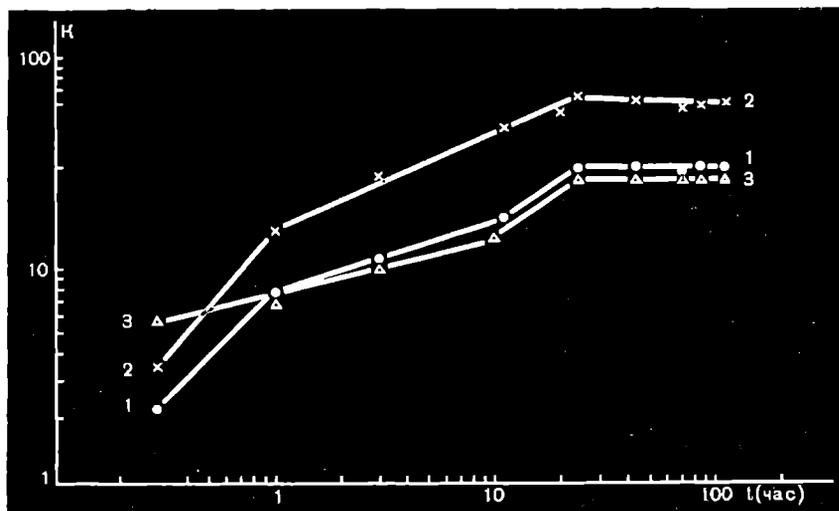


Рис. 2. Кинетика накопления ульвой таллия-204 (1 — одновалентного серно-кислого; 2 — трехвалентного серно-кислого и 3 — трехвалентной гидроокиси). График показывает, что различные химические формы таллия по-разному аккумулируются организмом.

ститута биологии южных морей АН СССР (ИНБЮМ) А. Я. Зесенко и А. А. Любимовым в содружестве с Лабораторией естественной радиоактивности Института эволюционной физиологии и биохимии (ИЭФБ) АН СССР, выявило картину, показанную на рис. 1.

Для изучения гидрохимического поведения и гидробиологических

процессов накопления иттрия методом радиоактивных индикаторов следует применять его гидроокись (меченную по иттрию), а не азотокислые и солянокислые растворы иттрия-91, обычно используемые широким кругом исследователей в экспериментах.

Церий. В отношении церия-144 показана зависимость его поведения в

¹ А. П. Виноградов. Введение в геохимию океана. М., «Наука», 1967.

² Коэффициент накопления — отношение концентрации элемента (нуклида) в организме к его концентрации в воде.

³ G. G. Polykarov. Radioecology of aquatic organisms. Amsterdam — N. Y., 1966.

морской воде от валентного состояния: при окислении трехвалентного церия-144 в четырехвалентный резко падает его адсорбируемость. Накопление зеленой водорослью ульвой — морским салатом этих двух форм церия также резко различно.

Таллий. Интересные и важные результаты получены с таллием. На рис. 2 прослеживается динамика накопления водорослью ульвой таллия-204 (трехвалентного) сернокислого, гидроокиси таллия-204 (трехвалентного) и таллия-204 (одновалентного) сернокислого. Оказывается, наибольшая величина коэффициента накопления таллия сернокислого (трехвалентного) ульвой не говорит о физиологической значимости трехвалентного таллия: на величины его коэффициентов накопления не влияют ни температура, ни освещение, ни фтористый натрий (подавляющий некоторые ферментативные процессы). Это значит, что накопление ульвой трехвалентного таллия представляет собой физический процесс — сорбцию. Процессы накопления одновалентного таллия-204 ульвой зависят от всех перечисленных факторов, что говорит об активности биологических процессов при его аккумуляции.

Что же можно заключить из приведенных сведений? Изучение закономерностей поведения радионуклидов в морской среде, обмена химических элементов между организмом и средой, а также выяснение биологической роли химических элементов должны основываться на знании конкретных форм, в которых элементы находятся в морской среде и на применении в экспериментах разных физико-химических форм радионуклидов.

Как накапливаются и распределяются радионуклиды в биоценозах?

В. И. Вернадский¹, как известно, в качестве меры способности водных организмов накапливать в себе хими-

¹ В. И. Вернадский. О концентрации радия живыми организмами. ДАН, сер. «А», 1929, № 2.

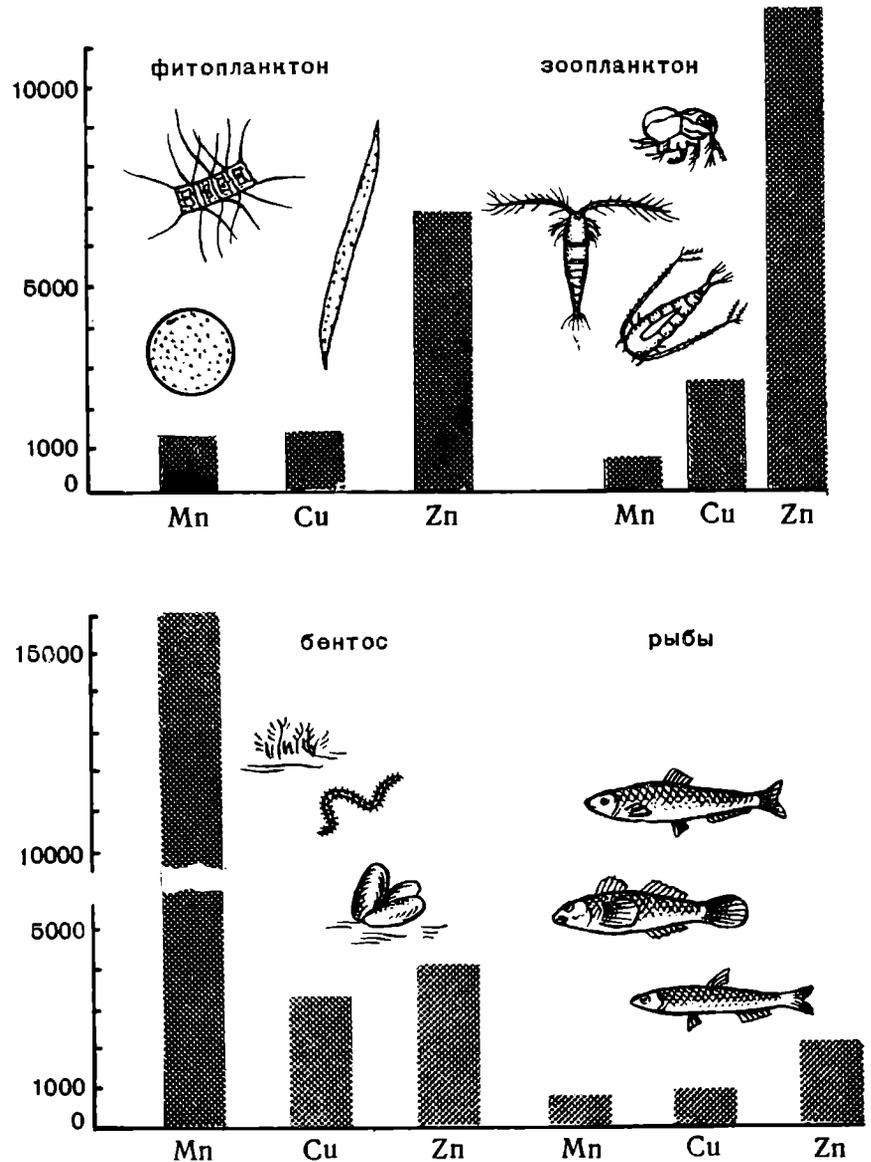


Рис. 3. Максимальные коэффициенты накопления марганца, меди и цинка растениями и животными Азовского моря (данные Л. И. Рожанской). Максимальные величины коэффициентов накопления марганца характерны для фитопланктона, баянусов и бычков-кругляков; меди — для косцинодискуса, гидробий, бычка-пугловки, лещей; цинка — для полихет, бычка-пугловки, перкарини и тарани. В пробах зоопланктона преобладали copepody. Цифры на оси ординат показывают, что морские организмы могут накапливать из водной среды микроэлементы в количествах, в тысячи раз превышающих содержание этих элементов в воде.

ческие элементы применял отношение концентраций элемента в организме (в расчете на живой вес) и окружающей воде, т. е. коэффициент накопления.

Сейчас уже получен довольно большой материал по коэффициентам накопления в самых разнообразных гидробионтах (см., например, рис. 3).

Комплексными исследованиями¹ ох-

¹ В исследованиях этих принимали участие научные сотрудники академий наук Литовской и Латвийской ССР, а также ТИНРО: Г. В. Баринюв, В. П. Парчевский, Л. Г. Кулебакина, Л. И. Рожанская, А. Я. Зесенко, А. А. Бачурина, Д. Д. Рындина, З. К. Калинин, Д. П. Марчюленене, Р. Ф. Душаускаене-Дуж, Н. С. Рисик, И. А. Соколова, Н. В. Соколова и др.

вачены около 20 радионуклидов (и стабильных элементов), относящихся ко всем группам периодической системы, исключая благородные газы; разнообразные организмы: микроорганизмы, одноклеточные водоросли, водоросли-макрофиты (зеленые, бурые и красные), водные цветковые растения, губки, кишечнорастворимые, черви, моллюски, членистоногие, иглокожие, рыбы и водные млекопитающие, включая китов; различные океаны (Атлантический, Тихий, Индийский), моря (южные моря СССР, Средиземное, Красное, Аравийское, Мексиканский залив, Карибское, Саргассово, Балтийское, Охотское и Чукотское), устья крупных рек (Дуная, Днестра, Днепра, Дона) и некоторые озера¹.

Накопленных экспериментальных данных оказалось достаточно, чтобы применить кибернетические методы. В частности, в отделе радиобиологии Института биологии южных морей АН УССР получено дифференциальное уравнение, описывающее динамику обмена радионуклида между гидробионтами и водной средой, в которой концентрация радионуклида изменяется. Построена и выражена алгоритмом для ЭЦВМ исследовательская модель вертикального переноса радионуклидов животными-мигрантами.

Как накапливается и распределяется стронций-90 в разных компонентах (животных и растениях) биоценоза цистозир? На этот вопрос отвечают многолетние исследования Л. Г. Кудебакиной. Биоценологический подход позволяет расчленить гидробионтов на **биоиндикаторов**, т. е. гидробионтов с очень высокими коэффициентами накопления стронция-90 (*Spyrorbis*, *Rissoa*, *Mytilaster*), и **биоконцентраторов** — гидробионтов как с достаточно большим коэффициентом накопления стронция-90, так и доминирующей биомассой (цистозира). Этот же исследователь проводит изучение гомологических рядов накопления стронция-90 близкими ви-

дами цистозир в Черном и Средиземном морях. При этом выявлен характер влияния солености на величины коэффициентов накопления стронция-90. Установленная зависимость позволяет проводить экстраполяции радиоэкологических параметров: определив, например, коэффициент накопления для какого-либо вида в одном море, можно составить представление о накоплении радионуклидов этим же или близкородственным видом в другом море, зная только его концентрацию в воде.

Как известно, акад. Г. Н. Флеров ведет поиск еще не открытого в природе 114-го, вероятно, весьма долгоживущего, радиоэлемента — экаспинца. Морские радиоэкологи могут принять участие в этом научном поиске. В арсенале радиоэкологии есть данные о крайне высокой способности свинца-210 накапливаться в морских организмах (коэффициенты его накопления достигают 20 000 единиц на сухой вес). Учитывая высокую способность многих гидробионтов концентрировать радионуклиды из окружающей среды и предполагая близость форм и состояний у свинца-210 и экаспинца (в связи с их большими периодами полураспада), можно надеяться также на повышенную концентрацию экаспинца в гидробионтах по сравнению с водной средой. Вероятно, можно рекомендовать их также для анализов на наличие спонтанного распада ядер с характеристиками, предсказанными для экаспинца.

До сих пор мы говорили о воздействии технического прогресса на радиоэкологию. Однако намечается и обратное влияние: воздействие радиоэкологии на технический прогресс.

Развитие народного хозяйства требует создания высокоэффективных, экономических и малогабаритных промышленных установок и целых заводов. В этом отношении большое будущее можно предсказать только что зарождающейся химической бионике¹. Под химической бионикой мы

понимаем область науки и техники, которая должна заниматься изучением и моделированием биологических процессов концентрирования и разделения химических элементов, включая радиоактивные вещества, ценные металлы и т. д. Последующее воплощение результатов таких работ в виде новой, хемобионической технологии химической промышленности, способной изменить сам характер и облик этой отрасли народного хозяйства, и представляет конечную цель химической бионики.

Исследования в этой области обнаружили, что убитые и живые бурые водоросли накапливают стронций-90 весьма сходным образом. Отсюда можно было заключить, что в этих водорослях существует довольно устойчивый, очевидно ферментативный, механизм, связанный не с процессами жизнедеятельности, а с какими-то структурами, сохраняющимися еще некоторое время после того, как водоросль убита. Таким требованиям лучше всего удовлетворяют полисахариды, а среди них альгиновая кислота — превосходный катионообменник.

Действительно, оказалось, что эта кислота превосходно извлекает из морской воды стронций и церий, но не аккумулирует цезия, цинка и галлия (одновалентного)¹. В настоящее время мы заняты поисками биологического регулятора накопления из среды и выведения в среду стронция из водорослей, регулятора, который обеспечивает направленность процесса обмена стронция между растениями и морской водой.

Возможно, будут найдены принципы новой, хемобионической технологии извлечения (и разделения) некоторых химических элементов из морской воды (запасы которой практически неисчерпаемы), а не из растений и, тем более, животных, запасы которых весьма ограничены и представляют незаменимое сырье для пищевой и фармакологической промышленности.

Перспективы хемобионики подчер-

¹ Г. Г. Поликарпов. Радиоэкология морских организмов. М., «Атомиздат», 1964. Монография «Морская радиоэкология». Киев, «Наукова думка», 1970.

¹ С. И. Завьялов. Бионика и органический синтез. «Природа», 1970, № 6.

¹ Г. Е. Лазоренко. Удивительные свойства альгиновой кислоты, «Природа», 1971, № 5, стр. 81.

квивают, таким образом, нарастающее значение радиозологии в сфере технического прогресса.

Радиоактивное загрязнение гидробиосферы

За последние десятилетия в биосферу попали громадные количества искусственных радиоактивных нуклидов. Необходимость защиты гидросферы от радиационного загрязнения потребовала организации широких радиозоологических исследований.

Коллектив научных сотрудников ИНБЮМа, занимающийся вопросами радиоактивного загрязнения, сосредоточил свое внимание на следующих основных вопросах: сравнительное изучение различий в концентрациях стронция-90 в южных морях СССР и Средиземном море (включая устья крупных рек); систематическое изучение динамики изменения концентрации стронция-90 в гидробионтах и воде из одного и того же биотопа; анализ данных по радиоактивной загрязненности и дозойной нагрузке организмов, населяющих Мировой океан¹.

Несмотря на прекращение основными ядерными державами атомных испытаний в открытой среде, к сожалению, до сих пор не наблюдается спада концентраций стронция-90 в морской воде и организмах целого ряда участков гидросферы (в том числе Черного моря), который мог ожидать после 1964 г. В этом случае причина, по-видимому, в своеобразии гидрологического режима Черного моря и значительном количестве стронция-90, поступающего с реками, особенно из Дуная. Отметим, что загрязненность стронцием-90 черноморских организмов, в зависимости от вида, в 10—200 раз выше загрязненности морской воды (рис. 4). Сопоставление наших данных по

¹ В своей работе сотрудники нашего отдела опирались на опыт радиохимических исследований морской воды, накопленный в Институте океанологии АН СССР, и материалы по распределению стронция-90 в морской воде в океанах, полученные Морским гидрофизическим институтом АН УССР.

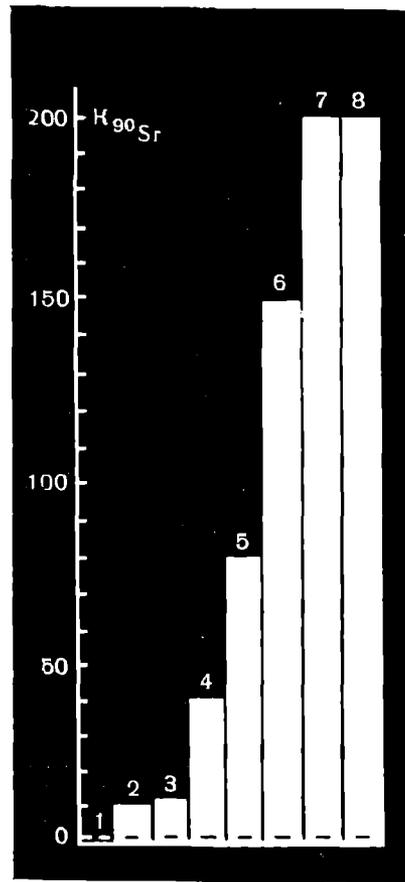


Рис. 4. Превышение концентраций стронция-90 в гидробионтах над его концентрацией в воде (коэффициенты накопления). Пунктир — концентрация в воде, принятая за единицу. 1 — вода; 2 — ульва; 3 — рыбы; 4 — зостера; 5 — цистозира; 6 — филлора; 7 — мидии; 8 — крабы.

Таблица 1
Концентрация стронция-90 в приповерхностном слое воды Средиземного моря (сентябрь — октябрь 1968 г.)

Район	Дата 1968 г.	№№ станций	Координаты		Глубина (м)	рС/л (пиктокури на л)	%
			с. ш.	в. д.			
Лионский залив	11. X	35	40°18'3"	04°54'0"	0	0,54	100
		36	43°16'2"	04°50'3"	0,5	0,35	65
		37	43°13'0"	04°47'6"	0	0,30	100
Лигурийское море	28. IX	22	42°25'2"	10°14'7"	0	0,15	50
					0,5	0,16	45
					0	0,27	100
Эгейское море	5. X	32	42°42'6"	06°22'0"	0	0,30	100
					0,5	0,15	50
					0	0,38	100
Эгейское море	18. IX	12	36°56'7"	23°56'4"	3	0,23	60

концентрациям стронция-90 в различных морях Средиземноморского бассейна говорит само за себя (рис. 5).

Интересно отметить обнаруженное с помощью сконструированного В. И. Тимошуким аппарата «Афродита-1» концентрирование стронция-90 в приповерхностном микрогоризонте морской воды (рис. 6 и табл. 1).

В совместных работах с Институтом биологии АН Латвийской ССР (З. К. Калниня) удалось обнаружить наибольшие величины коэффициентов накопления стронция-90 в верхней (приповерхностной) части у рдеста и возрастание коэффициентов накопления стронция-90 в озерных растениях от весны к осени в водоемах разной трофности. В исследованиях, проведенных АН Литовской ССР, выявлен сдвиг в максимумах концентрации свинца-210 в дождевой воде и лещах. Кроме того, впервые получен сравнительный материал по коэффициентам накопления стронция-90 и свинца-210 в различных видах рыб, моллюсков и растений (рис. 7).

Эти и другие многочисленные сведения позволили составить общее представление о загрязнении гидробионтов Мирового океана стронцием-90 (рис. 8).

Сегодня радиозоологическими исследованиями охвачены уже самые различные акватории (от Берингова моря до Мексиканского залива). Большинство данных по стронцию-90

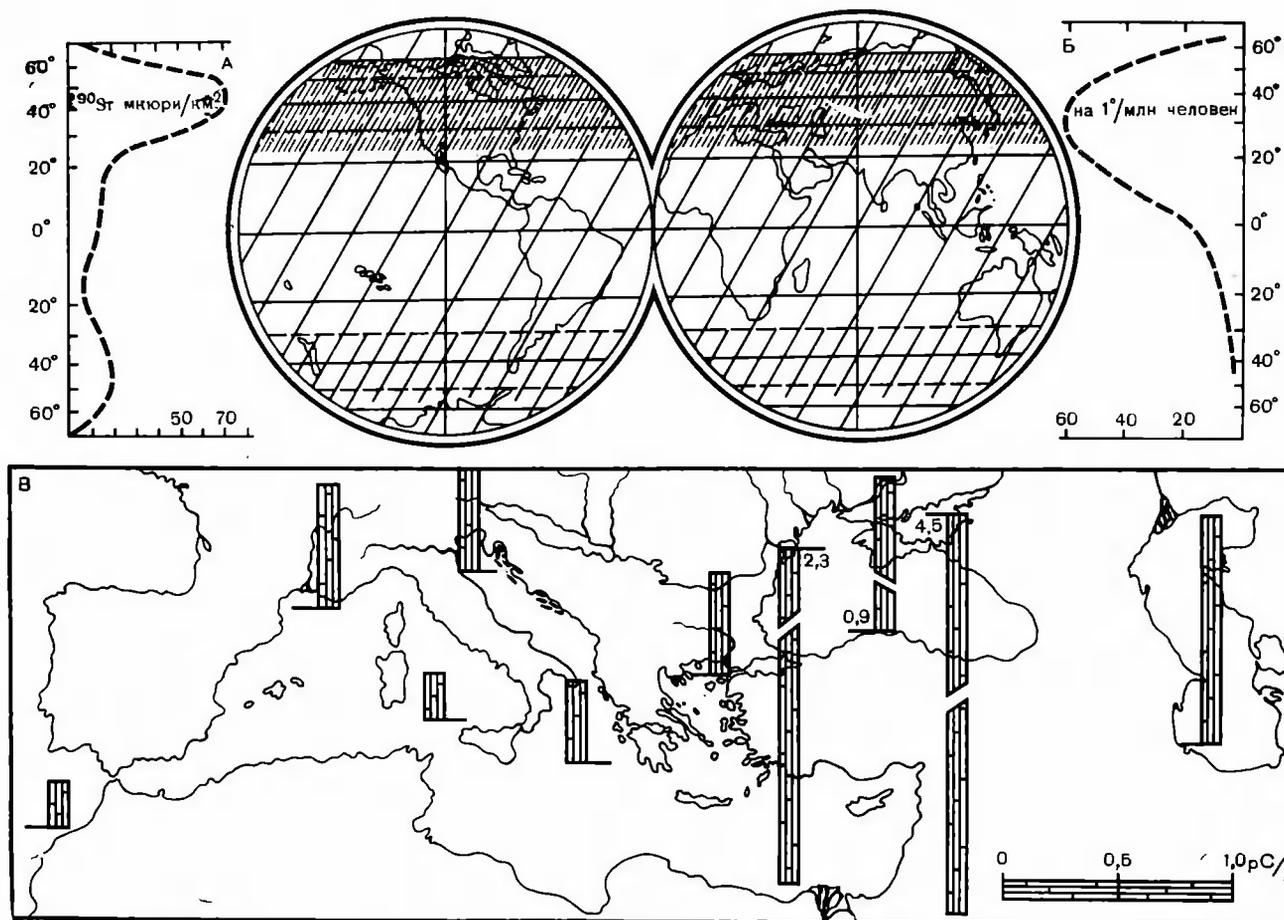


Рис. 5. Географическое макро- и микрораспределение стронция-90 в биосфере. А — плотность его выпадения на поверхность земного шара (по R. List и др., 1965); Б — плотность населения (по В. Н. Лавренчик, 1965) на разных широтах; В — неоднородность распределения стронция-90 в одной из широтных полос (на примере моря Средиземноморского бассейна). (По В. И. Тимощуку и Л. Г. Кулебакиной).

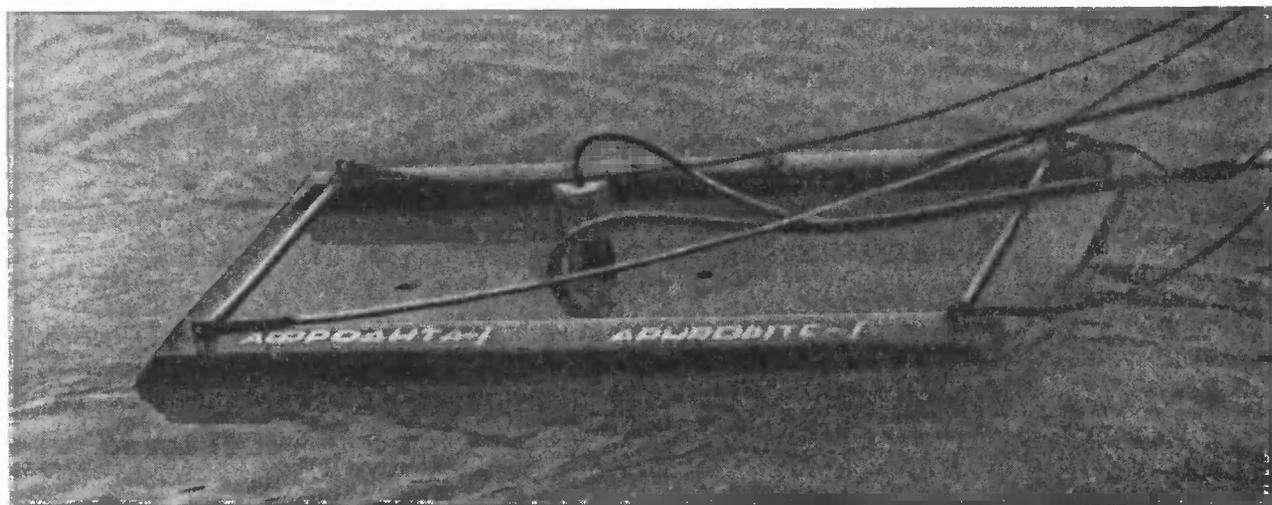


Рис. 6. «Афродита-1» — аппарат для отбора проб с целью последующего измерения концентрации стронция-90 в поверхностном микрогоризонте морской воды.

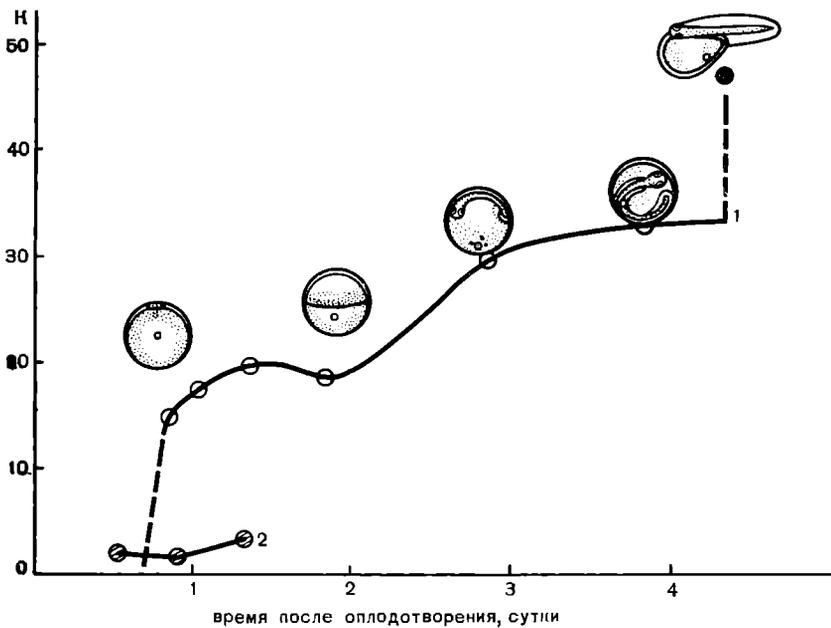


Рис. 9. Коэффициенты накопления цинка-65 развивающейся икрой камбалы-калкана (1) и ее неоплодотворенной икрой (2) (по В. Н. Иванову).

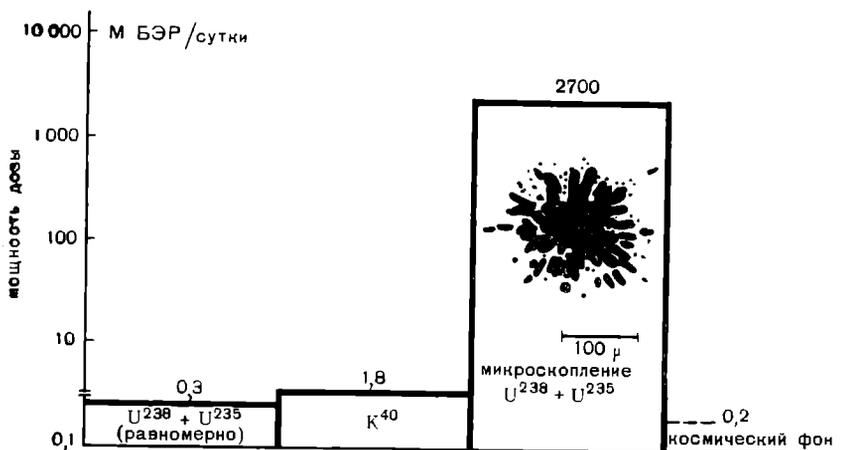


Рис. 10. Мощности доз, формируемые различными излучениями (0,2 — космическим фоном, 1,8 — радионуклидом калия, 0,3 — рассеянным в воде ураном, 2700 — микроскоплением урана). Ясно, что в зоне скопления урана и поглощенные дозы должны быть гораздо выше «средних».

тивного пепла (Т. Hibija, Т. Yagi, 1956; J. Mikami, Н. Watanabe, 1956) и две английских — о действии стронция-90 и иттрия-90 (V. M. Brown, W. L. Templeton, 1964; L. A. Krumholz, 1956).

Данные, полученные на различных пресноводных и морских рыбах, критерием поражения у которых служили в основном уродства и гибель, отличаются большой пестротой.

Учитывая отмеченную противоречивость результатов, мы приступили к исследованиям действия радионуклидов на клеточном уровне — по частоте ядерных нарушений в клетках эмбрионов. Область действия малых доз исключительно трудна для исследования, поэтому такие работы необходимо максимально обеспечивать всем арсеналом методов мате-

матического планирования экспериментов и последующей обработки материала.

В процессе развития рыб, накопление ими радионуклидов носит сложный характер. Не вдаваясь в анализ различных типов динамики накопления в зависимости от радионуклида, приведем здесь только один пример накопления цинка-65 развивающейся и неоплодотворенной икрой камбалы (рис. 9).

Зная об отсутствии литературных материалов по кариологии морских рыб, в первую очередь черноморских и средиземноморских, мы решили заняться исследованиями по кариологии черноморских рыб на ранних стадиях развития. В проведенных опытах отмечена, прежде всего, пропорциональность эффекта (хромосомных нарушений) логарифму дозы. При равных концентрациях радионуклиды иттрия обладают гораздо большим поражающим действием, чем цезий-137 и углерод-14. Радиоитрий проявляет свое действие при значительно меньших концентрациях (10^{-9} кюри/л), чем другие радионуклиды. Это может объясняться тем, что он создает большие поглощенные дозы, так как значительно сильнее накапливается икрой, чем цезий-137 и углерод-14.

Биологическая роль естественного радиоактивного фона, и в частности для морских организмов, не может быть игнорирована¹. Не исключено, что содержащиеся в гидробионтах естественнорadioактивные элементы могут обеспечить довольно высокий уровень спонтанного мутагенеза. На эти догадки наводит обнаруженный научным сотрудником Н. С. Рисиком² факт, что уран способен создавать в различных гидробионтах микроскопления (рис. 10, 11). Действительно, при усредненном расчете вклад поглощенных доз за счет излучения урана ничтожен, зато в пределах микроскоплений его атомов вклад урана превышает на много порядков те дозы, которые формируются космическим фоном и излу-

¹ А. П. Виноградов. Введение в геохимию океана. М., «Наука», 1967, стр. 35.

² Н. С. Рисик. «Вестник зоологии», 1970, № 2.

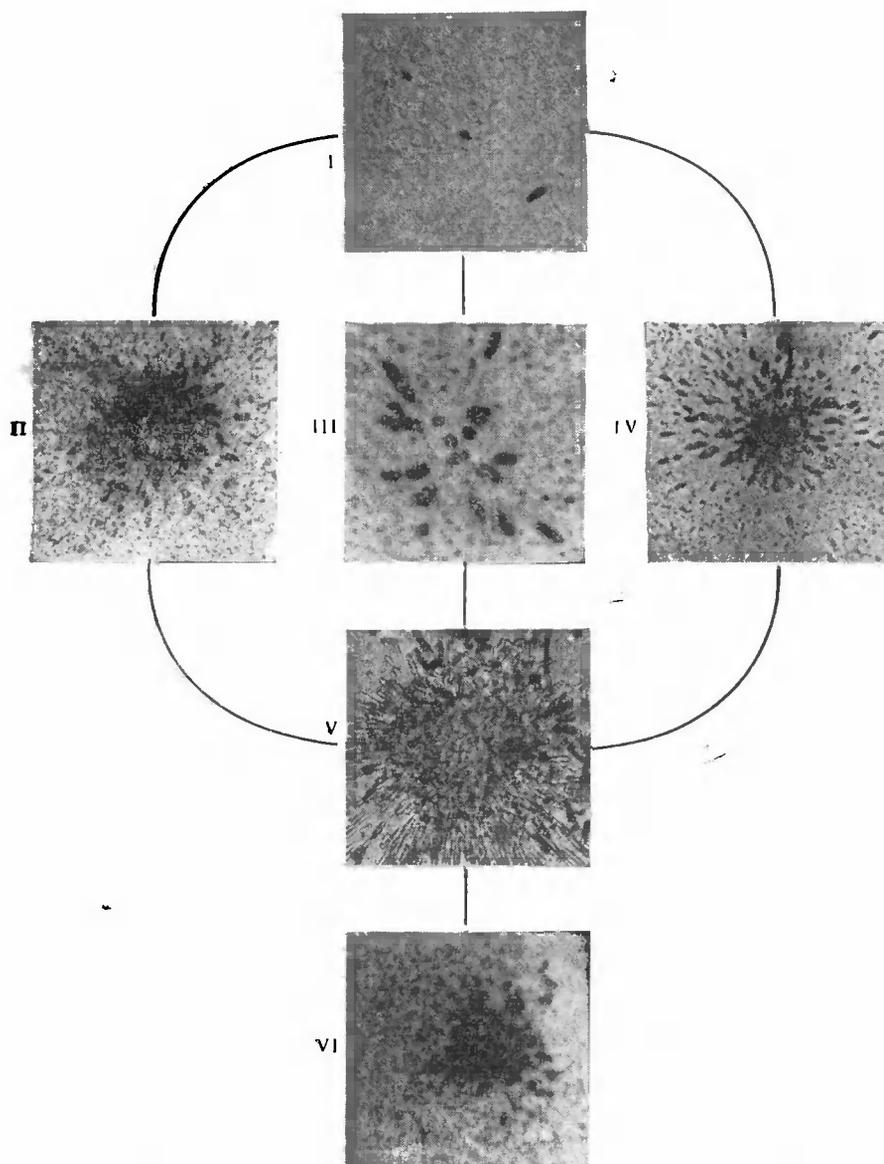


Рис. 11. Схема биологических путей миграции микроскопических урана в различных звеньях биогеоценоза океана (данные Н. С. Рисика). I — вода микроскопические урана отсутствуют; II — водоросли (100); III — ракообразные (100); IV — рыбы (10 000); V — детрит (1000); VI — ил (100). В скобках указан коэффициент накопления.

чениями естественнорadioактивных элементов и нуклидов. Если источник радиации окажется в непосредственной близости от кодирующих структур, они будут поражены или повреждены.

В дальнейшем, очевидно, необходимо установить частоты распределения микроскопических урана в различных тканях разных организмов,

вычислить вероятности поражений генетических структур и т. д. Это сложные, но неизбежные исследования. Много надежд возлагается на развивающееся в науке направление — общую и радиационную цитогенетику морских рыб, беспозвоночных и одноклеточных водорослей.

Таким образом, выявляется главное направление в радиозэкологии—

разработка проблемы действия малых доз ионизирующих излучений и низких концентраций инкорпорированных радионуклидов на жизнедеятельность гидробионтов, их популяций, сообществ и биогеоценозов. Новый этап в генетическом развитии радиозэкологии, разумеется, не только не снимает всего комплекса уже ведущихся перспективных исследований, но, напротив, придает им большую целеустремленность, в связи с чем они становятся еще нужней.

Перечень проблем морской радиозэкологии можно увеличить¹, но уже сегодня ясно: раскрыв в перспективе роль естественной радиоактивности в эволюции популяций и сообществ водных организмов и создав теорию взаимодействия живого населения гидросферы с радиоактивными компонентами среды, мы, несомненно, увеличим власть человека над водными ресурсами растений и животных, получим возможность определять степень риска, связанного с радиоактивным загрязнением водоемов, и регулировать отношения между техносферой и биосферой.

УДК 621.039.8
472(26)

¹ Г. Г. Поликарпов. Нерешенные проблемы водной радиозэкологии. «Радиобиология», т. X, 1970, вып. 2.

Рекомендуемая литература

Г. Г. Поликарпов, Ю. П. Зайцев, Л. Г. Кулебакина и др. «РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ», «Наукова думка», Киев, 1970.

МОРСКАЯ РАДИОЭКОЛОГИЯ. «Наукова думка», Киев, 1970.

А. И. Ильенко, Д. А. Кривоуцкий. РАДИОЭКОЛОГИЯ, «Знание», 1971, № 7.

Зарядовая симметрия и Вселенная

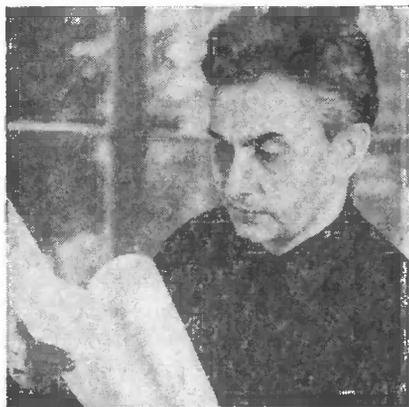
Г. Л. Варденга

Э. О. Оконов

Кандидат физико-математических наук



Генрих Людвигович Варденга, физик-экспериментатор; работает в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований (Дубна) над проблемами К-мезонной физики и симметрии элементарных частиц.



Эдгар Оскарович Оконов, старший научный сотрудник, начальник сектора той же лаборатории ОИЯИ; автор экспериментальных и теоретических работ, большинство из которых посвящено исследованию системы К-мезон — анти-К-мезон.

Симметричные модели мира

Открытие античастиц, изучение которых выявило глубокую симметрию между веществом и антивеществом, побудило астрофизиков пересмотреть прежние космогонические теории и поставило вопрос о существовании антивещества во Вселенной.

Заметим, что на мощных ускорителях заряженных частиц получены не только антипротоны и антинейтроны, но и ядра тяжелого антиводорода — антидейтроны. Более того, недавно на Серпуховском ускорителе, где протоны разгоняются до энергий 76 Гэв, удалось обнаружить рождение ядер антигелия¹. Равноправность обеих симметричных по заряду форм существования вещества в микромире, казалось бы, делает естественным предположение, что и в макромире — во Вселенной — вещество и антивещество существуют в равных количествах.

Большинство гипотез о происхождении Вселенной исходят из того, что на первоначальном этапе вещества существовало в газообразном состоянии или в виде плазмы.

Известно, что при нагревании газа скорость молекул возрастает. При достаточно высоких температурах (десятки и сотни тысяч градусов) скорости молекул становятся настолько велики, что при столкновениях молекулы и составляющие их атомы разрушаются. Так, молекула водорода расщепляется, превращаясь в ре-

зультате в отдельные положительно заряженные ядра водорода (протоны) и отрицательно заряженные электроны (происходит процесс ионизации). Некоторые из протонов и электронов, встречаясь, вновь образуют нейтральный атом водорода (процесс рекомбинации). Такая равновесная смесь протонов, электронов и нейтральных атомов носит название плазмы.

В случае смеси вещества и антивещества мы имеем дело с более сложной системой, состоящей из протонов, электронов, антипротонов, позитронов и образовавшихся в результате рекомбинации атомов водорода и антиводорода (так называемая амбиплазма). Совсем не обязательно, чтобы в амбиплазме число легких частиц (электронов и позитронов) было равно числу тяжелых (протонов и антипротонов). Однако симметрия между веществом и антивеществом предполагает при образовании амбиплазмы равенство числа протонов и антипротонов, равно как и числа электронов и позитронов. Таким образом, амбиплазма в целом электрически нейтральна, хотя в ней могут происходить перемещения частиц разного знака (токи), создающие магнитное поле.

Как же в первичной амбиплазме образовались крупные сгустки вещества? Как произошло разделение вещества и антивещества? Эти вопросы оказались наиболее трудными для астрофизиков. Можно было бы предположить, что сгустки вещества возникли в результате случайного скопления вещества и антивещества в разных областях Вселенной, удаленных друг от друга на большие

¹ См. А. А. Логунов, В. А. Ярба. Первые результаты на Серпуховском ускорителе. «Природа», 1970, № 11.

расстояния. Однако расчеты показывают, что такое предположение крайне маловероятно.

«Антигравитация» и K^0 -мезон

Некоторые астрофизики предположили, что разделение вещества и антивещества могло бы произойти вследствие так называемой антигравитации. Гипотеза антигравитации возникла, вероятно, на основании результатов, полученных физикой элементарных частиц.

Физике элементарных частиц известны три типа фундаментальных взаимодействий — сильное, электромагнитное и слабое. В этих взаимодействиях сохраняются барионный, электрический и лептонный заряды, которые у частиц и античастиц противоположны по знаку. Четвертое фундаментальное взаимодействие — гравитационное — можно описать с помощью «гравитационных зарядов». Следуя аналогии, можно предположить, что гравитационные заряды у частиц и античастиц также противоположны по знаку. Это означает, что если между частицами (или античастицами) существуют гравитационные силы притяжения, то между частицей и античастицей действовали бы гравитационные силы отталкивания (антигравитация).

Однако такое предположение противоречит принципу эквивалентности, который Эйнштейн положил в основу своей общей теории относительности. Этот принцип требует, чтобы гравитационная масса была мерой инерции тела (эквивалентность гравитационной и инертной масс).

Экспериментально было установлено, что инертные массы частиц и античастиц одинаковы по величине и по знаку. Отсюда, если исходить из принципа эквивалентности, следует признать, что гравитационные массы частиц и античастиц, также одинаковы по величине и по знаку.

Тем не менее сторонники антигравитации возражали, «Вполне возможно, — говорили одни, — что принцип эквивалентности, справедливый для вещества и антивещества в отдельности, оказывается неприменимым для противостоющей смеси ве-

щества и антивещества». «Может быть, антигравитация — разумный закон природы, который должен уберечь материю от разрушения — аннигиляции», — приводили доводы другие.

Окончательно разрешить проблему антигравитации мог только эксперимент. Косвенные указания против антигравитации получены были в опытах Л. Этвеша, Р. Дики и В. Б. Брагинского, не обнаруживших нарушения принципа эквивалентности с большой степенью точности. Не вдаваясь в детали этих опытов, следует указать, что здесь экспериментаторы имели дело с обычным веществом. Для того чтобы отвергнуть существование антигравитации, следовало предположить присутствие в обычном веществе античастиц «в неявном виде». По этому поводу интересная дискуссия возникла на Дубненской конференции по физике высоких энергий (1964) между Я. Б. Зельдовичем, утверждавшим, что опыты Этвеша — Дики указывают на отсутствие антигравитации, и Л. Шиффом, считавшим, что для такого утверждения необходимы теоретические расчеты, которые физики корректно провести пока не могут¹. Таким образом, проблема антигравитации требовала более прямых экспериментов: нужно было «взвесить» античастицы. Однако влияние сил тяготения на элементарные частицы настолько ничтожно, что казалось, наблюдение гравитационных эффектов лежит за пределами экспериментальных возможностей. И тут на помощь физикам снова пришла самая странная из всех странных частиц, с которой связано решение многие фундаментальных проблем физики элементарных частиц, — K^0 -мезон.

Мы уже говорили на страницах журнала «Природа»² о том, что долгоживущий (так же как и короткоживущий) нейтральный K^0 -мезон «един в двух лицах», он как бы состоит из «К-частицы» и «анти-К-частицы». Если выражаться более точно, долгоживущий K^0 -мезон половину времени находится в состоянии К-мезона, другую половину — в со-

стоянии анти-К-мезона, подобно тому как подброшенная в воздухе вертящаяся монета поочередно показывает наблюдателю то одну, то другую сторону. Оба эти состояния тщательно сбалансированы по энергии — это самые чувствительные весы, известные человеку. Чтобы нарушить равновесие этих весов, достаточно изменения энергии на ничтожнейшую величину — примерно 10^{-19} эрг. Это обстоятельство позволило, например, дубненским физикам установить равенство инертных масс K^0 - и анти- K^0 -мезонов с точностью $\sim 10^{-15}$. Было предложено использовать эти природой подаренные человеку весы для решения вопроса о существовании антигравитации.

Как ни мала энергия гравитационного взаимодействия частицы и античастицы с Землей, она все-таки в сотни раз больше чувствительности К-мезонных весов. Проведенные на дубненском синхрофазотроне эксперименты показали, что знаки гравитационных масс К-частицы и анти-К-частицы одинаковы, а их различие по величине если и существует, то не превышает десяти процентов¹. Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют, что антигравитация не существует.

Правда, если подойти к этому вопросу строже, надо было бы «взвесить» и другие античастицы, тем более, что K^0 -мезон не входит в явном виде в состав стабильного антивещества. Поэтому на крупнейшем в мире линейном ускорителе электронов в Стэнфорде (длина ускорителя около 4 км) готовится сложнейший эксперимент с целью «взвесить» позитрон.

Модель Альвена — Клейна

Экспериментальные результаты в физике элементарных частиц вынуждают астрофизиков, отстаивающих зарядовую симметрию мира, усомниться в экзотической идее антигравитации и искать другие причины, которые могли бы привести к разделению частиц и античастиц на ранней стадии развития Вселенной.

¹ Э. Оконов, М. Подгорецкий, О. Хрусталев. ЖЭТФ, т. 42, 1962, вып. 3, стр. 770. Д. Нягу и др. Ядерная физика, т. 3, 1966, вып. 5, стр. 903.

² Труды Дубненской конференции, т. II, 1964, стр. 116.

³ См. «Природа», 1970, № 9, стр. 15.

Гипотеза разделения вещества и антивещества, не выходящая за рамки обычных представлений, что между частицами и античастицами существуют силы гравитационного притяжения, была разработана О. Клейном и Х. Альвеном (1962—1965). Согласно этой гипотезе, первоначальным состоянием вещества была очень разряженная амбиплазма, в которой один протон и один антипротон приходится в среднем на миллион кубических метров. При такой низкой плотности вещества вероятность случайного столкновения протона и антипротона ничтожно мала. Поведение амбиплазмы будет определяться силами гравитационного притяжения. Под воздействием этих сил гигантский шар, заполненный разряженной амбиплазмой (с радиусом 10^{12} световых лет!), начинает сжиматься, при этом все частицы движутся к центру шара.

К чему приведет это сжатие, которое сопровождается увеличением плотности? Когда концентрация вещества возрастет настолько, что на сто кубических сантиметров объема будет приходится в среднем одна частица, вступает в игру аннигиляция: протоны и антипротоны, сталкиваясь, взаимоуничтожаются, превращаясь в более легкие частицы (и античастицы) с выделением большого количества энергии. Это приводит к разогреванию сжимающейся амбиплазмы. Возникает «радиационное давление», которое действует в направлении, противоположном действию гравитационных сил притяжения. В какой-то момент процесса сжатия возрастающее радиационное давление не только уравнивает силы сжатия, но и преодолевает их. При этом сжатый до минимальных размеров шар взрывается и начинает стремительно расширяться. Этим расширением можно объяснить наблюдаемое красное смещение в спектрах излучения, испускаемого галактиками.

А как же объяснить образование самих галактик и антигалактик?

Рассматриваемая гипотеза предполагает, что разделение вещества и антивещества в амбиплазме (в процессе ее расширения) произошло под воздействием гравитационных и

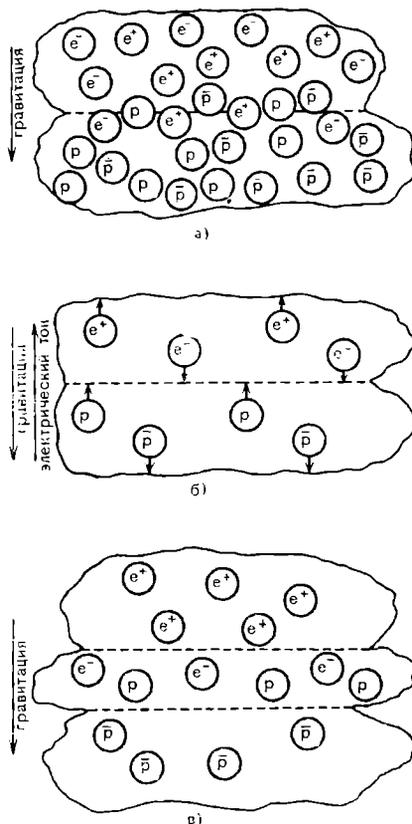


Рис. 1. Гравитационное поле смещает тяжелую компоненту амбиплазмы (протоны и антипротоны) вниз, а легкую компоненту (электроны и позитроны) вверх (а). Если в амбиплазме возникает электрический ток, направленный антипараллельно гравитационному полю, то он будет смещать электроны из верхнего слоя вниз, а протоны — из нижнего слоя вверх (б). Спустя некоторое время (в) в промежуточном слое возникает избыток вещества (в состоянии плазмы). Подобным же образом электрический ток, направленный параллельно гравитационному полю, создает в промежуточном слое избыток антивещества (антиплазмы).

электрических сил. Мы хорошо знаем, что изменяющиеся магнитные потоки (вызванные в свою очередь перемещением заряженных частиц) приводят к появлению электрического поля и токов. Допустим, что в результате изменения магнитного потока в амбиплазме возник ток в направлении, противоположном действию гравитационных сил (рис. 1). Действие гравитационных сил приво-

дит к тому, что тяжелые частицы (протоны и антипротоны) будут концентрироваться в слое, расположенном ближе к центру амбиплазмы (рис. 1 — нижний слой), а легкие частицы (электроны и позитроны) — в более отдаленном (рис. 1 — верхний слой). Электрический же ток, направленный против гравитационных сил, будет смещать положительно заряженные протоны вверх, а отрицательно заряженные электроны вниз. В результате в промежуточном слое создается избыток электронов и протонов, который концентрируется в сгустки.

Оценки Клейна и Альвена показывают, что их модель может объяснить возникновение сравнительно небольших сгустков — в тысячи раз меньших нашего Солнца¹.

Дальнейшее укрупнение однородных сгустков может происходить путем их сталкиваний и слияний. В то же время разнородные сгустки (один из которых состоит из вещества, другой — из антивещества) при столкновениях будут отталкиваться за счет бурного процесса аннигиляции в пограничном слое.

Несмотря на свою внешнюю привлекательность, модель Альвена — Клейна сталкивается с большими трудностями при более глубоком описании эволюции Вселенной и нуждается в существенном пересмотре.

Следует отметить, что и другие варианты полностью зарядово-симметричного мира вызывают серьезные возражения.

Открытие фонового реликтового излучения с температурой 3°K служит весомым экспериментальным доводом в пользу горячей модели Вселенной. Рассмотрение в рамках этой модели варианта полностью зарядово-симметричного мира в однородной Вселенной приводит, как показал Я. Б. Зельдович, к концентрации вещества, несовместимой с наблюдаемой: аннигиляция нуклонов и антинуклонов в однородной модели происходит столь стремительно, что уже на очень ранних стадиях развития Вселенной разделение не может обеспечить наблюдаемую плотность обычного вещества.

¹ Х. Альвен. «Астрономический журнал», т. XLII, 1965, вып. 5, стр. 881.

Однако, как отмечают Я. Б. Зельдович и И. Д. Новиков в своей книге «Релятивистская астрофизика», «в принципе можно представить себе Вселенную зарядово-симметричную в целом за счет ее неоднородности. В начальном сингулярном состоянии предполагается избыток нуклонов в одних областях и избыток антинуклонов в других областях»¹.

Существует ли антивещество?

Стремление ряда астрофизиков построить симметричные космологические модели, которые предполагают наряду с обычными для нас мирами существование антимиров, вполне естественно: попытки создать такие теории весьма заманчивы не только с научной, но и с эстетической точки зрения. Ну, а что может сейчас ответить эксперимент на вопрос о существовании антивещества во Вселенной? Попробуем строго и непредвзято проанализировать всю совокупность имеющихся экспериментальных фактов.

Рассмотрим сначала нашу Солнечную систему. Земля состоит из обычного вещества. В ничтожных количествах античастицы могут появляться в земной атмосфере. Они рождаются при прохождении через атмосферу космических частиц большой энергии, но тут же аннигилируют. Нет никаких сомнений, что и Луна состоит из обычного вещества: если бы это было не так, прилунение космических станций и кораблей привело бы к мощному аннигиляционному взрыву в момент соприкосновения с лунной поверхностью.

Мы можем с полной уверенностью сказать, что наше Солнце также состоит из «обычного» вещества, поскольку выброшенная из Солнца плазма, достигающая Земли, не вызывает в ее атмосфере аннигиляционных эффектов. Не наблюдаются аннигиляционные явления и тогда, когда солнечная плазма (солнечный ветер) попадает на другие планеты нашей Солнечной системы. Из этого факта мы можем сделать вывод, что

¹ Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков. Релятивистская астрофизика. М., «Наука», 1967, стр. 510.

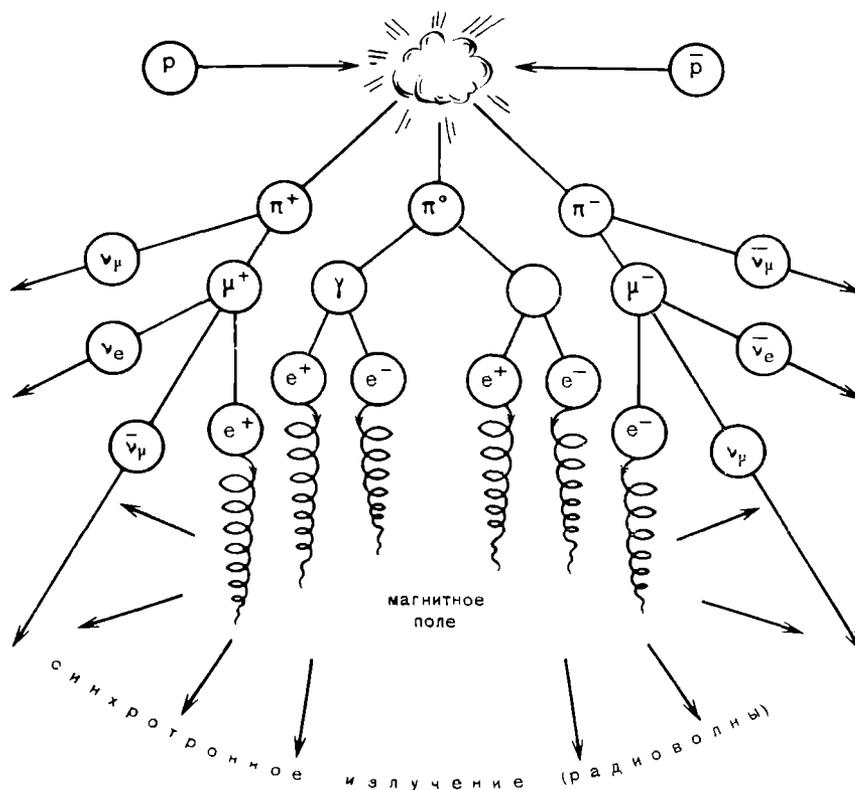


Рис 2. При аннигиляции протона (p) и антипротона (p̄) в основном образуются пионы (π⁰, π⁺, π⁻). π⁰-мезоны распадаются на 2 γ-кванта, которые конвертируются — превращаются в пару электрон — позитрон (γ → e⁻ + e⁺). Заряженные π-мезоны распадаются на мюоны (μ[±]) и мюонные нейтрино (ν_μ) или антинейтрино (ν̄_μ). Мюоны в свою очередь распадаются на электроны (позитроны), нейтрино и антинейтрино (μ⁻ → e⁻ + ν_μ + ν̄_e; μ⁺ → e⁺ + ν̄_μ + ν_e). Электроны и позитроны, родившиеся в результате аннигиляции p + p̄, имеют энергии порядка 100 Мэв. В магнитном поле, созданном амби-плазмой, они движутся по винтовой линии, испуская при этом синхротронное излучение.

и остальные планеты Солнечной системы состоят из обычного вещества (по крайней мере, ближайшие к нам).

Однако нельзя исключить того, что в нашу Солнечную систему могут попасть сравнительно небольшие небесные тела, состоящие из антивещества. Такие тела могут прилететь к нам в виде метеоритов и комет из отдаленных областей Вселенной, где, возможно, преобладает антивещество. Выброшенные из недр антизвезд, они могут при определенных условиях покинуть эту систему и предпринять далекие путешествия.

Пока неизвестен ни один достоверный случай падения антиметеоро

рита на нашу Землю. Некоторыми учеными высказывалось предположение, что знаменитый Тунгусский метеорит, падение которого сопровождалось гигантским взрывом, состоял из антивещества. Однако расчеты показывают, что эта гипотеза скорее всего неверна¹.

Как определить, из какого вещества состоят внеземные объекты —

¹ На основании анализа остаточной радиоактивности был оценен верхний предел доли энергии, выделившейся при падении Тунгусского метеорита, которая могла бы быть обусловлена присутствием в нем антивещества. Как считает В. Либби, эта доля не превышает 1/7 (W. F. Libby. «Nature», v. 206, 1965, p. 861).

Логические возможности построения симметричных моделей Вселенной (по Х. Альвену)



небесные тела, которые мы наблюдаем лишь с помощью оптических или радиотелескопов? Вопрос этот далеко не простой.

Ведь, как мы знаем, излучение, испущенное антивеществом и веществом (будь то свет, радиоволны или γ -лучи), одинаково по своим свойствам и спектральным характеристикам. Как уже упоминалось, присутствие антивещества можно в принципе определить, используя эффект аннигиляции частиц и античастиц. Вспомним, что происходит, когда аннигилируют протон и антипротон (рис. 2). Непосредственные продукты аннигиляции — мезоны в конце концов распадаются на нейтрино (антинейтрино), электроны (позитроны) и γ -кванты. Последние при взаимодействии с веществом дают большое количество вторичных электронов и позитронов. Эти электроны и позитроны, проходя в магнитном поле амбиплазмы, закручиваются в нем по винтовой линии. При этом они из-

лучают радиоволны наподобие тех, которые испускает электрон, вращающийся в магните кольцевого ускорителя электронов — синхротроне. Поэтому такое излучение называют обычно синхротронным.

Около половины энергии аннигиляции уносят нейтрино и антинейтрино, одну треть — γ -лучи, оставшуюся одну шестую часть уносят электроны и позитроны, которые замедляются, испуская синхротронное излучение, а затем могут в свою очередь проаннигилировать, порождая при этом два мягких γ -кванта.

Нейтрино зарегистрировать чрезвычайно трудно. Если к тому же учесть, что ожидаемые потоки космических нейтрино очень малы, становится очевидной невозможность зарегистрировать космические нейтрино имеющейся экспериментальной техникой.

Надежная регистрация γ -квантов космического происхождения стала возможной только в последние го-

Наблюдение внеземных γ -квантов обеспечивает наилучшую возможность оценки содержания антивещества в космосе: зарегистрированная величина потока космических γ -лучей позволяет установить предельные концентрации примеси антивещества в веществе. Результаты этих экспериментов, точность которых все время возрастает, показали, что доля антивещества и межзвездном и межгалактическом газе ничтожно мала¹. (К тому же выводу приводят результаты исследования космического радиоизлучения с помощью радиотелескопов.)

Эти выводы сделаны в предположении, что в межзвездном газе вещество и антивещество равномерно перемешаны. Но в принципе возможны процессы разделения вещества и антивещества. При этом пограничный слой, в котором происходит аннигиляция, может быть слишком тонким, чтобы дать заметное излучение. Кроме того, пока нельзя исключить возможность существования равновесной смеси вещества и антивещества в мощных источниках излучения — квазарах, сейфертовских галактиках и радиогалактиках, для которых, быть может, именно аннигиляция служит поставщиком энергии. Отсутствие заметного потока аннигиляционных γ -квантов в таком случае может быть объяснено их поглощением в плотной среде, окружающей зону аннигиляции. На эту возможность указал английский астрофизик Ф. Хойл в 1969 г.

Пора подводить итоги. Они весьма скромны. На основании имеющихся экспериментальных данных следует исключить возможность существования антивещества, равномерно перемешанного с обычным веществом в межгалактическом пространстве. Гипотезы о том, что антивещество кон-

¹ Так, например, в рамках модели замкнутой Вселенной и в предположении однородности смеси вещества и антивещества доля последнего в межгалактическом газе не превышает 10^{-7} (G. Steigman, «Nature», v. 224, 1969, p. 477).

центрируется в излучающих галактических объектах, требуют дополнительных предположений о сильном поглощении γ -излучения в самих источниках. И хотя в настоящее время нет экспериментальных указаний на существование антивещества во Вселенной, такую вероятность мы не можем полностью исключить: ведь логические возможности построения симметричных моделей Вселенной практически неисчерпаемы (см. табл.).

Таким образом, вопрос о существовании антивещества во Вселенной остается открытым. В настоящее время у нас нет никаких доказательств, что антивещество существует. С другой стороны, мы не располагаем достаточными данными против существования антивещества во Вселенной.

Возможные сюрпризы планеты X

Человечество давно волнует вопрос, существуют ли в нашей Вселенной другие цивилизации. Разные люди относятся к этому по-разному: одни (их, наверно, большинство) радостно предвкушают возможность пообщаться со своими «товарищами по разуму», другие опасаются вооруженной космической агрессии и порабощения Земли пришельцами из других миров, третьи вообще считают даже саму постановку вопроса бессмысленной, поскольку человек, по их мнению,— единственное разумное существо во всей Вселенной. Если же преодолеть в себе этот земной эгоцентризм и стать на чисто научную точку зрения, следует признать существование разумной жизни на планетах других солнечных систем не только возможным, но и вполне естественным.

А теперь перенесемся мысленно в XXI в. Вы только что связались по радио с жителем какой-то далекой планеты X, на которой, как он утверждает, существует высокоразвитая цивилизация. Ваш новый знакомый приглашает вас на чашку чая, чтобы пообщаться последними новостями, а заодно и показать вам достижения тамошней науки и техники (чтобы вы не очень чванились).

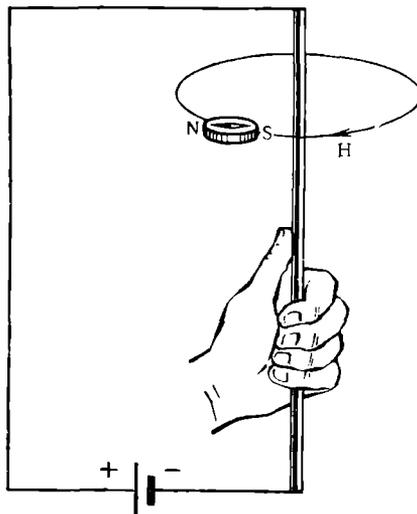


Рис. 3. Казалось бы, нашему инопланетному собеседнику можно объяснить, где правая и где левая стороны, если предложить ему поднести компас к проводнику, по которому течет ток. Если электроны текут вверх, то, согласно правилу левой руки, северный конец стрелки компаса, помещенного перед проводником, будет направлен влево. Однако для этого необходимо определить, какой конец стрелки считать северным и какой южным. А это требование замыкает задачу в порочный круг: определение наименований полюсов магнита невозможно без введения понятия правое-левое.

Вы любезно принимаете это приглашение.

Но не спешите укладывать чемоданы, даже если у дома вас ждет комфортабельная фотонная ракета, готовая домчать вас почти со скоростью света до места назначения за каких-нибудь (как вам покажется) несколько лет. Будьте благоразумны, сядьте и подумайте, а безопасно ли общение с вашим новым другом, сможете ли вы без трагических для его в свои объятия или даже просто пожать ему руку? Эта настороженность не покажется вам излишней, если вы вспомните, что цивилизация может в принципе возникнуть и на антипланете.

Как узнать, из вещества или антивещества состоит планета X, на которой обитает ваш далекий брат по разуму? Этот вопрос, переданный

ему по радио, может озадачить его. Какой же необходимо поставить эксперимент, чтобы разрешить задачу,— ведь все физические и химические процессы в мире и антимире протекают совершенно одинаково?

Вот тут-то вы можете поспорить с вашим далеким собеседником, чья наука более развита. Наша земная физика элементарных частиц считает, что ответ на поставленный вопрос есть. Он получен в 1964 г., когда было открыто несохранение комбинированной четности.

Комбинированная четность, введенная в физику Л. Д. Ландау, а также американскими физиками Ц. Ли и Ч. Янгом, связывает понятие «частица-античастица» с понятием «правое-левое», которое также кажется весьма важным при возможном общении с другими цивилизациями. Таким образом, вопрос, как отличить вещество от антивещества, тесно связан с вопросом, как однозначно установить правое и левое¹. Прежде чем ответить на эти вопросы, посмотрим, какие проблемы возникают при попытке определить понятие «правое-левое» и почему важно это сделать.

Не исключено, что жители отдаленных планет, обладая высокоразвитыми наукой и техникой, уже сейчас пытаются как-то связаться с нами, посылая в космос радиосигналы. Такое предположение кажется фантастичным. Тем не менее астрономами была разработана специальная программа исследований: громадный радиотелескоп в Грин-Бэнке (США) был направлен поочередно на различные объекты нашей Галактики с целью зарегистрировать какие-либо зашифрованные радиосигналы, например периодически повторяющуюся последовательность знаков. Эти опыты не увенчались успехом.

Со своей стороны, мы могли бы организовать с помощью мощных антенн передачу в космос ответных радиосигналов, промодулированных простейшим образом. Более сложным этапом была бы передача зри-

¹ См. Я. А. Смородинский, Античастицы — антивещества — антимиры. «Природа», 1960, № 6.

тельных образов, изображения движущихся предметов с помощью какого-либо сканирующего устройства. При этом, однако, очень важно, в каком направлении, справа налево или слева направо, должны просматривать полученные знаки и картинки наши далекие братья по разуму. Для устранения этой неопределенности мы должны разъяснить им понятие «правое» и «левое». В противном случае может оказаться, что наш собеседник из другого мира будет иметь дело с зеркальным изображением предметов, цифр, знаков. Возникает проблема: как же передать понятие «правое-левое», если в поле зрения обоих собеседников, которые обмениваются информацией, нет никаких асимметричных объектов¹ или конфигураций.

На первый взгляд кажется, что помочь разрешить эту задачу могут несимметричные магнитные явления, возникающие вблизи проводника, по которому течет ток.

Мы хорошо знаем из школьного курса физики, что вокруг проводника с током возникает магнитное поле, силовые линии которого закручены справа налево (против часовой стрелки), если смотреть в направлении движения электронов, создающих ток. Направление силовых линий легко определить с помощью правила левой руки.

Теперь можно вашему новому космическому другу передать инструкцию: «Возьми компас и помести его над проволокой, а затем встань лицом по току. Тогда северный конец магнитной стрелки покажет направление, которое мы, земляне, называем левым, и именно с этой стороны у нас обычно расположено сердце» (рис. 3).

Пытаясь воспроизвести этот несложный эксперимент, ваш смекалистый собеседник тут же задаст закономерный вопрос: «А какой из концов стрелки считать северным?»

Надо полагать, вы не будете над ним издеваться и не ответите ему,

¹ Таким объектом мог бы быть поляризованный по кругу луч света или внегалактический несимметричный объект, например спиральная галактика, которую могли бы видеть оба собеседника.

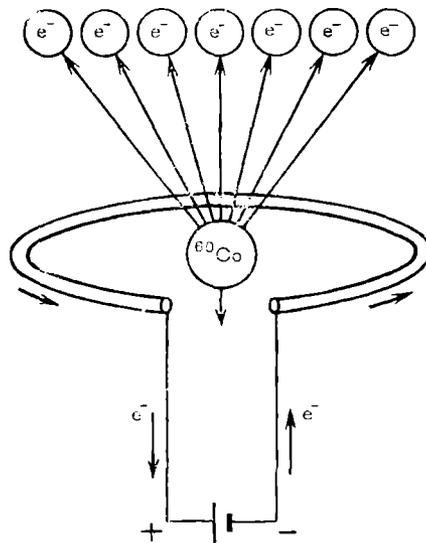


Рис. 4. После обнаружения несохранения четности в 1957 г. стало ясно, что природа различает правую и левую стороны. Поэтому можно предложить нашему космическому собеседнику поместить в магнитное поле кольца с током радиоактивный кобальт-60 и с помощью гейгеровского счетчика установить, в какую сторону вылетает больше электронов. В эту сторону будет направлено и поле (т. е. северный конец стрелки магнита, если его поместить туда). Дальше по рецепту, поясненному на рис. 3, определяется левая и правая сторона. Однако все сказанное верно только в том случае, если планета X сделана из обычного вещества. Если же это антипланета, результат будет обратным: из антикобальта-60 антиэлектроны (позитроны) будут вылетать преимущественно против поля.

что северный конец стрелки это тот, который выкрашен в синий цвет. Вы даете ему, как вам кажется, более дельный совет: «Поднеси свой компас к другому магниту с известными наименованиями полюсов, и тогда конец стрелки, который будет отклоняться от северного полюса магнита, смело окрашивай в синий цвет».

Все это хорошо, но где достать магнит с известными наименованиями полюсов? — спросит он.

Его невежественность раздражает вас: цивилизация, которая не может изготовить простой электромагнит! Но вы сдерживаете себя и посыла-

ете ему дальнейшие инструкции: «Берешь железный сердечник, наматываешь на него проволоку справа налево (правая спираль) и пускаешь через нее от себя электроны; так получишь электромагнит, а его ближайший к тебе полюс будет северным».

«Но я не знаю, что у вас на Земле считается правым, а что левым...»

Задача замкнулась в заколдованном круге: чтобы однозначно установить понятие «правое» и «левое», надо определить, какой конец магнитной стрелки северный и какой южный, а этого нельзя сделать без определения понятий «правое» и «левое».

Разрыв заколдованного круга намечился в начале 1957 г., когда стали известны результаты экспериментов, доказавших нарушение зеркальной симметрии в распаде ядра кобальта-60. Этот опыт, казалось, дает возможность однозначным образом определить южный и северный полюса: южный полюс ядра кобальта это тот, из которого вылетает больше электронов (рис. 4).

Но мы уже знаем¹, что комбинированная CP-симметрия превратила эту кажущуюся однозначность снова в неопределенность. Ответ, который дает опыт с кобальтом-60, правилен, но только для обычного вещества. Если же ваш далекий приятель обитает в мире, состоящем из антивещества, вы его введете в заблуждение.

Но как узнать это?

Мы снова, таким образом, возвратились к вопросу, как отличить вещество от антивещества, правое от левого. Но теперь уже можно, пожалуй, ответить на этот вопрос: вы предложите обитателю планеты X повторить один из опытов, выявивших нарушение комбинированной CP-симметрии.

Инструкция, которую вы ему передадите, должна быть примерно следующей: «Необходимо получить на ускорителе долгоживущие K^0 -мезоны и выделить распады с испусканием электронов или позитронов. Асимметрия в зарядах частиц распада такова: позитроны — это те частицы,

¹ См. «Природа», 1970, № 9, стр. 10.

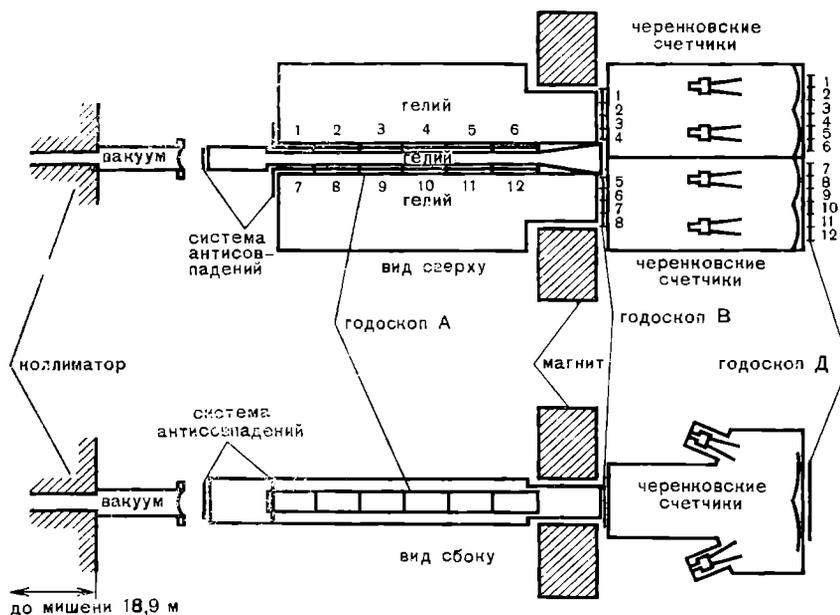
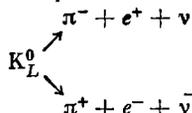


Рис. 5. Схема эксперимента С. Беннетта, Д. Нюгрена и др., в котором была установлена зарядовая асимметрия в распаде K_L^0 .

Пучок K^0 -мезонов, рожденных на внутренней мишени Брукгейвского синхротрона, через вакуумированный коллиматор поступает в заполненную гелием распадную область длиной 3,75 м, справа и слева от которой установлено по 6 сцинтилляционных счетчиков. Пройдя через эту область, распадающиеся частицы попадают в вертикальное магнитное поле. Здесь положительные и отрицательные частицы отклоняются соответственно вправо и влево и регистрируются годоскопическими системами. Позитроны и электроны от распавшегося K_L^0 -мезона идентифицируются с помощью правой и левой пар пологовых двухметровых наполненных этиленом черенковских счетчиков.

Было показано, что две ветви распада долгоживущего K^0 -мезона



несимметричны: на 1000 распадов $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + e^- + \bar{\nu}$ приходится в среднем 1004 распада $K_L^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu$. Это один из эффектов при распаде истинно нейтральных частиц, в которых проявляется нарушение СР-инвариантности. Он позволяет установить, в обычном мире или в антимире живет наш инопланетный корреспондент: для этого достаточно сравнить «более частые» позитроны с носителями электричества в кольце магнита. А далее, по рецептам рис. 3 и 4, устанавливаются направления правое и левое.

которых больше¹. Сравни их по знаку с частицами, образующими ток в кольце, которое используется в опыте с кобальтом-60. Если они окажутся противоположно заряженными и к тому же будут аннигилировать, значит в кольце текут электроны и тебя окружает обычное вещество. Если

ток в твоём кольце создают те же самые частицы, которые возникают в избытке при распаде K^0 -мезона, то ты обитатель антимира (рис. 5). А дальше ты можешь провести опыт с кобальтом-60 и без всяких затруднений, с учетом результата предыдущего опыта, определить и северный и южный полюса магнита, а затем и понятие «правое-левое».

Теперь ваш новый приятель, представитель внеземной цивилизации,

может с помощью радиосигналов узнать о вас все — вплоть до того, с какой стороны у вас сердце. Вы даже можете передать ему по телевидению свое изображение, и он, зная направление считывания этого изображения, может получить весьма важную для него информацию, например на какой щеке у вас родинка. А главное, вы сможете хотя бы в общих чертах представить, какой будет ваша встреча — радостной или катастрофической — и решить для себя вопрос, стоит ли вам вообще мчаться на это свидание. Ведь аннигиляция — далеко не самое приятное из того, что сулят нам подобные космические встречи...

УДК 530.1 Антивещество

Рекомендуемая литература

Г. Альвен. МИРЫ И АНТИМИРЫ. Космология и антимир. М., «Мир», 1968.

Н. А. Власов. АНТИВЕЩЕСТВО. М., Атомиздат, 1968.

Ф. Хойл. ГАЛАКТИКИ, ЯДРА И КВАЗАРЫ. М., «Мир», 1968.

А. В. Шубников. ПРОБЛЕМЫ ДИССИММЕТРИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ. М., Изд-во АН СССР, 1961.

А. В. Шубников. АНТИСИММЕТРИЯ. М., «Наука», 1966.

К. И. Щелкин. ФИЗИКА МИКРОМИРА. Госатомиздат, 1963.

В ГЛУБЬ АТОМА. Сб. статей из журн. «Природа». М., Изд-во «Наука», 1964.

¹ См. S. Bennet, D. Nygren et al. «Phys. Rev. Lett.», v. 19, 1967, p. 993; D. Dorman, I. Enstrom, et al., p. 987.

Короткостебельные сорта пшеницы и орошение

В. Ф. Дорофеев, Р. А. Удачин
Кандидаты биологических наук
Всесоюзный институт растениеводства им. Н. И. Вавилова

До последнего времени развитие зернового хозяйства шло в СССР в основном за счет расширения посевных площадей. Благодаря распашке целинных и залежных земель у нас в среднем за год стало производиться дополнительно примерно 20—25 млн т продовольственно-го зерна. Вместе с тем увеличилась зависимость зернового хозяйства от неблагоприятных климатических факторов, и прежде всего от засухи. По данным Центрального института прогнозов, за последние 70 лет засуха в различных районах СССР повторялась свыше 20 раз, т. е. в той или иной зоне страны она бывает в среднем через три года. Недоборы зерна в отдельные годы составляют 35—40 млн т, а по сравнению с высокоурожайными годами разница еще больше — 55—60 млн т. Южные и юго-восточные районы страны, имеющие большой удельный вес в производстве товарного зерна, очень часто подвергаются действию губительных засух. Введение чистых паров, внедрение более засухоустойчивых сортов, агроприемы по сбережению и рациональному использованию влаги хотя и дают некоторый эффект, но его размеры совершенно недостаточны для того, чтобы восполнить ущерб от засухи.

Вспомним хотя бы 1969 г., бывший нелегким годом для нашего зернового хозяйства. Уже давно природа не создавала таких трудностей! Пыльные бури в южных районах, поздняя весна и пониженные температуры почти на всем протяжении вегетационного периода в сочетании с июньской засухой в целинных районах РСФСР и Казахстана и т. д. Снова с большой силой дали себя знать острозасушливые условия в ряде важных зерновых районов. В то время как Украина, районы ЦЧО и нечерноземной зоны собрали высокие урожаи, резко снизились сборы зерна в Поволжье, на Северном Кавказе, в северо-восточных областях Казахстана и некоторых других районах.

1969 год еще раз со всей очевидностью показал, что для достижения устойчивых урожаев зерна большое значение имеет широкое развитие орошения. Из общей площади (около 230 млн га) пахотных земель в нашей стране почти половина находится в зоне недостаточного увлажнения, где без орошения земледелие крайне неустойчиво; лишь 22% пашни расположено в зоне с устойчиво благоприятным увлажнением.

Учитывая это обстоятельство, разработана программа развития оро-

шаемого земледелия, рассчитанная на десять лет. В 1971—1975 гг. намечено ввести в эксплуатацию 3 млн га новых орошаемых земель. Директивы XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану считают «важнейшей задачей выведение неполегающих и устойчивых против болезней сортов и гибридов зерновых культур для возделывания их на орошаемых... землях».

Полив и урожайность

Многочисленные данные научно-исследовательских учреждений и практика колхозов и совхозов показывают, что пшеница в условиях орошения при внесении минеральных удобрений способна весьма эффективно использовать поливную воду и давать высокий экономический результат. Опытами установлено, что орошение изменяет водный и питательный режим почвы и создает благоприятный для роста пшеницы микроклимат; именно при оптимальном увлажнении почвы и внесении высоких доз минеральных удобрений в растение пшеницы поступает большое количество азота, фосфора и калия, что способствует усиленному росту репродуктивных органов; под влиянием орошения наблюдается значительная активизация важных физиологических процессов: фотосинтеза, транспирации, дыхания и др.

Одной из основных причин, сдерживающих широкое внедрение орошения пшеницы, являлось отсутствие неполегающих высокоурожайных сортов. Культивировавшиеся на поливных землях сорта: Одесская 16, Новоукраинка 84 и др. обычно начи-

нали полежать уже при урожае 30 ц/га. Лишь с началом районирования озимого сорта Безостая 1 стало возможным более эффективно использовать высокий агрофон поливного поля. На Пржевальском орошаемом госсортоучастке (ГСУ) в Киргизии Безостая 1 давала в некоторые годы до 95 ц/га, в то время как урожай лучших сортов здесь до Безостой 1 никогда не превышал 45 ц/га. Большие результаты достигнуты хлеборобами Краснодарского края в последние годы, когда в передовых хозяйствах урожайность превысила 40 и даже 50 ц/га (колхоз «Кубань» Усть-Лабинского района, племхоз «Урупский» Отраденского района и т. д.), получены благодаря Безостой 1.

Заслуживает внимания опыт земледельцев юга Украины, где из года в год растет урожайность поливной пшеницы. Комплекс агротехнических мероприятий, разработанный Украинским НИИ орошаемого земледелия, позволил с внедрением Безостой 1 довести средние урожаи пшеницы до 40 ц/га. Прибавка урожая зерна сильно полегающего сорта Одесская 3 составляла от вегетационного лояла 3,5—4,5 ц/га, а сорта Безостая 1 — 11—12 ц/га.

Высокие урожаи при возделывании на поливе дают и такие новые сорта озимой пшеницы Мироновская, Юбилейная и Одесская 51. Высокий урожай первого сорта в 83,7 ц/га был получен в 1968 г. на Узунском ГСУ Узбекской ССР, а Одесская 51 на Измаильском ГСУ Одесской области в среднем за 1967—1968 гг. дала 61,6 ц/га (на 4,7 ц/га больше Безостой 1).

Селекционер П. П. Лукьяненко создал новые сорта озимой пшеницы, среди которых выделяются Аврора (рис. 1) и Кавказ. По данным Государственной комиссии по сортоиспытанию, эти сорта в 1968 г. на всех 18 сортоучастках Краснодарского края превзошли Безостую 1 в среднем соответствовало на 4,3 и 3,4 ц/га. Но особенно проявилось преимущество этих сортов на орошаемых ГСУ. Так, на Тихорецком сортоучастке Аврора и Кавказ превысили Безостую 1 соответственно на 10,8 и 17,8 ц/га.

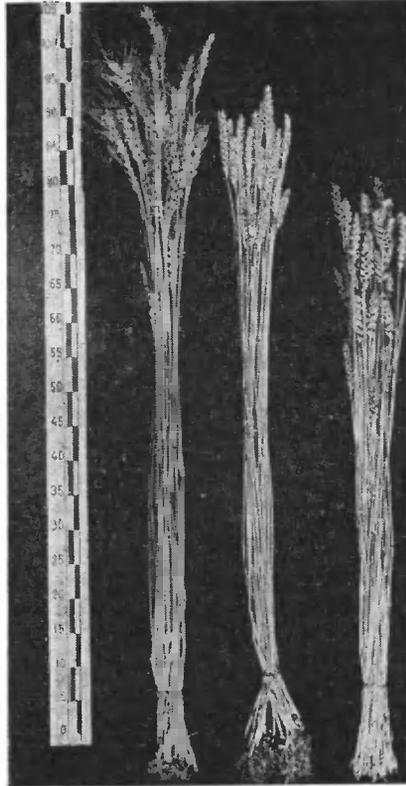


Рис. 1. Отечественные сорта пшеницы (слева направо): Новоукраїнка 83, Безостая 1 и новый сорт Аврора.

Самые высокие показатели новых сортов Аврора и Кавказ — 93 и 97 ц/га соответственно — достигнуты в 1970 г. на Джамбульском орошаемом участке. Таким образом, урожай пшеницы на поливе приблизился к рекордной цифре — 100 ц/га. В Болгарии, Венгрии, Югославии сорта Аврора и Кавказ обеспечили прибавку урожайности в 8—14 ц/га¹. Если достижения отечественной селекции на озимой пшенице находятся на высоком уровне, то этого нельзя сказать о сортах яровой пшеницы — районированные для орошаемых земель сорта мягкой и твердой яровой пшеницы полегают уже при урожаях в 30 ц/га. Это относится к таким известным сортам, как Саратовская 36, Саратовская 210, Безенчукская 98, Харьковская 46, Мелянпус 26.

¹ См. «Генетика», 1971, № 7, стр. 5—9.

Успехи мировой селекции по выведении высокопродуктивных, неполегающих сортов пшеницы, приведшие к так называемой «зеленой революции», уже освещались¹.

В последние годы отдел пшениц Всесоюзного института растениеводства им. Н. И. Вавилова развернул исследования по выявлению лучших сортов из мировой коллекции как исходного материала для селекции пшеницы при орошении. Интересная работа проводится на Среднеазиатской опытной станции института вблизи Ташкента. Средняя Азия, как известно, является областью, где уже в VI—V тыс. до н. э. сложилась древнейшая на территории СССР земледельческая культура, получившая название джейтунской². Джейтунцы довольно широко возделывали и пшеницу. Здесь же в Средней Азии в дельте р. Теджен на территории ныне заброшенного Геоксюртского оазиса обнаружена искусственная оросительная система, относящаяся к эпохе энеолита (вторая половина IV тыс. до н. э.). Все известные ныне оросительные системы древности, в том числе Египта и Месопотамии, относятся к хронологически более позднему времени, хотя в древнем Двуречье возникновение орошаемого земледелия теоретически и относят к периоду Убейда — V тыс. до н. э. При обилии солнечного тепла, воды и питательных веществ в условиях Средней Азии мы имеем возможность выявить всю потенциальную урожайность образцов мировой коллекции пшениц.

Изучение мировой коллекции на САСВИР проводится на поливном участке (влагозарядковый полив 1400—1500 м³/га и 2—3 вегетационных полива по 800—900 м³/га), с внесением повышенных доз минеральных удобрений из расчета N = 120 кг/га, P₂O₅ = 120 кг/га и K₂O = 60 кг/га.

Изучение лучших сортообразцов

¹ П. М. Жуковский. Успехи в селекции растений на генетических основах. «Природа», 1970, № 7; Нобелевская премия мира — селекционеру. «Природа», 1971, № 4, стр. 106.

² В. М. Массон. Природа и происхождение цивилизации. «Природа», 1969, № 3.

из каждого района культуры пшеницы на земном шаре показало, что наиболее высокопродуктивные формы происходят из Южной Европы и Латинской Америки. Выявлены лучшие короткостебельные сорта.

Для читателей могут быть интересны данные международного сортоиспытания яровой пшеницы, проведенного Мексиканским международным центром содействия увеличению производства кукурузы и пшеницы (Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo), или сокращенно СИММУТ, в различных частях земного шара (см. табл.)

Доноры карликовости и перспективы селекции

Среди богатого мирового сортамента мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) только часть сортов имеют генетически обусловленную низкорослость и устойчивость к полеганию. Они представляют большую ценность как доноры карликовости.

Одним из таких сортов, сыгравших большую роль в селекции карликовых сортов США, Мексики, Индии, является японский сорт Norin 10. Он выведен сельскохозяйственной опытной станцией Кёбусу Министерства сельского хозяйства и торговли Японии от скрещивания сортов Turkey Red \times Fultz = Daruma в 1925 г. Семена четвертого поколения были переданы сельскохозяйственной опытной станции префектуры Ивате для испытания пшеницы в условиях этой местности. На этой станции продолжался дальнейший отбор с целью получения скороспелого, низкорослого и устойчивого к ржавчине сорта. Однако была выделена карликовая, устойчивая к болезням, но среднеспелая линия, которая в 1935 г. была зарегистрирована как сорт Norin 10.

Сорт озимой мягкой пшеницы Norin 10 обладает тремя рецессивными генами карликовости, каждый из которых усиливает признак низкорослости. С участием Norin 10 в Японии были созданы сорта, превосходящие по продуктивности исходные формы: Norin 77, Norin 89 и Norin 102. Среди них Norin 89 характеризуется карликовостью, холодостойкостью и повышенной продуктивностью.

Таблица

Результаты международного сортоиспытания яровой пшеницы (по данным СИММУТ)

Сорт	Происхождение	Урожайность в среднем по сортоиспытанию, т/га	в том числе:				
			Северная Америка	Африка	Азия	на орошение	
						Мексика	США
Pitic 62	Мексика	360	398	324	387	317	627
Lerma Rojo 64	»	353	366	314	413	334	524
Super X	»	346	366	341	371	320	556
Inia 66	»	341	384	304	370	428	462
Penjamo 62	»	332	372	319	354	397	564
Siete Cerros 66	»	331	381	296	347	342	601
Nainari 60	»	327	376	273	351	332	547
Tobari 66	»	312	370	277	318	382	523
Noroeste 66	»	311	368	309	351	379	505
Crespo 63	Колумбия	311	362	277	315	345	476
Napo 63	»	309	344	268	343	376	503
Huelquen	Гватемала	309	361	254	330	279	561
Triple Dirk	Австралия	307	316	281	316	204	490
Bayo 66	Мексика	306	343	261	341	377	496
Roque 66	»	301	356	268	305	367	489
Sonora 64	»	289	319	279	306	320	463
C-306	Индия	287	293	261	342	251	488
Jaral 66	Мексика	285	334	252	295	347	462
Narino 59	Колумбия	284	230	239	300	312	446
Tacuari	Аргентина	283	311	246	313	225	516
Yaqui 50	Мексика	282	290	258	324	225	464
N. P. 881	Индия	281	324	255	291	304	498
C-271	Пакистан	276	287	270	317	312	436
Carazinho	Бразилия	275	281	243	316	196	454
Giza 150	ОАР	274	305	270	277	232	520
Centrifon	Чили	273	304	265	287	312	411
Mendos	Австралия	273	276	294	287	238	420
Tiba 63	Колумбия	272	298	257	295	288	446
Bonza 63	»	272	311	244	282	270	464
Giza 144	ОАР	270	317	253	263	203	574
N. P. 832	Индия	269	285	265	300	228	548
N. P. 824	»	267	287	253	299	226	536
Gaboto	Аргентина	266	283	241	297	207	467
Gabo	Австралия	263	282	275	265	221	452
Crim	США	259	280	233	289	219	468
N. P. 880	Индия	259	274	269	276	292	406
C-273	Пакистан	257	281	229	291	285	419
C-591	»	256	280	221	292	251	455
C-518	»	252	253	247	293	240	347
Chris	США	245	279	212	256	200	448
El Caucho	Аргентина	226	263	171	252	188	434
Justin	США	202	256	151	215	172	402
Selkirk	Канада	201	264	163	192	171	425
Thatcher	США	166	234	92	170	92	430
В среднем	—	282	312	256	305	281	480

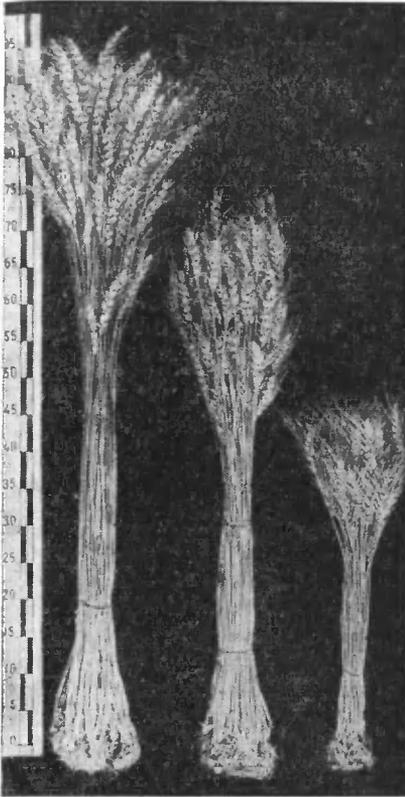


Рис. 2. Лучшие мексиканские сорта (слева направо): *Lerma Rojo 64* (один ген карликовости), *Sonora 64* (два гена карликовости) и *Mexique 50* (три гена карликовости).

Гены карликовости сорта *Norin 10* успешно использованы в США, куда этот сорт попал в 1946 г. О. Фогель применил его в скрещиваниях и вывел в 1961 г. сорт *Gaines*. Затем Н. Борлог в Мексике с участием сорта *Norin 10* и итальянского высокопродуктивного сорта яровой пшеницы *Mentana* создал ряд замечательных короткостебельных сортов яровой пшеницы.

В 1963 г. мексиканские сорта (рис. 2 и 4) и ряд селекционных линий селекционера Н. Борлога были завезены в Индию, где в ходе испытаний зарекомендовали себя с положительной стороны. Особенно выделились в условиях Индии сорта *Sonora 64* и *Lerma Rojo*. Из селекционных линий лучшими оказались S-227, S-307, S-308. Индийские селекционеры из этих линий путем отбора создали короткостебельные сорта с

янтарным зерном. Из линии S-227, выведен ценный продуктивный сорт *Kalyan Sona*; селекционная линия S-307 послужила исходным материалом для сорта *Safed Lerma*. Сорт *Sonalica* получен путем отбора из линии S-308, *Chhoti* из линии S-331.

В СССР выдающихся результатов по селекции короткостебельных сортов озимой мягкой пшеницы достиг П. П. Лукьяненко, который начал научную селекцию пшеницы в Краснодарском крае с 1930 г. Работа ведется с использованием в скрещиваниях экологически отдаленных сортов для создания раннеспелых, высокопродуктивных, устойчивых к болезням неполегающих сортов. В качестве исходного материала П. П. Лукьяненко взял сорта различного географического происхождения: болезнеустойчивые аргентинские сорта *Klein 33*, *Vencedor*, *Magnif MC*; бразильский *Frontana*; чилийский *Kepuafen*; продуктивные и неполегающие сорта: *Neuzucht 14/14* из ГДР, *Ela* из Италии и др., а также местные сорта Кубани и Украины, характеризующиеся высоким качеством зерна.

Исследования П. П. Лукьяненко показали, что при скрещивании сортов отдаленного эколого-географического происхождения в гибридных популяциях формообразовательный процесс идет длительное время с появлением в поздних поколениях ценных в практическом отношении форм. Таким методом создан один из лучших сортов мировой селекции — *Безостая 1*.

В 1935 г. П. П. Лукьяненко скрестил американский гибрид *Kanred* × *Fulcaster* с аргентинским сортом *Klein 33*. Из этой комбинации отобран высокоурожайный, скороспелый и устойчивый к болезням сорт *Скороспелка 2*. В 1944 г. было проведено скрещивание сортов *Лютесценс 17* и *Скороспелка 2* и во втором поколении (1946 г.) отобрана линия, давшая начало сорту *Безостая 4*. Методом повторного отбора из этого сорта (F₂) было выделено одно элитное растение, давшее начало знаменитой *Безостой 1*.

Дальнейшее увеличение потенциала продуктивности и устойчивости к полеганию П. П. Лукьяненко решил, скрещивая *Безостую 1* с устойчивым

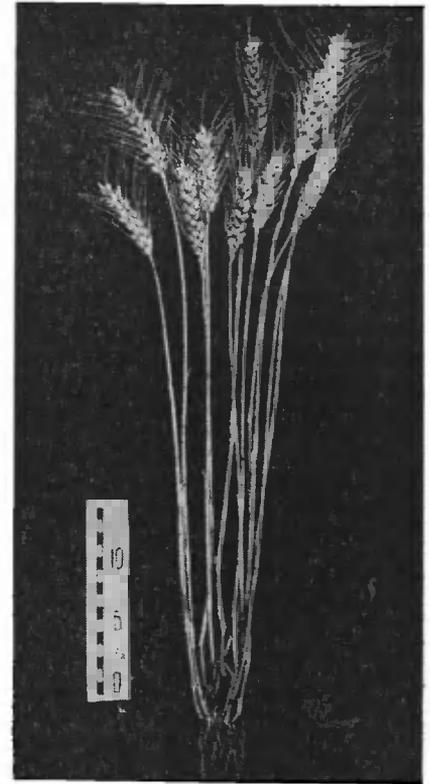


Рис. 3. Тибетская карликовая пшеница *Ble Tom Pouse* с тремя генами карликовости.

к полеганию и продуктивным сортом из ГДР — *Neuzucht 14/14*. Новые сорта *Аврора* и *Кавказ* П. П. Лукьяненко отобраны из комбинации (*Neuzucht 14/14* × *Безостая 4*) × *Безостая 1*. Они характеризуются средней короткостебельностью, стабильной устойчивостью к полеганию, комплексной устойчивостью к грибным болезням и высокой семенной продуктивностью (70—80 ц/га).

В настоящее время усилия селекционеров направлены на создание короткостебельных сортов. Короткостебельные сорта с генами карликовости созданы П. П. Лукьяненко. Сорт *Безостая 1*, а с использованием его и сорта *Аврора* и *Кавказ* получили короткостебельность и устойчивость к полеганию с генами карликовости японского сорта *Акакомуги*.

М. Г. Товстик, используя *Ble Tom Pouse* (рис. 3) с 3 генами карлико-

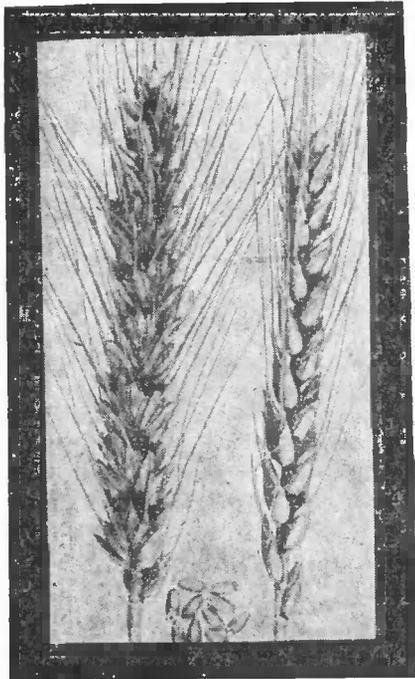


Рис. 4. Один из лучших мексиканских сортов пшеницы Pitic 62.

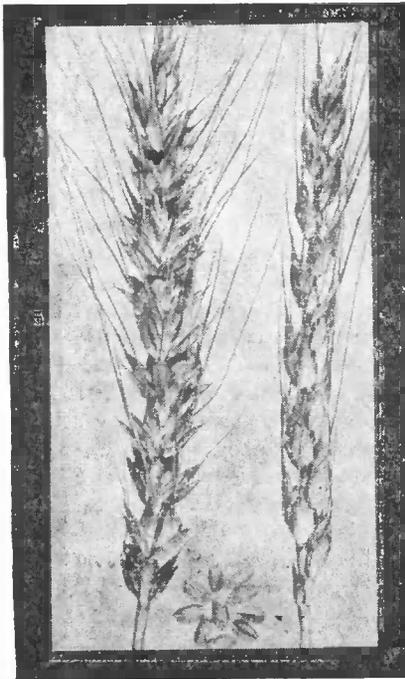


Рис. 5. Индийский короткостебельный сорт пшеницы Sonalika.

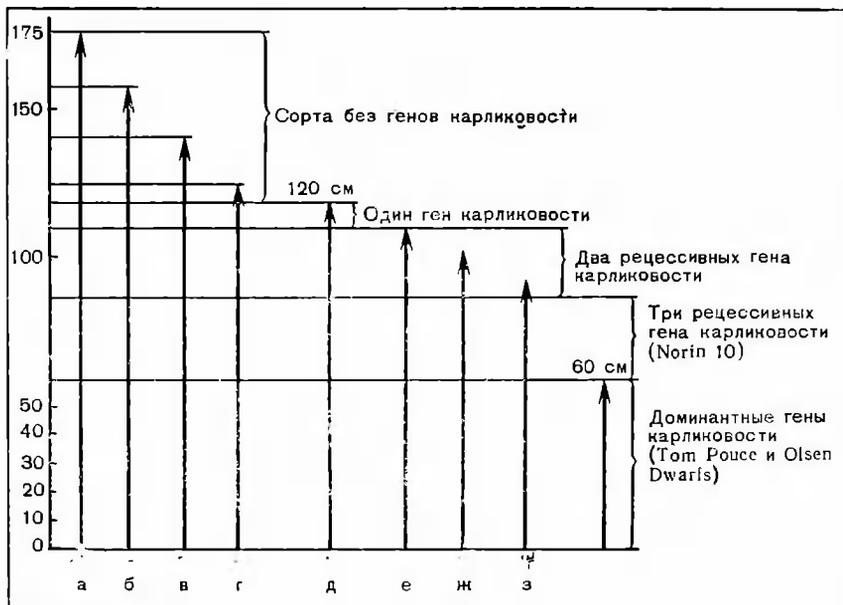


Рис. 6. Амплитуда изменчивости высоты стебля мягкой пшеницы: а — мягкая пшеница азербайджано-дагестанской экогруппы; б — французский сорт Эльзас 22; сорт Ставрополье 328 (по П. П. Лукьяненко); в — сорт Новоукраинка; г — сорта Вильморан 27 и Скороспелка Л-1; д, е — мексиканский сорт Лерма Рохо; ж, з — индийские сорта Кальян Сола и Шербати Сонора.

ности, создал ряд короткостебельных высокопродуктивных сортов¹.

Новые формы пшеницы, выведенные им в Киргизском НИИ земледелия, совершенно не полегают, высота растений — от 45 до 75 см, выход зерна от общего урожая — 60—75% против 25—40% у обычных пшениц.

Заслуживает внимания опыт индийских селекционеров по созданию трехгенных карликовых сортов.

В Сельскохозяйственном колледже университета штата Уттар-Прадеш селекционер Сривастава получил ряд трехгенных карликовых сортов от скрещивания мексиканских сортов с одним геном (Lerma Rojo) и с двумя генами (Sonora 64) карликовости. Эти трехгенные гибриды (U. P. 301 и др.) обладают карликовым ростом (до 50—65 см), сравнительно высокой устойчивостью к болезням, повышенной продуктивностью, крупным колосом, высокой кустистостью и отзывчивостью на удобрения и орошение (рис. 5). Недостатком их является мелкое невыравненное зерно.

Возможны и другие пути получения трехгенных карликовых сортов. В Индийском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (Нью-Дели) был выведен трехгенный карликовый сорт Л. Б. Шастри от скрещивания трехгенного мексиканского карликового сорта № 54723 (высота растений 60 см) с сортом индийской селекции R. S. 31/1. Последний сорт был районирован в 1964 г. для штата Раджастан и характеризуется средней по высоте соломиной (90—100 см), устойчивостью к полеганию и раннеспелостью. Сорт Л. Б. Шастри, как и другие трехгенные сорта индийской селекции, находится в национальном испытании. Предварительные данные показывают, что продуктивность его стоит на уровне лучших продуктивных сортов — стандартов Kalyan Sona и Sonora 64 или превышает их.

Карликовые (трехгенные) и полукарликовые (с одним и двумя генами карликовости) сорта пшеницы имеют ряд хозяйственно ценных признаков и, несомненно, должны привлечь пристальное внимание селекционеров (рис. 6). Опыт послед-

¹ «Селекция и семеноводство», 1971, № 2, стр. 23.

них лет показывает, что такие сорта обладают большой экологической пластичностью, дают высокие урожаи в широком экологическом диапазоне. Они характеризуются высокой отзывчивостью на удобрения, орошение и вместе с тем успешно противостоят полеганию. Их потенциальные возможности в увеличении урожая зерна велики. Учитывая опыт мировой и отечественной селекции, тенденцию к созданию низкосте-

бельных сортов, можно констатировать, что идеальным сортом пшеницы современного высокоинтенсивного земледелия должен быть карликовый сорт. Только короткостебельный, высокопластичный, урожайный и отзывчивый на орошение и удобрение сорт может стать самым надежным барьером, ограждающим сельское хозяйство от ежегодных больших потерь, связанных с полеганием растений. Вместе с тем такие

сорта обеспечат высокие и устойчивые урожаи.

Уже в настоящее время в коллекции ВИР имеется большой генофонд карликовых и полукарликовых сортов, которые могут служить ценным исходным материалом для селекции пшеницы, обладая огромным диапазоном изменчивости по высоте и по другим признакам.

УДК 631.5

Новая ультраосновная вулканическая провинция на Камчатке

В. К. Ротман

Кандидат геолого-минералогических наук

Б. А. Марковский

Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт
Ленинград

Совсем недавно на Камчатке впервые были найдены ультраосновные вулканические породы. Это открытие сразу поставило целый ряд проблем, во многом требующих пересмотра укоренившихся в геологии представлений.

Ультраосновные вулканические породы, среди которых наиболее широко известны кимберлиты (материнские породы алмазов), встречаются очень редко. Вместе с тем они чрезвычайно интересны для геологов прежде всего потому, что по своему происхождению связаны с глубокими частями мантии. Среди этих пород, помимо кимберлитов, мы знаем также меймечиты и пикриты. Все ультраосновные вулканические породы, различаясь деталями своего состава и строения, объединены одной общей особенностью: они в изобилии содержат оливин-тугоплавкий магнезиальный силикат. В отличие от широко распространенных полнокристаллических ультраосновных пород, застывших на глубине, ультраосновные вулканические породы обладают порфировой

структурой. Это значит, что наряду с крупными кристаллами, образующими порфиры, встречаются мелкие порфиры, в них присутствует стекловатая или мелкозернистая основная масса (ее состав и строение обычно можно высчитать только в шлифах под микроскопом). Именно такая особенность строения кимберлитов, пикритов и меймечитов сближает их с обычными вулканическими лавами и туфами, которые выбрасываются на дневную поверхность еще в жидком состоянии или застывают вблизи поверхности, почти не раскристаллизовавшись.

Ультраосновные вулканические породы Камчатки, которые имеют сходные черты с меймечитами и пикритами, залегают в виде самых различных по условиям образования тел — от застывших на глубине заполненных трещин до выброшенных на морское дно обломков, слагающих подводную вулканическую постройку. Последнее обстоятельство особенно интересно, поскольку показывает новую возможность искать ультраосновные вулканические поро-

ды среди морских толщ. Ранее в них такие породы встречены не были.

Все известные к настоящему времени выходы ультраосновных вулканических пород на Камчатке сосредоточены в трех небольших по площади «узлах» и располагаются среди верхнемеловых толщ Восточно-Камчатского хребта. Особенности внутреннего строения этих толщ показывают, что они образовались в результате подводных извержений базальтов и накапливались в краевой части Тихого океана, береговая линия которого в позднемеловое время располагалась, по-видимому, значительно ближе к материкам Азии, чем сейчас. Верхнемеловые вулканические и образовавшиеся из них осадочные породы состоят из угловатых обломков стекловатых базальтов и из минералов, присутствующих в базальтах в виде вкрапленников. Другими словами, эти породы несут следы дробления горячих базальтовых лав в морской воде. В наиболее мелкообломочных породах обнаружены остатки скелетов и раковин морских организмов — радиолярий и фораминифер.

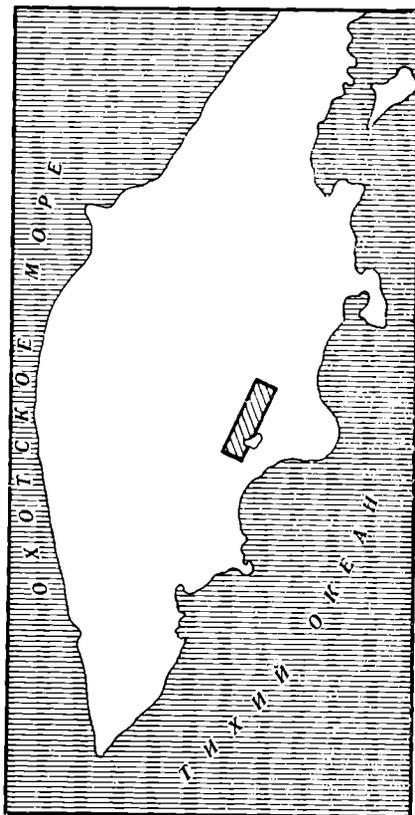
Большая мощность верхнемеловых толщ Камчатки (свыше 10 км), их морское происхождение, связь с кремнистыми осадками, проявление складчатости в них, а также некоторые другие признаки позволяют сопоставлять их с геосинклинальными толщами других районов мира. Однако повышенное содержание калия в химическом составе базальтов, свойственное платформенным породам, говорит о своеобразном характере Камчатской геосинклинали.

Ультраосновные вулканические породы Восточно-Камчатского хребта

слагают тела различной формы. На северном участке в верховьях р. Толбачик они образуют сложноветвящуюся систему тел, в которой ряд сближенных крутопадающих даек заполняет, по-видимому, подводный канал. Выходы массивных ультраосновных вулканитов напоминают по форме калориферы центрального отопления с их четко выступающими ребрами¹. На другом участке обнаружены отдельные дайки и небольшая трубка ультраосновных вулканических брекчий с поперечным сечением 150 × 200 м. Наконец, на Кроноцком участке, помимо нескольких небольших тел брекчий, имеющих, вероятно, форму трубок, встречена также дайка массивных ультраосновных вулканитов. Наибольший интерес здесь представляет слоистая толща, залегающая на западном берегу Кроноцкого озера и впервые обнаруженная камчатским геологом В. А. Селиверстовым.

Изучение этой толщи показало, что она состоит из нескольких крупных частей (или ритмов), в которых брекчии снизу вверх постепенно сменяются все более мелкообломочными породами, носящими явные признаки отложения в водной среде — отчетливую параллельную слоистость, местами хорошую сортировку по размеру и т. п. Обломки в брекчиях и «туфах» (как условно мы будем называть мелкообломочные породы, помня об отличии их от настоящих вулканических туфов, в образовании которых вода участия не принимает) сложены крупнопорфировыми меймечитами и пикритами, а также своеобразными гранатоливиновыми порфировыми породами, не имеющими аналогов в литературе. Эта толща лежит на верхнемеловых слоистых брекчиях, как говорят геологи — без признаков перерыва в осадконакоплении совершенно согласно. Таким образом, и те, и другие отложения образовались при-

¹ По-видимому, это объясняется первичной полосчатостью пород, возникшей вследствие чередования прослоев с большим и меньшим содержанием вкрапленников оливина. При этом более устойчивы к процессам выветривания и лучше сохраняются прослои, в которых содержится больше вкрапленников оливина.



Географическое положение провинции ультраосновных вулканических пород на Камчатке.

мерно в одно и то же время в близких условиях. Характер распространения ультраосновных брекчий в пространстве позволяет предполагать, что они приурочены к какому-то одному центру — вероятно, подводному вулкану.

Сейчас мы располагаем лишь предварительными данными различных анализов ультраосновных вулканитов. Изучение меймечитов и пикритов под микроскопом показало, что большая часть породы (иногда до 80%) ее объема сложена оливином. Он представлен хорошо образованными кристаллами, в некоторых случаях имеющими зональное строение, и, по-видимому, является высокомагнезиальной разновидностью с содержанием 10—12% железистой составляющей.

В отдельных разновидностях пород в незначительном количестве присутствует травяно-зеленый пироксен (возможно, хром-диопсид). В шли-

фах встречены редкие зерна граната, чаще корродированные и оплавленные, иногда хорошо ограниченные, размером до 2 мм. Гранат, по определению М. И. Хотинной, относится к пироп-альмандиновому ряду и в пределах одной пробы обнаруживает широкие вариации состава с изменением показателя преломления от 1,740 до 1,806. Все перечисленные минералы погружены в различной степени измененное коричневое вулканическое стекло, чаще всего нацело превращенное в серпентин-хлоритовое вещество. В вулканическом стекле неравномерно распределены призмочки клинопироксена и редкие зернышки рудного минерала.

От всех этих пород несколько отличаются обломки, слагающие цемент в трубках и вулканических брекчиях слоистой толщи около Кроноцкого озера. Эти породы, как правило, совсем не содержат клинопироксена. Оливин в них всегда нацело серпентинизирован, отдельные зерна граната сильно разъедены, а основная масса характеризуется своеобразным «пузыристым» строением.

Среди обломков в брекчиях слоистой толщи встречены уникальные породы, в которых количество вкрапленников граната нередко превышает количество оливина (10—12% объема породы). Оливин в этих породах полностью замещен серпентином.

Кроме порфировидных пород, среди брекчий в трубках, дайках, силлах (пластовых интрузиях) и породах слоистой толщи выявлены отдельные обломки полнокристаллических ультраосновных пород. Размер этих угловато-округлых обломков достигает 10—30 см в поперечнике. Они состоят из магнезиального оливина, моноклинного пироксена и небольшого количества рудного минерала.

Химический состав (по данным 20 анализов) массивных и обломочных ультраосновных вулканитов Камчатки в общем однороден и аналогичен составу меймечитов Маймеча-Котуйской провинции Сибири, что свидетельствует о «родстве» этих образований.

Как уже отмечалось, находка ультраосновных вулканических пород на Камчатке ставит перед геологами целый ряд вопросов. До сих пор меймечиты были обнаружены почти исключительно на платформах и они считались характерным признаком платформенной обстановки. А ультраосновные вулканические породы Камчатки тесно связаны с геосинклинальными магматическими и осадочными породами. Следует заметить, что Камчатская ультраосновная провинция — не единственная в пределах Тихоокеанского кольца. Так, на о. Калимантан, по данным В. С. Соболева, ультраосновные брекчии, близкие к кимберлитам (и, по-видимому, алмазоносные), обнаружены в сходной с камчатской геологической обстановке. Близкие к кимберлитам образования установлены также на Соломоновых островах, относящихся к той же Периокеанической геосинклинальной системе, что и Камчатка. Значит, кимберлиты и меймечиты присущи не только платформам. И дело здесь, очевидно, не в характере тектонического режима той или иной области, а в том, насколько ее глубинное строение благоприятствует проникновению на поверхность магматического расплава из глубоких частей мантии.

Естественно, такую возможность обеспечивают системы долгоживущих мантийных глубинных разломов, возникающих наиболее легко по

границам и в пределах таких крупных жестких структур, как платформы. Однако и на границе резко различных по своему глубинному строению блоков земной коры (континентального и океанического), по-видимому, возможно возникновение вдоль зоны их сочленения настолько глубоких магмоподводящих разломов, что на поверхность будет «выплеснут» почти нераскристаллизованный ультраосновной расплав.

Данные исследований срединно-океанических хребтов и изучение рифтовых зон, т. е. узких участков проседания земной коры вдоль систем разломов в пределах материков, показывают сходство этих структур с притихоокеанскими геосинклиналями в начальный период их погружения. Часть тихоокеанских ультраосновных вулканитов содержит алмазы, поэтому не исключено, что здесь могут быть выявлены новые алмазоносные районы, тем более, что на Калимантане давно известны аллювиальные россыпи алмазов.

И еще одно важное обстоятельство вытекает из открытия на Камчатке ультраосновной вулканической провинции. Как известно, кимберлитовые (да и не только кимберлитовые) трубки — это своеобразный «кern», вынесенный на поверхность с больших глубин Земли. Обычно породы трубок претерпевают сильное изменение, поскольку вместе с расплавом в верхние горизонты коры выбрасывается большое количе-

ство агрессивных газов. Лишь в редких случаях удавалось установить природу первичного магматического расплава и его состав. На Камчатке ультраосновные вулканические породы изменены незначительно, и это позволяет произвести их детальное изучение всеми современными методами. Если вспомнить, что в настоящее время поверхность Луны изучена лучше, чем глубинные части нашей планеты, то становится ясно, какое большое значение имеет всестороннее исследование описываемых камчатских пород.

Детальное изучение минералогического состава ультраосновных вулканитов и заключенных в них обломков полнокристаллических пород, во-первых, покажет, чем отличаются камчатские породы от очень близких к ним образований, например Сибири и Африки. А это может пролить свет на строение мантии во многих районах. Во-вторых, изучение состава малоизмененных ультраосновных вулканитов Камчатки, которые тесно связаны с базальтами, позволит высказать некоторые соображения о происхождении самих базальтов, т. е. на какой глубине и в результате плавления какого вещества они образуются. В настоящее время это один из наиболее острых вопросов петрологии, привлекающий внимание не только геологов, но и исследователей космического пространства и других планет.

УДК 552.0

Как плавают рыбы?

М. Дж. Лайтхилл
Англия

Самые древние рыбы передвигались, по-видимому, с помощью волнообразных (поперечных, или боковых) движений тела (угреобразный способ плавания или ангилиформный). Подобные боковые колебания тела используются некоторыми акулами, а также осетрами, двоякоды-

щущими рыбами и многими костистыми (табл.)

Скорость распространения волны вдоль тела угря (рис. 1) всегда превышает скорость его движения. Величина горизонтальных смещений по мере прохождения волны от головы к хвосту увеличивается. Это типично

для угреобразного способа плавания. На диаграмме (рис. 2) прослеживается движение рыбы, сопровождающееся перемещением хвоста сначала направо, а затем налево. Скорость смещения рыбой воды значительно меньше, чем поперечная скорость движения хвоста, если учесть, что при скорости рыбы, равной скорости волны, форма тела рыбы относительно воды будет неизменной. Вода в этом случае вообще не смещается.

При движении рыбы вперед вода, непосредственно впереди и позади нее, начинает двигаться в том же направлении. Импульс, передаваем-

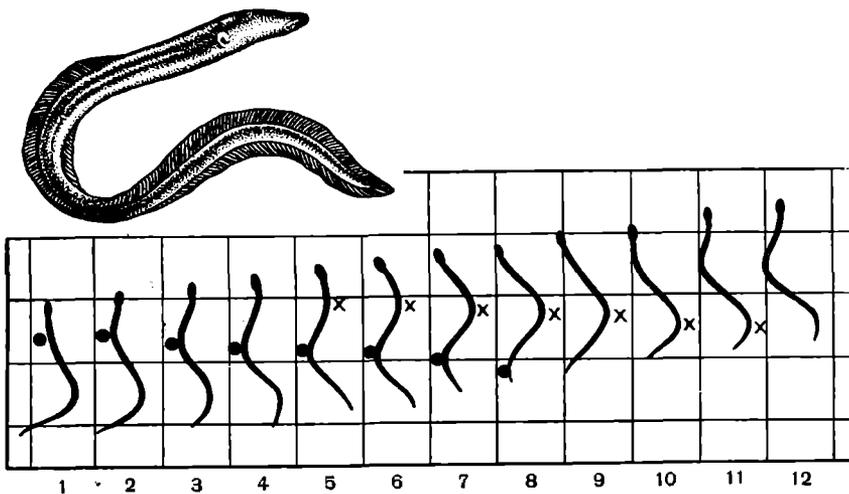


Рис. 1. Схема плавания угря *Anguilla vulgaris*. Показаны последовательные положения рыбы, сфотографированные с интервалами в 0,1 сек. (фильм был снят Д. Грем). На фотографии отмечены точки наибольшей кривизны; они постепенно перемещаются к хвосту.

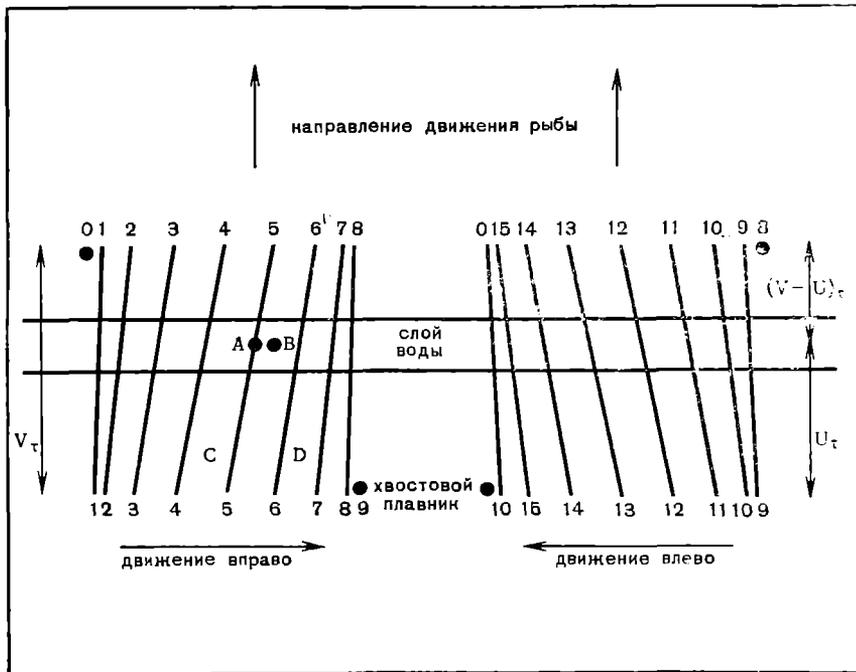


Рис. 2. Диаграмма движения хвостового плавника. Цифры 1, 2, 3... характеризуют последовательные положения кончика хвоста и начальной части хвостового плавника в моменты времени, отсчитываемые от некоторого нулевого момента. Волновое движение, распространяющееся со скоростью V по рассматриваемому участку тела длиной $V\tau$, вовлекает кончик хвоста в движение с запаздыванием τ (например, положение кончика хвоста в момент 6 как раз совпадает с положением начала рассматриваемого участка тела угря в момент 5). Скорость рыбы U всегда меньше V (например, для угря $U \approx 0,6 V$). Поперечную скорость движения кончика хвоста W можно определить как длину интервала CD , деленную на τ . Двумя параллельными прямыми выделен вертикальный слой воды, находящийся на расстоянии $U\tau$ от кончика хвоста. Этот объем воды последовательно смещается различными участками тела рыбы, причем скорость такого смещения значительно меньше скорости смещения кончика хвоста W .

мый рыбой воде, равен произведению скорости воды на некоторую эффективную массу воды. Возникает вопрос, какая часть полной механической энергии, передаваемой воде рыбой, идет на создание тяги и какая бесполезно теряется в следе за хвостом.

Кинетическая энергия бокового движения воды, отнесенная к единице ее длины, равна $\frac{1}{2}mw^2$, и, соответственно, скорость непроизводительного растрачивания энергии рыбой $\frac{1}{2}mw^2U$ (где m — масса воды, w — скорость смещения воды, U — скорость рыбы, W — поперечная скорость движения кончика хвоста). Разность $UmwW - \frac{1}{2}mw^2U$ выражает собой совершаемую рыбой полезную работу. Высокая эффективность плавания достигается при условии, что второй член разности значительно меньше первого. Этим обстоятельством объясняется тот факт, что у рыб w часто значительно меньше W . Значения отношения w/W должны быть настолько малыми, чтобы эффективность усилий была высокой, но настолько большими, чтобы полное тяговое усилие было значительным.

Полное тяговое усилие возрастает также при увеличении эффективной массы воды m (которая примерно равна произведению плотности воды на квадрат вертикального размера поперечного сечения рыбы). Использование такого эффекта рыбами открывает большие возможности для повышения тяговых усилий. При угреобразном движении вязкое сопротивление преодолевается тяговыми усилиями, развиваемыми широким хвостовым плавником. Используя такой двигательный механизм угри плавают на огромные расстояния с большой эффективностью.

Своеобразно используется угреобразный способ плавания также треской, у которой имеется три спинных и три брюшных плавника, разделенных короткими промежутками (рис. 3). Применяя к таким рыбам теорию обтекания тонких тел, можно показать, что при движении промежутки между плавниками заполняются «вихревыми уплотнениями», т. е. что у них образуется как бы сплошной плавник, аналогичный плавнику угря.

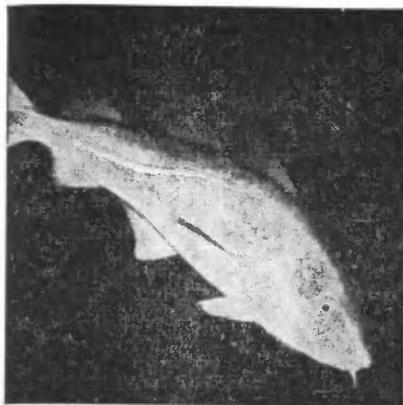


Рис. 3. Треска *Gadus morhua*.

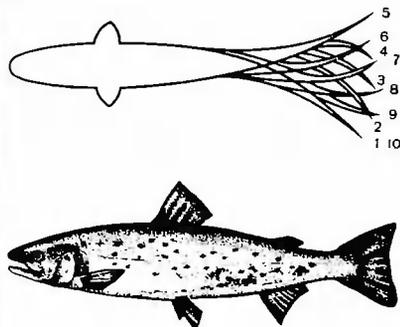


Рис. 4. Карангиформное движение (по Д. Грею). (Вверху).
Рис. 5. Лосось *Salmo salar*. (Внизу).

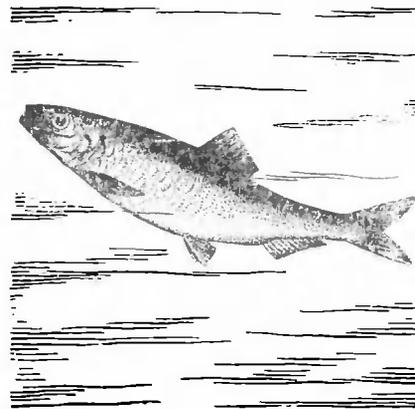


Рис. 6. Сельдь *Clupea harengus*.

Карангиформный способ плавания (тип скумбрии) состоит в том, что волновые движения тела рыбы происходят на его задней половине или даже трети (рис. 4), а боковые смещения в середине тела почти равны нулю. Как и у угрей, смещения кончика хвоста запаздывают по сравнению со смещениями передней части тела.

Скумбребразный способ плавания хорошо развит уже у представителей отряда *Isospondyli*; так плавают, например, принадлежащий к этому отряду лосось *Salmo salar* (рис. 5).

Для устранения боковой отдачи эти рыбы выработали два приспособления: резкое уменьшение вертикальных размеров поперечного сечения тела перед хвостовым плавником и увеличение вертикальных размеров центральной части тела дорзальным плавником. В результате эффективная масса воды сильно снижается именно там, где отдача могла быть очень большой, а значительное возрастание массы воды, вовлекаемой в движение в центральной части тела рыбы, повышает ее боковую устойчивость.

Р. Бейнбридж заснял на кинолентку и тщательно изучил движения многих пресноводных рыб. Как оказалось, скумбребразный способ движений у всех этих рыб почти не изменен. Частота колебаний хвоста, однако, меняется с изменением длины рыбы. Крошечные тропические рыбки тетры совершают в точности

такие же движения, как и крупные карпы, но несравненно быстрее последних. Хвостовой плавник у этих пресноводных рыб чрезвычайно подвижен — при движении из стороны в сторону он всегда выгибается против направления движения. Таким образом, рыбы способны варьировать площадь своего плавника, видимо, пользуясь этим эффектом для создания дополнительной тяги. Иногда они способны даже медленно подниматься с помощью одних лишь медленных колебательных движений, распространяющихся по хвостовому плавнику сверху вниз. Рыбы некоторых, стоящих особняком, семейств развили своеобразный способ передвижения, связанный с выполняемыми ими функциями «прилипал» при

других рыбах — они передвигаются с помощью одних лишь незаметных быстрых движений своих жаберных плавников.

Некоторые рыбы, со скумбребразным способом плавания (семейство *Carangidae*, подотряд *Isospondyli*) имеют хвостовой плавник вогнутой формы. Изучение работы таких плавников на основе теории обтекания тонких тел позволяет сделать вывод, что уменьшение их площади, несколько снижающее сопротивление воды, компенсируется образованием при движении «вихревой рубашки», восполняющей недостаток площади плавника; поэтому наличие вогнутости в таком плавнике не приводит к снижению тяги. Некоторые рыбы, обитающие вблизи поверхно-

Таблица

Отряд		Представители
<i>Selachii</i>	Акулы	акулы
<i>Batoidei</i>	Скаты	скаты
<i>Dipnoi</i>	Двойкодышащие	циратод, протопторус лепидосирап
<i>Chondrostei</i>	Осетрообразные	осетр
<i>Isospondyli</i>	Сельдеобразные	сельдь, форель, лосось, сардины
<i>Ostariophysi</i>	Карпообразные	карп, вьюн
<i>Apodes</i>	Угреобразные	угорь
<i>Allotriognathi</i>	Ламбридообразные	ремень-рыба, хохляч
<i>Lyomeri</i>	Мешкоглобообразные	мешкоглот, рыба-удав
<i>Anacanthini</i>	Трескообразные	треска, хек
<i>Plectognathi</i>	Сростночелюстные	рыба-луна, кузовок
<i>Solenichthyes</i>	Пучкожаберные	морской кошек, рыба-сви- стулька
<i>Heterosomata</i>	Камбалообразные	камбала, палтус, морской язык

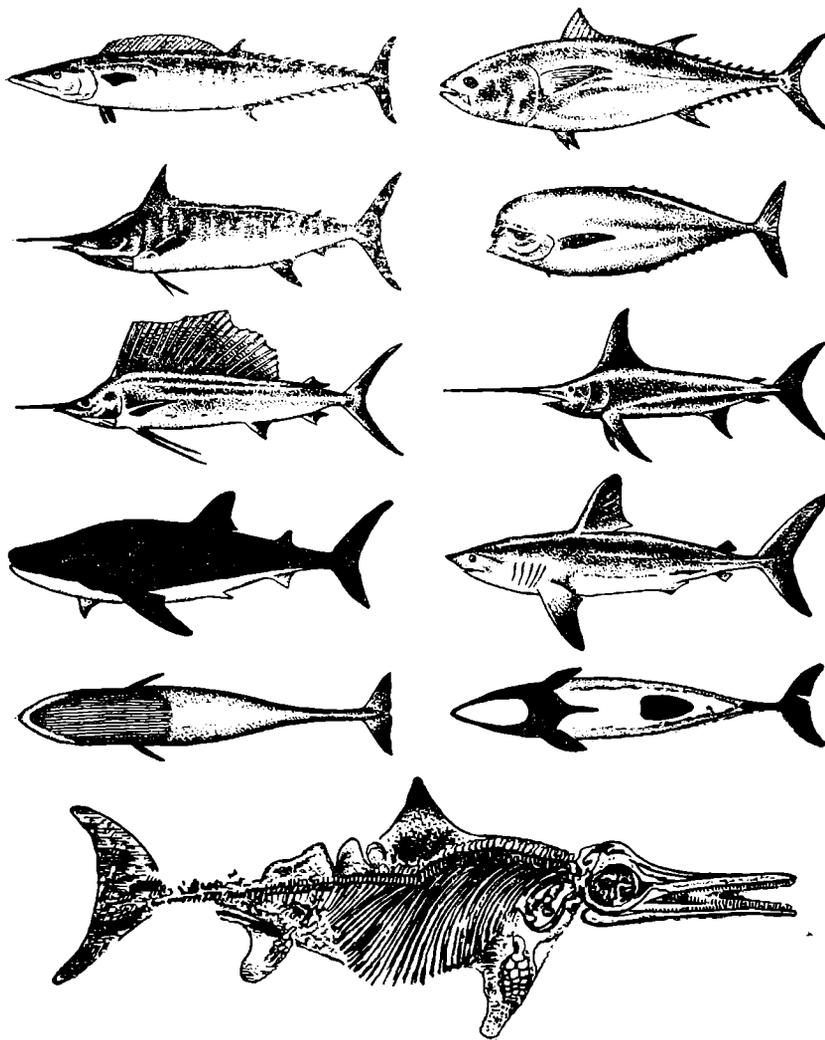


Рис. 7. Варианты серпообразной формы хвоста у шести окунеобразных рыб, двух акул, двух китообразных млекопитающих и у одной вымершей рептилии.

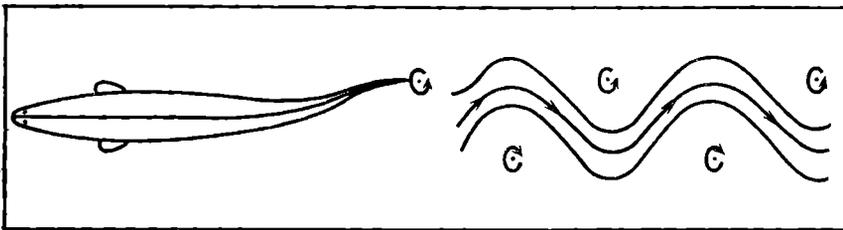


Рис. 8. Диаграмма образования завихрения при движении серпообразного хвоста и располагающихся между ними линий тока воды, положив на линии тока воздуха при движении самолета.

сти глубоководных океанов, в борьбе за существование сумели выработать очень высокие скорости плавания. Это происходит за счет существенного увеличения коэффициента относительного удлинения хвостового плавника (отношение квадрата ширины плавника к его площади). Подобная аэродинамическая форма свойственна уже плавнику сельди (рис. 6), напоминающему пару сильно отогнутых назад крыльев самолета. Коэффициент относительного удлинения, очевидно, увеличивается при уменьшении отогнутости хвостовых «крыльев» назад. При этом сильно увеличивается тяга, а сопротивление воды возрастает незначительно, так что скорость движения рыбы повышается.

Большой хвостовой плавник, характеризующийся высоким коэффициентом относительного удлинения, свойствен некоторым семействам из отряда Percomorphi. К ним относятся, в частности, тунцы, скорость которых может достигать 20 м/сек, а также вагу, марлины и рыбы-мечи. Все эти рыбы плавают настолько быстро, что одним только высоким коэффициентом относительного удлинения хвоста это объяснить нельзя. Существенное значение, вероятно, имеет и то обстоятельство, что хвостовой плавник у них приобрел особую серпообразную форму (рис. 7). Эти рыбы постоянно находятся в движении и поэтому утратили аппарат для вытягивания воды в жабры, так как вода сама непрерывно поступает к ним в рот, выходя затем через жаберные щели. Изучение этих рыб приводит к выводу, что серпообразный хвост, дающий, по-видимому, особые преимущества, мог развиться и у рыб, имеющих разных предков. Необходимость захватывать добычу у поверхности океана заставила и акул и тунцов выработать аналогичные органы движения.

Все серпообразные хвосты обладают хорошими «аэродинамическими профилями». Расчеты (рис. 8) позволяют предположить, что серпообразные хвосты развивают высокую тягу благодаря тому, что они генерируют вихревые кольца, несущие очень большую (сравнительно с их энергией) импульс.

Тяжелые рыбы, перечисленные в верхней части табл., отличаются тем, что их вес не уравновешивается плавучестью. Плотность этих рыб обычно на 5% превосходит плотность воды; эта цифра может снизиться при образовании жировых запасов. Асимметричный хвост (рис. 9), типичный для акул, имеет большую верхнюю лопасть и значительно меньшую нижнюю. Большая лопасть развивает тягу, имеющую вертикальную компоненту. В то же время грудные плавники у них хорошо развиты и поставлены под прямым углом к телу. Грудные плавники акул выполняют роль крыльев самолета, а подъемная сила создается колебаниями асимметричного хвоста, а также за счет угреобразного способа плавания.

Для следующего отряда *Batoidei* (см. табл.), к которому относятся скаты и подобные им рыбы, характерно еще большее развитие грудных плавников. У скатов из семейства *Raiidae* грудные плавники имеют форму почти квадрата, по диагонали которого расположены очень тонкие тело и хвост рыбы. Они плавают, пропуская по грудному

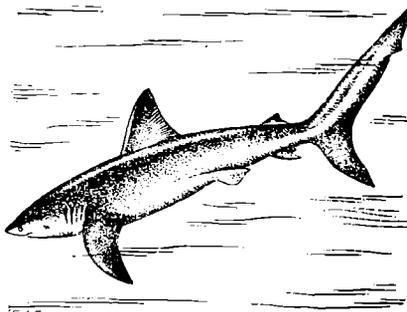


Рис. 9. Голубая акула *Prionace glauca*.

плавнику волны, свойственные угреобразному способу плавания, однако направленные «вверх — вниз». Эти рыбы, обитающие у дна, благодаря своеобразной форме (коэффициент относительного удлинения 2) способны планировать, не совершая плавательных движений.

С другой стороны, рыбы из семейства *Myliobatidae* или скаты-орляки развили способность к плавательным движениям, напоминающим полет птиц. Таким же образом плавают скаты *Mobulidae* или морские дьяволы. Их грудные плавники превратились в большие крылья с коэффи-

циентом относительного удлинения 4. Колебательные движения плавников у них почти незаметны; вместо этого они используют, подобно многим птицам, сильные маховые движения.

Примером конвергентной эволюции может служить также группа костистых — *Heterosomata* (камбалы), внешне похожих на скатов. Эти рыбы, ведущие придонный образ жизни, утратили свой плавательный пузырь, и поэтому им свойственно, прекращая плавательные движения, соскальзывать на дно. Интересно, что на ранней стадии развития палтусы имеют нормальную форму и плавают угреобразным способом. Однако, достигнув определенного возраста, они совершенно преобразуются — переворачиваются на 90° и начинают плавать, подобно скатам, которые приобрели такую способность другим путем, сопровождающимся значительным увеличением жаберных плавников.

Сокращенный перевод с английского А. И. Борисова из журнала «*Endeavour*» в. XXIX, 1970, № 107, р. 77.

О статье М. Дж. Лайтхилла «Как плавают рыбы?»

В. Н. Яковлев

Кандидат биологических наук
Палеонтологический музей им. Ю. А. Орлова
Москва

Большинство читателей, несомненно, знакомо с так называемым парадоксом Грея. Суть его такова: чтобы заставить жесткую модель дельфина двигаться с обычной для него скоростью, требуется мощность, гораздо большая той, которую могут развить мышцы животного. Между тем многие рыбы плавают быстрее дельфина, причем, по-видимому, при еще более скромных энергетических возможностях. За 400 млн лет жизни

в воде рыбы накопили не меньше «секретов», чем морские млекопитающие. О некоторых из этих «секретов», разгадкой которых ученые разных специальностей занимаются уже почти столетие, и рассказывается в статье известного английского гидродинамика М. Дж. Лайтхилла.

Волнообразными изгибаниями тела рыба отбрасывает назад некоторую массу воды и создает тягу. С энергетической стороны выгоднее сооб-

щать небольшое ускорение большой массе воды, нежели большое ускорение массе меньшей. Для этого требуются медленные колебания с большой амплитудой и большая рабочая поверхность тела — способ плавания угря. Здесь коэффициент полезного действия, по расчетам Лайтхилла и других ученых, — 85%. Однако большой скорости таким путем достичь нельзя. Для этого требуются колебания с большой частотой и малой амплитудой — тип скумбрии (карангиформный способ Лайтхилла). Его КПД около 65%.

По существу оба типа — лишь крайние вариации общего для всех рыб способа плавания. Не только хвостовой плавник, но и тело тунца или скумбрии совершают те же движения, что и тело угря, лишь амплитуда движений от головы к хвосту у первых увеличивается более резко. Естественный отбор требует от вод-

ных животных удовлетворительного сочетания скорости и КПД, поэтому большинство рыб занимает промежуточное положение между угрем и скоростными рыбами типа тунца.

Эволюция типов плавания происходит, видимо, совсем не так просто, как представляется Лайтхиллу — от угревидного (ангвилиформный) типа рыб примитивных, к карангиформному высших. Дело в том, что способ плавания той или другой группы рыб определяется не местом ее в системе зоологической классификации, а положением в реальном биологическом сообществе. Если группа преуспевает и превосходит своих ближайших соперников в степени орга-

низации, она захватывает прежде всего верхние звенья пищевых цепей, т. е. обычно те экологические ниши, которые связаны с быстрым движением. Если же уровень приспособлений группы превзойден более удачливым конкурентом, она прежде всего теряет именно эти ключевые позиции. Число хороших пловцов резко снижается, и выживают в основном формы, приспособленные к медленному, но экономичному движению. Все упомянутые Лайтхиллом примитивные позвоночные (круглоротые, кистеперые, двоякодышащие, хрящевые и костные ганоиды) в геологической истории Земли последовательно занимали положение такой

господствующей группы. Соответственно не только предки угрей, но и предки и сородичи двоякодышащих и даже миног имели нормальную рыбообразную форму и плавали в основном за счет движений хвостового плавника.

Короче говоря, каждая группа начинается с угреобразного типа плавания и им же кончается. Разумеется, это не закономерность, а скорее почти статистическое наблюдение. В целом же складывается картина непрерывной прогрессивной эволюции плавания по всем трем показателям.

УДК 591.177

Олень-мунтжак — модель для генетических опытов

Н. Н. Воронцов
Доктор биологических наук
Биолого-почвенный институт ДВНЦ АН СССР

Е. А. Ляпунова

Кандидат биологических наук
Институт цитологии и генетики СО АН СССР
Новосибирск

Успех Томаса Гента Моргана, создателя хромосомной теории наследственности, и его школы в значительной степени был связан с удачным выбором объекта генетических исследований — плодовой мушки дрозофилы. 30 поколений в год, 500 особей в потомстве пары — это не рекорд в мире насекомых, но столь быстрая смена поколений и простота разведения в сочетании с низким числом хромосом (8) сделали дрозофилу незаменимым модельным объектом, который разводят вот уже на протяжении 60 лет во многих лабораториях мира.

Разработка метода культуры тканей позволила вести разнообразные цитогенетические исследования вне зависимости от частоты смены поколений у животных. Особое внимание

как в теоретических исследованиях по репликации хромосом и генетике соматических клеток, так и в работах по генетике рака уделяется культуре тканей низкохромосомных видов млекопитающих.

Количество хромосом для класса млекопитающих в среднем равно 48 и колеблется от 10 у самки и 11 у самца кенгуру *Protemnodon bicolor* до 84 у носорога *Diceros bicornis*. Наиболее низкие хромосомные числа (10—22) характерны для сумчатых; клетки некоторых видов кенгуру уже начинают использоваться для

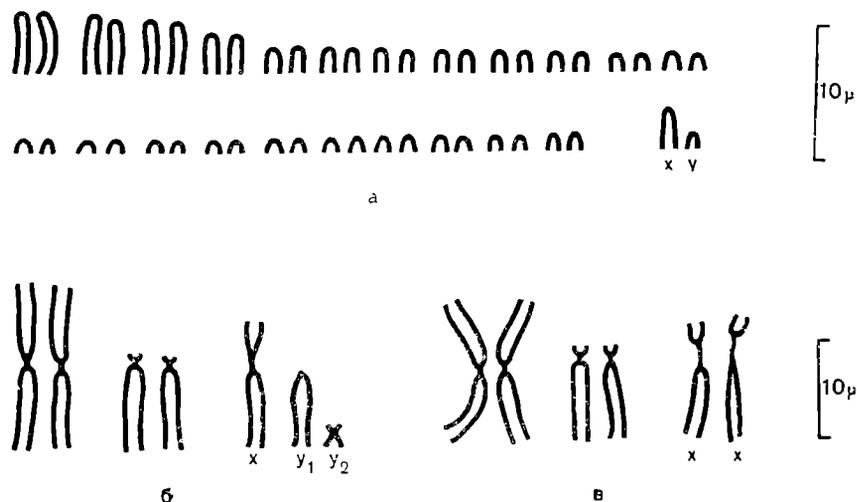


Рис. 1. Хромосомные наборы: а — самца мунтжака Ривса (*M. reevesi*), увелич. в 1600 раз; б — самца обыкновенного мунтжака (*M. muntjak*); в — самки того же вида, увелич. в 1155 раз.

создания перевиваемой культуры тканей. Количество хромосом у плацентарных млекопитающих колеблется от 17 — закавказская слепушонка (*Ellobius lufescens*) и американская полевка (*Chilotus oregoni*) — до 84 (уже упоминавшийся носорог).

В десятках лабораторий мира разводят так называемых китайских хомячков *Cricetulus griseus*, имеющих 22 хромосомы. Этими хомячками пользуются и в лабораториях нашей страны, несмотря на то что в СССР живет очень близкий к ним вид — барабинский хомячок (*Cricetulus barabensis*) с 20 хромосомами и другой вид — монгольский хомячок (*Alloscricetulus curtatus*), также имеющий 20 хромосом, а в Армении обитает 17-хромосомная закавказская слепушонка.

Эти числа до недавнего времени считались самыми низкими для хромосом у плацентарных млекопитающих.

Недавно американские цитогенетики Д. Вустер и К. Бениршке¹ обнаружили у обыкновенного мунтжака (*Muntiacus muntjak*), мелкого азиатского оленя, самое низкое среди всех млекопитающих число хромосом: 6 у самки (4 неполовых хромосомы — аутосомы, + 2 половые XX-хромосомы) и 7 у самцов (4 аутосомы + XY₁Y₂). Фрагментация Y-хромосомы — довольно редкое среди млекопитающих явление. Д. Вустер и К. Бениршке предполагают, что у обыкновенного мунтжака произошла транслокация X-хромосомы на аутосому и именно этим вызваны необычные для млекопитающих размеры X-хромосомы.

Хромосомы обыкновенного мунтжака крупные, все легко различимы. Не вызывает сомнений тот факт, что обыкновенный мунтжак в самое ближайшее время привлечет внимание цитогенетиков как уникальный модельный объект.

Правда, трудно представить себе, что мунтжак займет место хомячков или крыс хотя бы уже потому, что у него 180-дневная беременность, всего два молодых в помете, а вес 14—18 кг. Все это не слишком хоро-

шие показатели для лабораторного животного. Но замечательные особенности хромосомного набора дают возможность проводить уникальные цитогенетические эксперименты на культуре тканей мунтжака, которую, по-видимому, в ближайшее время начнут культивировать во многих лабораториях.

Интересно, что близкий вид того же рода — *Muntiacus reevesi* имеет 46 палочковидных акроцентрических хромосом. Столь резкие различия в числе хромосом внутри одного рода до сих пор были отмечены лишь у лошадей и зебр (от 32 до 66), у американских хомячков рода *Sigmodon*¹ (от 22 до 52) и у грызунов-слепушенок рода *Ellobius*² (17, 32, 36, 52, 54).

¹ «Ann. Rev. Genet.», v. 3, 1969, p. 75.

² Сб. «Млекопитающие (эволюция, кариология, систематика, фаунистика)», Новосибирск, 1969.

НОВЫЕ КНИГИ

И. Г. Бейлин, В. А. Парнес. ГЕОРГИЙ ФЕДОРОВИЧ МОРОЗОВ, 1867—1920. М., «Наука», 1971, 216 стр., ц. 67 к.

Созданное Г. Ф. Морозовым учение о лесе, повлиявшее не только на дальнейшее развитие лесной теории и практики, но и на почвоведение, ботанику и географию, обрело мировую известность. Г. Ф. Морозов сформировал школу лесоводов, по численности не имеющую равных. Он был последовательным борцом за свои научные идеи, выдающимся организатором, вдохновенным оратором и умелым педагогом.

Книга о Г. Ф. Морозове, с любовью описывающая его жизнь и многогранную творческую деятельность, привлечет самые широкие круги читателей.

ТРЕТЬЕ ПЛАВАНИЕ КАПИТАНА ДЖЕМСА КУКА. Плавание в Тихом океане в 1776—1780 гг. М., «Мысль», 1971, 634 стр., ц. 3 р. 24 к.

Дневники третьей экспедиции выдающегося английского мореплавателя Джемса Кука завершают его географическую трилогию. В результате двух первых плаваний Джемса Кука в южной части Тихого, Индийского и Атлантического океанов была положена на карту Новая Зеландия, открыты восточные берега Австралии и десятки островов Океании. Благодаря этим экспедициям Англии удалось выдвинуться на первое место в ряду держав, которые вели борьбу за гегемонию в морях южной половины земного шара.

По своему значению третья экспедиция Дж. Кука уступала двум предыдущим. Основным полем ее деятельности были моря, уже освоенные русскими мореходами и промышленниками, а поэтому и открытия, совершенные Дж. Куком в северной части Тихого океана, по своему масштабу были скромнее. Самым значительным вкладом третьей экспедиции в географическую науку было открытие Гавайских островов.

Помимо дневников Дж. Кука в книге содержатся дневниковые записи его спутников, проливающие свет на обстоятельства его трагической гибели на Гавайях и содержащие сведения о пребывании экспедиции у северно-западных берегов Северной Америки, на Гавайских островах и на Камчатке.

Перевод книги сделан с английского издания 1967 г., которое печаталось не по предыдущим, искаженным публикациям, а по подлиннику. Дневники сопровождаются обстоятельной вступительной статьей и комментариями Я. М. Света.

¹ «Science», v. 168, 1970, p. 1364—1366.

Энрико Ферми

Академик Б. Понтекорво

Создание итальянской школы физики

Когда Ферми в конце 1926 г. прочно обосновался в Риме в качестве профессора теоретической физики, там не было никакого исследовательского коллектива. Персико уехал во Флоренцию, Корбино был слишком занят другими вопросами, и в университете ему более чем хватало преподавательской деятельности.

Энрико Ферми, один из великих учителей нашего времени, создал тогда итальянскую школу современной физики при содействии Орсо Марио Корбино, блестящего организатора науки. Многие из учеников Ферми, такие как Разетти, Амальди, Сегре, Вик, Рака, Росси, Фано, Ферретти, Бернардини, Коккони, Конверси, Пиччиони и др., стали широко известными физиками.

О неизгладимом следе, оставленном Ферми в научной жизни Италии, можно судить по тому, что в настоящее время, через тридцать лет после того как он покинул свою родину, там успешно работает многочисленная группа довольно известных физиков (первого, второго и последующих поколений), которые продолжают традиции современных первоклассных теоретических и экспериментальных исследований, созданные Ферми. Ядро этой школы (Разетти, Сегре, Майорана, Амальди) сформировалось вокруг Ферми уже в 1927 г. благодаря усилиям Корбино.

Вот как Сегре описывает занятия, не связанные с университетскими

курсами, которые Ферми проводил с учениками:

«Они были совершенно импровизированными и неофициальными. Поздно вечером мы собирались в кабинете Ферми, и часто предмет разговора становился темой лекции. Например, мы спрашивали: «Что известно о капиллярности?» И Ферми экспромтом читал красивую лекцию о теории капиллярности. Таким образом, мы занимались рядом предметов на «промежуточном» уровне, соответствующем, например, знаменитой книге «Введение в теоретическую физику» Планка или книгам Слетера и Франка. Однако иногда уровень становился более высоким, и Ферми объяснял нам статью, которую сам только что прочел: так мы познакомились со знаменитой работой Шредингера по волновой механике. Эти лекции никогда не составляли регулярного «курса». Относительно некоторых областей, о которых мы ничего не знали и по которым мы задавали Ферми вопросы, он ограничивался упоминанием хороших книг... Однако книги, которые он предлагал, не всегда были самыми удачными, поскольку, очевидно, он упоминал те, которые изучил сам, а они не обязательно были хороши с педагогической точки зрения..»

Занятия были посвящены, главным образом, теоретической физике, но между слушателями теоретиками и экспериментаторами не делалось различий. Сам Ферми, который работал тогда только в области теоретической физики, также интересовался экспери-

ментальными работами. Его знания и интересы охватывали всю физику, и он внимательно прочитывал несколько журналов. Он предпочитал конкретные проблемы и недоверчиво относился к слишком абстрактным или общим теориям. Но любая специфическая задача в какой-либо области физики — в классической механике, спектроскопии, термодинамике, теории твердого тела и т. д. — могла увлечь его, бросив вызов его уму и физической интуиции. Часто, разговаривая с ним, мы видели развитие красивого, простого и ясного объяснения загадочного явления.

В то время много раз нам представлялся случай быть свидетелями зарождения и выполнения нового и оригинального исследования. Конечно, невозможно было сказать, какая предварительная работа уже была выполнена Ферми сознательно или подсознательно. Наверняка, у него не было ничего написанного. Мы присутствовали при развитии теории, которое происходило не слишком быстро, но практически без ошибок, неправильных начинаний или изменения направления мысли. Ферми как будто читал лекцию, хотя более медленно, и, наконец, наши записи (или по крайней мере соответствующие уравнения) были готовы для опубликования почти без переделок. Любопытная характеристика фермиевского способа работы состояла в **постоянстве** скорости, с которой он продвигался вперед. Если переходы были легкими, он все-таки продвигался медленно, и рядовой

наблюдатель мог бы задать вопрос: «Почему он теряет так много времени на такую простую алгебру?» Однако когда возникали такие трудности, которые остановили бы человека меньших способностей бог знает на сколько времени, Ферми решал их с той же скоростью. У нас создалось впечатление, что Ферми — каток, движущийся медленно, но не знающий препятствий. Окончательные результаты были всегда ясными, и часто мы задавались вопросом: «Почему это не было найдено давно, раз все так просто и ясно?» Ферми навсегда сохранял в памяти один раз использованный им метод и применял его к задачам, совершенно отличающимся от той, которая породила физическую идею и математическую технику...

Скорость формирования молодого физика в этой школе была невероятной...

Ферми не любил давать темы для дипломных работ или вообще для исследований. Он ожидал, что студенты сами найдут их или получат от старших товарищей. Причина этого, как он сам говорил, состояла в том, что ему было нелегко найти достаточно простые темы для начинающих... Крепкая, многолетняя дружба связывала всех участников этой группы. Разница в возрасте была невелика: самому старшему, Ферми, было 26 лет (в 1927 г.), а самому младшему, Амальди, — 19 лет. Корбино на вечерние занятия приходил редко. Однако он очень интересовался положением в группе, вопросами продвижения сотрудников по служебной лестнице и т. п. Как можно было ожидать, слухи о том, что происходит в Риме, быстро распространились среди молодых итальянских физиков, и скоро к нам стали приезжать Д. Джентиле, Б. Росси, Дж. Бернардини, Д. Рака, Ж. Вик, У. Фано и многие другие¹.

Впервые в этом столетии, благо-

даря Ферми, иностранные физики потянулись к итальянскому центру исследований. Эти физики, среди которых были Баба, Бете, Блох, Лондон, Пайерлс, Плачек, Теллер, Уленбек, принимали участие в семинарах Института физики вместе с небольшой группой итальянских ученых и студентов; число участников семинара не превышало десяти.

Среди участников семинара я хотел бы отметить Этторе Майорану, личность которого могла бы заинтересовать не только физиков, но и литераторов. По происхождению Майорана принадлежал к видной сицилианской семье; он учился на инженерном факультете Римского университета. В 1927 г. Майорана, тогда еще студент, стал членом неофициальной группы Ферми (впрочем, он продолжал работать в институте без жалования и после получения диплома: он был богатым, а институт — бедным; по-моему, не исключено, что судьба Майораны сложилась бы не так трагично, если бы ему приходилось зарабатывать себе на хлеб). Спустя некоторое время после выступления в группу Ферми Майорана уже обладал такой эрудицией и находился на таком уровне понимания физики, что разговаривал с Ферми на научные темы на равных. Сам Ферми считал его крупнейшим физиком-теоретиком нашего времени, часто им восхищался, при этом иногда даже тушевался перед ним. Я точно помню слова Ферми: «Если задача уже поставлена, никто в мире не может решить ее лучше Майораны». Майорана был пессимистом по натуре, вечно был недоволен собой (и не только собой). На семинарах он обычно молчал, но иногда нарушал молчание ради саркастического комментария или для того, чтобы сделать парадоксальное, хотя и очень существенное, замечание. Я помню, как не раз на семинарах он терроризировал известных зарубежных физиков. Когда-то он был вундеркиндом. Это был математик большого масштаба и в то же время, как ни странно, живая «счетная машина». В «религиозной иерархии» института он имел звание «Великого инквизитора».

Трудно представить более различ-

ные характеры, чем у Ферми и у Майораны. Если Ферми был совершенно простым человеком (с маленькой оговоркой: он был гений), то характер Майораны был сложным и совсем не тривиальным. К великому сожалению Ферми, Майорана почти никогда не публиковал своих работ; его след в науке бесконечно менее значителен, чем мог бы быть. Начиная с 1932 г. Майорана все реже и реже встречался с другими физиками и в 1937 г. буквально исчез. По-видимому, он покончил с собой, но абсолютной уверенности в этом нет.

Семинары Ферми проходили в непринужденной обстановке и всегда много давали их участникам. Ферми был прирожденным учителем. Он не только мастерски проводил семинары и неофициальные лекции в узком кругу, но так же блестяще читал курсы лекций студентам. Его университетские лекции по квантовой механике, атомной физике, математической физике, термодинамике и его любимый курс по геофизике отличались большой ясностью и стройностью изложения; это, однако, не было результатом особо тщательной подготовки к лекциям (Ферми почти никогда не готовился к ним), а объяснялось глубокими знаниями и исключительной ясностью его ума. В конечном счете качество лекций было отражением его самостоятельной работы, проведенной еще школьником, когда он пытался осознать и понять различные явления природы.

В физике, по мнению Ферми, нет места для путаных мыслей; и физическая сущность любого действительно понимаемого вопроса может быть объяснена без помощи сложных формул. Правильность такого мнения иллюстрировалась замечательной способностью Ферми быть понятым слушателям самого различного уровня. Часто он утверждал, что действительно понимающие природу того или иного явления должны уметь получать основные законы из соображений размерности.

Ферми всегда подчеркивал огромную важность для студентов хорошей подготовки по классической физике, и он сам любил читать лекции

¹ Э. Сегре. Библиографическое введение к кн. Собрание научных работ Энрико Ферми, т. I. The University of Chicago Press, 1961.

по элементарной физике. Общий курс математической физики, прочитанный Ферми в Риме, представлял собой нечто вроде энциклопедии, содержащей элементы электродинамики, теории относительности, теории теплопроводности, теории упругости и диффузии. Он очень возражал против курсов математической физики, посвященных чрезмерно узким проблемам. Мне помнится, однажды он полусерьезно излагал группе сотрудников свои идеи, как следует реформировать высшее образование в университетах. «Возьмем,— сказал он,— для примера коллектив из двадцати студентов-однокурсников, которому при настоящих порядках следует слушать лекции по пяти различным предметам у пяти преподавателей. Это нерационально, гораздо целесообразнее была бы «система менторов», согласно которой каждый из пяти преподавателей возьмется за преподавание только четверем студентам всех пяти предметов». Мы возражали Ферми, что это будет хорошо только для тех четырех студентов, которые попадут в руки Энрико, а для других будет настоящая трагедия!

Невозможно провести грань между Ферми-физиком и Ферми-человеком. Своих студентов и сотрудников Ферми учил не только физике в прямом смысле этого слова. Собственным примером он учил их страстно любить физику, равно как и понимать дух и этику науки. Ферми упорно подчеркивал исключительную моральную ответственность ученого при опубликовании научной работы. В опубликованных работах Ферми обнаруживается почти педантичное внимание к точности выражений, в них не встретишь излишне категоричных утверждений и т. п. Но его совершенно не заботила эlegantность стиля и формы статей: для него важнее всего было содержание работы и ясность изложения.

Ферми нетерпимо относился к часто встречающейся тенденции экспериментаторов переоценивать точность своих измерений. В институте было известно «правило», которым руководствовался Ферми в своем отношении к новому или «странному» результату: увеличь втрое при-

веденную экспериментатором ошибку измерения и только после этого начинай свое рассуждение.

Несмотря на оригинальность и интуитивное чутье нового, Ферми был того мнения, что в науке новые законы надо принимать только в том случае, когда нет иного выхода. Ему очень не нравилось стремление некоторых физиков найти «сверхновое», не исчерпав всех возможностей в рамках уже существующих принципов и законов.

Если у читателя создалось впечатление, что Ферми был консервативом в науке, то я плохо рассказал о нем. Речь идет не о консервативности подхода Ферми, а о его фундаментальности. Что же касается его подхода к жизни, политике, искусству и т. д., то, действительно, было бы правильно назвать его консервативом.

Ферми глубоко презирал научный авантюризм, субъективизм в науке, тенденцию некоторых экспериментаторов получить именно те результаты, которые а priori им хочется найти. Он считал совершенно антинаучной и вредной для развития физики поспешность в опубликовании научных работ, вызванную желанием завоевать приоритет, и встречающуюся в некоторых лабораториях атмосферу «охоты за открытиями». Я помню такой случай 30-х годов. В одной статье — по мнению Ферми, совсем неубедительной (вследствие нечеткости постановки опыта и недоброкачества самих измерений) — группа иностранных физиков опубликовала сообщение об обнаружении дифракции медленных нейтронов. Несколько позже в печати появилось описание безупречных экспериментов другой зарубежной группы по этому вопросу; Ферми был возмущен тем, что приоритет в какой-то мере будет принадлежать пераой группе, которая его не заслуживает. «И самое печальное,— сказал он,— что против этой системы ничего нельзя предпринять». Более того, по мнению Ферми, совершенно недостойна привычка некоторых ученых при опубликовании своих экспериментальных работ «между прочим» приводить ненадежные данные (пытаясь завоевать приоритет) и не

считать для себя позором, если кто-либо опровергнет эти данные. Он презирал саморекламу в науке.

Пленительная ясность мысли, характерная для лекций Ферми, относится и к его книгам (Ферми написал их более десяти), и к его статьям (не только оригинальным, но и обзорным и популярным).

Ферми писал свои книги так же, как и читал лекции,— предельно ясно и, казалось, с минимальным усилием. Я помню, как студентом занимался по рукописи книги «Молекулы и кристаллы», когда автор еще писал ее. Каждое утро, между 6 и 8 часами, Ферми аккуратно писал на нечетных страницах тетради, оставляя четные страницы для возможных поправок. Однако когда рукопись книги была готова к печати, число поправок оказалось совершенно ничтожным.

Удивляло также, что Ферми мог писать, почти не прибегая к другим статьям или книгам. Кстати, однажды это привело к неожиданному результату, в связи с которым друзья Ферми долго подсмеивались над ним. В написанной Ферми книге по физике для средних школ он перекрестил итальянского физика XVII столетия Эванджелисту Торричелли в Джованбаттиста Торричелли (а знаменитых итальянских физиков не так уж много).

Вообще Ферми мало читал, а тем более мало покупал книг по физике после окончания университета; он предпочитал самостоятельно разработать заинтересовавший его вопрос, нежели найти готовый ответ.

Ферми также проводил сравнительно мало времени за научными журналами, хотя он всегда был великомерно осведомлен о происходящем в мире физики. Это достигалось «вытягиванием», по выражению самого Ферми, сведений в непосредственном разговоре с другими физиками. Вспоминается случай¹, иллюстрирующий еще одну характерную для Ферми черту — способность давать советы специалистам, работающим в других, даже мало знакомых ему областях. В 1942 г. мне до-

¹ Б. Понтекорво. УФН, т. 57, 1955, стр. 349.

велось встретиться с Ферми в Чикаго. Я в то время работал в области применения ядерной физики к разведке месторождений нефти (нейтронный и гамма-картаж). Поскольку Ферми не был знаком с этими методами, он, конечно, начал «вытягивать» сведения из меня. Вскоре он уже сам давал мне советы и высказывал многочисленные идеи, послужившие основой для дальнейшей длительной работы в этой области.

Научная деятельность в Риме

Кипучая теоретическая деятельность Ферми со времени опубликования работы по статистике в 1926 г. до конца 1933 г., когда он начал работать в области ядерной физики, шла по трем главным направлениям.

Во-первых, Ферми в течение нескольких лет осваивал квантовую механику (а затем квантовую электродинамику) и успешно объяснял и страстно пропагандировал ее в научных кругах. Его «проповеди» пользовались громадным успехом у молодежи и ничтожным — среди ученых старшего поколения (в частности, у группы выдающихся римских математиков), которые не сумели принять революционного духа новой теории. Эту его деятельность лучше охарактеризовать словами ее очевидца, Э. Сегре:

«Первыми были поняты статьи Шредингера, которые вызвали большой интерес и энтузиазм. Ферми быстро объяснил их своим друзьям, позже — Корбино, который оставался скептиком некоторое время, еще позже он выступил на эту тему на математическом семинаре, где профессиональные математики старшего поколения, не очень хорошо знакомые с экспериментальными основами физики, выдвинули несколько остроумных возражений против общепринятой интерпретации квантовой механики.

В частности, профессор Кастельнуово поднял многочисленные вопросы. Ферми был склонен к нетерпимости по отношению к людям, не принимавшим нового развития квантовой меха-

ники, но, конечно, он относился по-разному к некомпетентным возражениям, которых было много, и к действительным настоящим трудностям, вроде тех, на которые было указано Кастельнуово.

Нередко он сожалел, что даже те люди, к которым он испытывал уважение и которыми восхищался, такие как Корбино, иногда проявляли скептицизм по отношению к квантовой механике и ее интерпретации, что являлось, как он думал, результатом недостаточного понимания. (Однако следует сказать, что в последние годы своей жизни Ферми был менее убежден в том, что обычная интерпретация квантовой механики является последним словом.) Сопротивление квантовой теории оказывало, в основном, старшее поколение физиков, поскольку молодые физики либо поняли новую теорию (или поверили в нее), либо научились использовать эту теорию, даже не полностью разобравшись в ней.

Приход квантовой механики, по мнению Ферми, а также Корбино, означал завершение атомной физики. Фундаментальные вопросы были решены, будущее находилось в области ядерной физики и в исследовании сложных биологических структур¹.

Я хотел бы несколько дополнить последние слова Сегре. Когда я приехал в Рим в 1931 г., Ферми часто утверждал (полусерьезно), что физика идет к концу (как и география) в том смысле, что скоро все будет ясно. Он думал, что будущее принадлежит генетике. При этом сам читал с большим интересом и рекомендовал сотрудникам книгу «Наука о жизни» Уэллса и Хаксли. Как ни странно, эти идеи о бесперспективности физики были у Ферми в 1931—1932 гг. — накануне невиданного скачка в современной физике, которому он сам значительно способствовал.

В деятельности Ферми по выяснению основ новой физики следует особенно упомянуть его переформулировку квантовой электродинамики,

¹ Э. Сегре. Указ. раб.

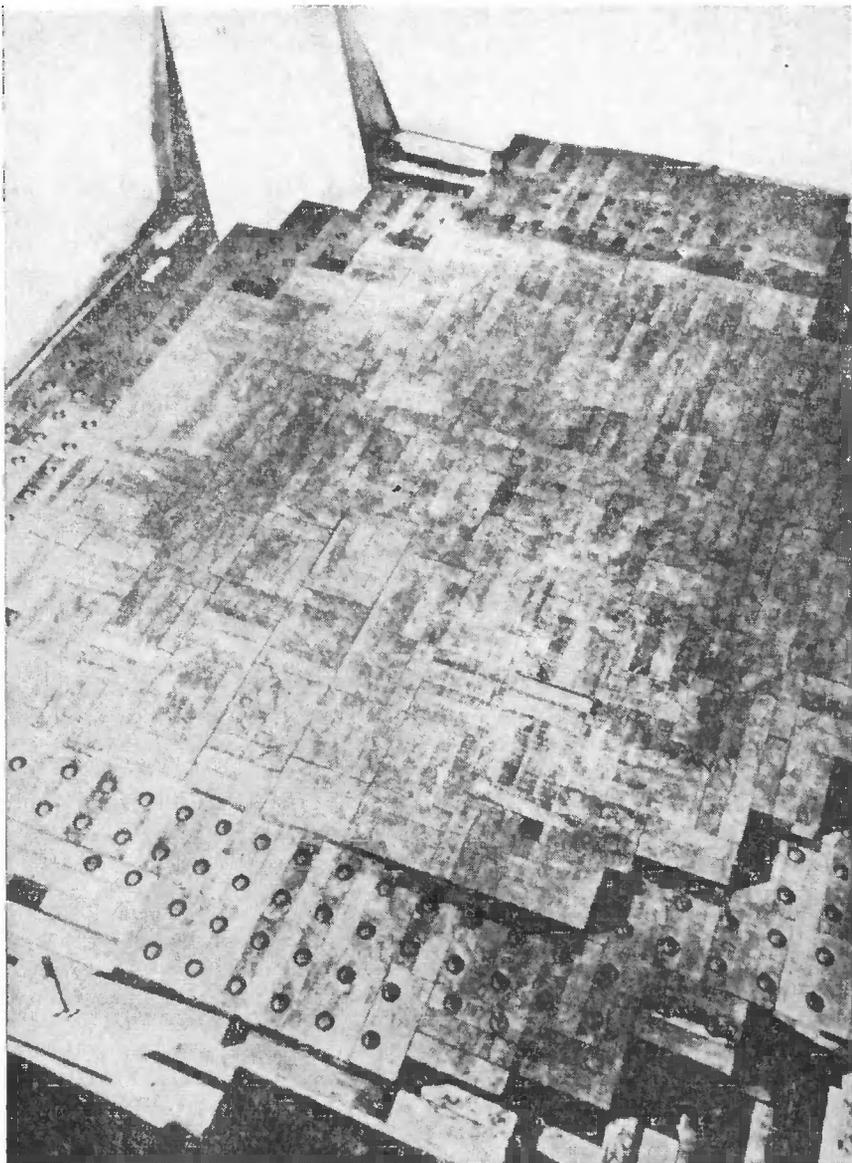
которая представляет собой блестящий (и типичный для Ферми) пример ясной трактовки трудного вопроса.

Второе важное направление теоретической деятельности данного периода состояло в продолжении его работ по статистической механике. В 1928 г. он (независимо от Томаса) применил свою статистику к определению среднего электрического потенциала в атоме (метод Томаса — Ферми).

Наконец («Last but not least!»), своими теоретическими работами Ферми внес неоценимый вклад в учение о структуре атомов и молекул. Особо следует упомянуть о совокупности теоретических работ по структуре молекул, в которых Ферми дает количественное объяснение различных экспериментальных наблюдений (книга «Молекулы и кристаллы»). Эти проблемы, интересовавшие Ферми в 1931—1933 гг., были связаны с основными экспериментальными исследованиями института, который по традиции, и особенно благодаря Разетти, в основном был первоклассной спектроскопической лабораторией.

Ферми разработал также количественную теорию сверхтонкой структуры спектральных линий, оставив и в этой области физики неизгладимый след. Кстати, уже в те годы Ферми придерживался мнения, что институт должен заняться ядерной физикой. Исследование сверхтонкой структуры спектральных линий, обусловленной, согласно Паули, взаимодействием магнитного момента орбитального движения электрона с магнитным моментом ядра, явилось естественным «мостом» для перехода интересов Ферми и лаборатории в целом от атомных проблем к ядерным.

В качестве «дебюта» в области чисто ядерной физики Ферми опубликовал в 1934 г. свою известную теорию бета-распада — классическую работу, основанную на гипотезе Паули, что в бета-процессе одновременно с электроном испускается нейтрино. Именуемая сама по себе большое значение, эта работа послужила и прототипом современных теорий взаимодействий элементарных частиц. Ферми направил эту ра-



Первый атомный реактор (в процессе конструирования, 1942 г.)

боту в английский журнал «Nature» для срочного опубликования в «Письмах в редакцию». Это означало, что он сам вполне осознавал значение данной теории, в создании которой ему очень помогло близкое знакомство с дираковской теорией излучения. Однако редакция «Nature» отказала ему в опубликовании работы на том основании, что работа слишком абстрактна и не представляет интереса для читателей. Это была, действительно, самая абстрактная из теоретических работ Ферми,

но не приходится сомневаться, что редактор всю жизнь сожалел о своем «диагнозе». В настоящее время считают, что найденное Ферми взаимодействие между нуклонным полем и полем пары электрон-нейтрино представляет собой частный случай более общего взаимодействия между любыми четырьмя фермионами — так называемое универсальное фермиевское взаимодействие, крайне малая интенсивность которого определяется малым значением «константы Ферми».

Несмотря на то что исследовательская деятельность Ферми до 1934 г. носила почти исключительно теоретический характер, скрытый экспериментатор изредка пробуждался в нем. Был, например, такой случай. Ферми получил корректуру своей книги «Молекулы и кристаллы»; один из снимков, на котором было изображено чередование интенсивностей в молекулярном спектре азота, не удовлетворил его. Ферми немедленно нашел подходящий свободный спектрограф и сам изготовил хороший снимок.

Первые крупные экспериментальные работы Ферми выполнил в области ядерной физики (1934 г.). Этим работам, за которые Ферми получил Нобелевскую премию, предшествовали два события: поездка Разетти в Германию с целью изучения экспериментальной методики ядерной физики и обсуждение на семинаре института под руководством Ферми классической книги Резерфорда по радиоактивности.

Сразу же после открытия Фредериком и Ирен Жолио-Кюри явления искусственной радиоактивности Ферми пришел к выводу, что нейтроны, поскольку они не имеют заряда, должны быть особенно эффективным орудием получения радиоэлементов, и со свойственной ему энергией начал систематически облучать нейтронами почти все существующие элементы. Нет необходимости напоминать здесь о всех поразительных результатах экспериментов Ферми: получение более шестидесяти радиоактивных изотопов; открытие замедления нейтронов и большой вероятности их захвата в таких элементах, как кадмий и бор; открытие «групп» нейтронов и т. д. Все эти блестящие и совершенно неожиданные открытия были опубликованы в виде коротких сообщений в итальянском журнале «Ricerca scientifica», превратившемся благодаря Ферми из совершенно неизвестного издания в журнал международного значения. Только за год лаборатория спектроскопии выросла в первоклассную, хотя и маленькую, лабораторию ядерной физики.

Римская лаборатория была действительно маленькой. Общее число

научных сотрудников и механиков, работавших с Ферми, едва достигало десяти. Ежегодно с дипломом физика университет оканчивали один-два студента, несмотря на то что на физико-математическом факультете профессорами были Ферми, Разетти, Вольтера, Леви-Чивита... Малое число дипломантов объяснялось незавидными перспективами, открывавшимися тогда перед молодыми физиками в Италии.

Что касается средств, необходимых для исследовательских работ, то фашистское правительство, так щедро помогавшее крупным промышленникам, оказалось довольно скупым, когда речь шла о финансировании науки. Однажды, с целью экономии средств, Ферми решил, что стандартные электрические вилки следует изготавливать в лабораторной мастерской; он провел два дня с механиком, стараясь найти удобный способ их изготовления, но после этого ему пришлось оставить свое предложение как неэкономичное!

Кстати, затраты Ферми и сотрудников на нейтронные исследования были удивительно малыми. Кроме зарплаты и ничтожной официальной дотации института на оборудование и материалы для всех нейтронных работ, была получена субсидия (около 1000 долларов) от Национального совета по исследованиям.

Участие Ферми в качестве исполнителя в экспериментальных работах было всегда непосредственным; он не только руководил, но и любил работать своими собственными руками. В частности, Ферми был неплохим стеклодувом. Непосредственное и повседневное участие Ферми в работе, руководимой им, было возможно только потому, что он упорно отказывался занимать административные должности. Немногие знают, что он никогда не был во главе лабораторий, в которых работал.

Ферми в лаборатории всегда сохранял неизменное спокойствие. Говорили, что в 1942 г., когда первый ядерный реактор, построенный им, приближался к критическим условиям, Ферми прервал общее напряжение известной фразой: «Пойдем обедать». Почти за десять лет до этого случая, когда в Римском ин-

ституте физики случайно, хотя и не без фермиевской интуиции, было обнаружено, что водородсодержащие вещества вызывают увеличение уровня активации при облучении нейтронами, Ферми охладил пыл своих сотрудников той же фразой: «Пойдем обедать». К концу обеда Ферми уже объяснил открытие (эффект Ферми) как явление замедления нейтронов и заметил: «Как глупо, что мы не предсказали этого раньше». Примерно через год основы той области физики, которая сегодня носит название «нейтронной», были так ясно сформулированы Ферми, что некоторые его статьи, в частности работы «Поглощение и диффузия медленных нейтронов» и «О движении нейтронов в средах, содержащих водород», почти 35 лет спустя после опубликования являлись лучшим введением в этот раздел физики, однаково интересующий как физиков, так и инженеров.

В период с 1934 по 1936 г. Ферми целиком посвятил себя нейтронным исследованиям, благодаря чему, естественно, в жизни Института физики произошли заметные изменения. Ферми был вынужден прекратить свою неофициальную педагогическую деятельность с подающими надежды студентами. Крайняя занятость Ферми в экспериментальной работе привела к тому, что зарубежные физики почти перестали приезжать к нему учиться. Забегая вперед, отмечу, что в последние годы жизни Ферми вернулся к старому обычаю римского периода — к специальным занятиям с молодежью; сегодня его учениками считают себя Андерсон, Вольфенштейн, Гарвин, Гелл-Манн, Гольдбергер, Ли, Маршал, Орир, Розенфельд, Штейнбергер, Уаттенберг, Чемберлен, Чу, Янг и многие другие.

В опытах, выполненных в Риме в 1934—1935 гг., бомбардировка урана нейтронами вызвала образование ряда радиоактивных элементов, среди которых, по мнению Ферми, был и элемент с атомным номером 93. Как стало ясно впоследствии, эти элементы в действительности оказались продуктами деления, и, хотя при бомбардировке урана образуются трансуранные элементы, сооб-

щение Ферми об элементе 93 было неверно — единственная ошибка в течение его долгой и блестящей исследовательской деятельности. Это, надо отметить, не затормозило развития исследований, которые привели к открытию деления. Однако Ферми очень расстроило опубликование работы по элементу 93, точнее, шумное обнаружение (против его воли) результатов этой работы в газетах.

В Римском институте физики Ферми получил прозвище «Папы», с которыми обращались к нему все его сотрудники и друзья не только в Риме, но и во всем мире. Прозвище это означало, что Ферми (в области физики!) был непогрешим так же, как считается непогрешимым в вопросах религии глава католической церкви — папа римский. Ферми, конечно, остался «Папой» даже после случая с элементом 93.

Что же особенно выделяло Ферми среди других известных экспериментаторов? Его не отличало какое-либо особое искусство конструирования сложной аппаратуры и постановки «акробатических» экспериментов (впрочем, он быстро овладел и этим искусством, когда в том появилась необходимость). Конечно, Ферми был в высшей степени энергичным, работоспособным, терпеливым и упорным; но этими качествами обладали, вероятно, все великие естествоиспытатели. По-видимому, уникальная черта Ферми, ученого XX в., заключалась в объединении экспериментального подхода с теоретическим — черта, которая была свойственна великим физикам прошлых веков. Он сам часто говорил, что разделение физики на теоретическую и экспериментальную — вещь вредная. Именно благодаря этой своей черте он всегда умел ставить самые существенные вопросы и затем быстро отвечать на них с помощью самых простых, но адекватных для решения поставленной задачи экспериментов. «Аппаратурной эстетикой» он совершенно не увлекался. Единственное, что он требовал от своих экспериментальных установок, — чтобы они действовали так, как он наметил. В связи с этим мне вспоминается один эпизод. Однажды Разетти критиковал Ферми за то, что он изго-

товил некрасивую установку. «Но она работает», — заметил Ферми. Теперь уже рассерженный Разетти наступал: «Энрико, в экспериментальной работе ты способен на недостойные поступки. Посмотри на этот электрометр Эдельмана (Разетти имел в виду блестящий, хромированный, нарядный и прекрасный прибор, бывший в наших глазах символом технического совершенства); если бы ты считал, что для получения некоторых сведений его следует смазать «куриной кровью» (на нашем жаргоне мы так именовали широко использовавшуюся в лаборатории красноватую и неаппетитно выглядящую мастику), ты бы сделал это. А я неспособен на такой поступок, даже если бы был уверен, что это даст мне Нобелевскую премию. Признаться, Энрико, что ты бы так сделал». И Ферми, который высоко ценил экспериментальный талант Разетти, спокойно ответил: «Конечно, я выкупал бы все наши электрометры в «куриной крови», если бы это помогло узнать что-нибудь существенное».

Жизнь Ферми в Риме

Личная жизнь Ферми со времени, когда он обосновался в Риме, протекала спокойно и благополучно в течение нескольких лет, примерно до 1936 г. Он женился в 1928 г. на синьорине Лауре Капон (ставшей впоследствии автором переведенной на русский язык популярной книги «Атомы у нас дома»). Как мы увидим, это событие десять лет спустя стало главной причиной того, что Ферми вместе с семьей покинул родину. В 1929 г. Ферми был несколько неожиданно избран, по-видимому благодаря сенатору Корбино, членом Королевской академии Италии. Это была новая академия, созданная Муссолини для увеличения престижа фашистского режима. Члены академии получали довольно значительное вознаграждение. Избрание в академию заметно увеличило доходы Ферми, принесло звание «его превосходительства» и довольно смешной мундир. Полученная таким образом материальная обеспеченность позволила ему более устремленно сконцентрировать



Энрико Ферми. Лос-Аламос (США). 1946 г.

свои усилия на научной работе. Он категорически отказался не только от административных и руководящих должностей, которые, как правило, сопровождают избрание на такие посты; теперь для Ферми стало возможным постепенно оставить редакторскую работу в отделе физики Итальянской энциклопедии Треккани (эту должность он получил в 1928 г. благодаря сенатору Корбино в виде «компенсации» за то, что остался в Риме, отказавшись от почетного и выгодного предложения занять бывшую кафедру Шредингера в Цюрихе).

Ферми вел размеренную жизнь и почти никогда не изменял своим привычкам. Теоретической работой он занимался с половины шестого утра до половины восьмого. В институт, который находился в живописной местности, вблизи от центра, но все-таки достаточно далеко от всякого шума, он приезжал не позже девяти утра. Официальные университетские лекции он читал с утра. На обед и отдых (или теннис три раза в неделю) отводилось время с 13 до 15 часов. В воскресенье утром он просматривал периодическую литературу в институте, разговаривал с Корбино и со своими сотруднича-

ми, обычно на научные темы. В воскресенье после обеда — прогулки с женой, сотрудниками и их женами. Во время рождественских каникул он ходил на лыжах. Лето проводил либо в Альпах на отдыхе, либо читая лекции за границей. Во время летнего пребывания за границей он обычно писал книгу или обзор, отражавшие содержание прочитанных лекций. Так родились его знаменитая статья «Квантовая теория излучения» (лекции, прочитанные в 1930 г. в Мичиганском университете) и книга «Термодинамика» (лекции, прочитанные в Колумбийском университете в 1936 г.).

Так, очень эффективно, хотя спокойно и без спешки, проходило у Ферми время приблизительно до 1936 г. Как правильно заметил Сегре, «нейтронные исследования были проведены так быстро только потому, что они выполнялись маленькой группой, работающей в полной гармонии и без административных препятствий»¹.

Общаясь с весьма узким кругом университетской интеллигенции, которому мир героического антифашистского итальянского рабочего класса был совершенно неизвестен, Ферми не проявлял никакого интереса к политике. До 1936 г. фашистская диктатура не очень мешала исследовательской работе института. К тому же положение в Италии казалось много лучше, чем в Германии, что и подчеркивалось некоторыми физиками группы Ферми, работавшими временно в Германии и возвратившимися в Италию. Несмотря на свою аполитичность, Ферми во время пребывания в Риме в период фашистской диктатуры сохранил свою непоколебимую научную честность, находясь даже в совершенно развращенной фашистской Королевской академии Италии. В частности, он всегда боролся за признание научных достижений, а не заслуг перед фашистским государством, как критерия при выборе ученых на университетские кафедры и другие должности.

Положение лаборатории начало ухудшаться с того момента, когда Муссолини подготовил и начал аг-

¹ Э. Сегре. Указ. раб.

рессию против Абиссинии, и продолжало ухудшаться после того, как фашистская Италия и нацистская Германия стали союзниками в позорной войне против испанского народа, и, наконец, после аннексии Австрии Германией. Фашистский режим, который вначале был орудием крупного итальянского монополистического капитала, стал марионеткой более серьезного хозяина — агрессивного немецкого империализма.

Были и другие трудности, которые препятствовали нормальной работе Ферми в Физическом институте и привели его к решению покинуть родину: потеря некоторых сотрудников, уже не работавших в Риме, кончина профессора Корбино и назначение на пост директора института человека, не питавшего никакой симпатии к исследованиям Ферми, и, наконец, антисемитские фашистские законы, которые непосредственно его не касались, но могли угрожать его семье (жена Ферми была итальянкой еврейского происхождения, сам он был католиком).

Благоприятный случай представился в 1938 г.: Ферми был награжден Нобелевской премией за исследовательские работы по свойствам нейтронов и вместе с семьей из Стокгольма, где он получал премию, уехал в Нью-Йорк. Он покинул родину без шума; практически никому не было известно, что его поездка за границу — безвозвратна. Некоторое время спустя (также без шума) он обратился к итальянским авторитетным лицам с просьбой передать его академическое жалование в помощь молодым ученым. (В Италию он приезжал на Международный конгресс физиков десять лет спустя, уже после войны; его приняли триумфально.)

Впоследствии Ферми собственным примером внес значительный вклад, чтобы рассеять весьма распространенное тогда в капиталистических странах мнение, будто «итальянец» и «фашист» — синонимы. И не случайно сегодня в Италии именно неофашистская печать не считает для себя позором оскорблять память человека, которым весь итальянский народ вправе гордиться как одним из своих лучших сынов.

Атомная энергия

В Нью-Йорке, в физическом отделе Колумбийского университета, который наряду с другими высшими учебными заведениями США предложил Ферми постоянную должность, он работал и ранее, до награждения Нобелевской премией; там у него были хорошие друзья. Поэтому он принял предложение занять должность профессора физики Колумбийского университета и с семьей поселился в Нью-Йорке.

Там в 1939 г. он создал количественную теорию ионизационных потерь энергии заряженными частицами, учитывающую поляризацию вещества, через которое эти частицы проходят. Из этой теории, которая впоследствии подтвердилась опытом и теперь стала классической, следует, что тормозная способность вещества зависит от степени их конденсации (фермиевский эффект плотности).

Возобновление экспериментальной деятельности Ферми в США определилось тем, что сразу после открытия Ганом и Штрассманом деления урана нейтронами он понял, какие революционные возможности могли вытекать из этого явления. В Пьюпиновской лаборатории некоторые физики как раз заинтересовались проблемой урана. Один из них, Г. Андерсон, по характеру, складу ума и научным склонностям очень напоминал Амальди, идеального помощника Ферми в его экспериментальной работе. К тому же лаборатория имела хороший циклотрон. Итак, Ферми с Андерсоном образовали ядро небольшого коллектива, из которого затем выросло огромное научно-техническое учреждение — так называемая Металлургическая лаборатория в Чикаго. Ферми со своей склонностью все делать самому и с большим опытом работы с микроскопическим коллективом, конечно, не предвидел такого превращения.

Независимо от группы экспериментаторов, работавших под руководством Жюлио-Кюри, Ферми скоро экспериментально доказал, что при делении урана испускается несколько нейтронов — а это говорило о воз-

можности цепной реакции. С этого времени (1939 г.) вся деятельность Ферми в течение нескольких лет была посвящена проблеме овладения атомной энергией; добился он успеха в декабре 1942 г. в Чикаго. Ферми назвал первый ядерный реактор «*pila*», что по-итальянски означает нечто, сложенное из многих одинаковых слоев, подобно тому как вольтов столб — первый источник постоянного тока — по-итальянски называется «*pila*» Вольты. Ясно, что «*pila*» Ферми имеет не меньшее историческое значение, чем «*pila*» Вольты.

После создания первого реактора Ферми продолжал свои исследования в области мирного и военного применения атомной энергии в Чикаго, а с 1944 г. — в Лос-Аламосе, при этом, заметим, он не был ни директором Чикагской металлургической лаборатории (возглавлявшейся С. Аллисоном), ни Лос-Аламосской научной лаборатории (руководимой знаменитым физиком Р. Опленгеймером). Вот рассказ Сегре о деятельности Ферми в Лос-Аламосе:

«У Ферми не было никакой специфической научной обязанности, ни административной ответственности; правда, он состоял членом руководящего совета лаборатории, с которым директор консультировался по всем важным вопросам, но по существу в лаборатории он был кем-то вроде «оракула», работа которого заключалась в решении проблем, находящихся выше обычных способностей коллектива (и какого коллектива!). Дж. фон Нейман, который был там консультантом, был также «оракулом». В Лос-Аламосе Ферми прямо интересовался только «кипящим котлом», гомогенным реактором; но вообще, повторяю, он участвовал в работах по всем новым или необычным проблемам. Помню, я присутствовал в его кабинете на обсуждениях гидродинамических проблем вместе с фон Нейманом. Обсуждения приняли странную форму соревнования перед черной доской: кто первый решит проблему. Фон Нейман, пользуясь своим непостижимо быст-



Энрико Ферми (справа) и Бруно Понтекорво на экскурсии в Альпах во время участия в Физическом конгрессе в Комо. 1949 г.

рым аналитическим искусством, обычно выигрывал. Иногда такие обсуждения прерывались неожиданными событиями. Например, во время одной из этих гидродинамических дискуссий я был свидетелем прихода одного эксперта по электронике, который находился перед новой и очень трудной проблемой создания нужной электронной схемы. В течение 20 минут Ферми придумал схему, которая могла решить проблему; однако никто не знал, существует ли лампа с необходимыми особыми характеристиками. Проверка по справочнику обнаружила, что требуемая лампа имеется; соответствующий прибор был скоро создан и удовлетворительно «работал»¹.

Ферми работал над созданием атомной бомбы и принимал участие в испытании ее первого образца. Ряд дальновидных ученых США во главе с Лео Сцилардом и лауреатом Нобелевской премии Дж. Франком обратились к правительству США с настоятельной просьбой не

использовать это ужасное оружие в военных операциях, но, к сожалению, четверо видных ученых, входивших в состав правительственного совета по ядерным делам, — Комптон, Лоуренс, Оппенгеймер и Ферми рекомендовали использование атомной бомбы в войне против Японии. Это — факт, но, конечно, не им была предопределена трагическая судьба Хиросимы: все было предрешиено военными кругами США.

Теперь хорошо известно, что при использовании атомной бомбы в конце мировой войны правительство США никак не руководствовалось требованиями военной ситуации: ужас Хиросимы нужен был ему как первый акт атомной дипломатии.

Конец войны застал Ферми в Лос-Аламосе.

Здесь невозможно дать хотя бы стدلненное представление о той колоссальной работе, которую выполнил Ферми в области атомной энергии. Большинство работ этого периода (1939—1945 гг.) были засекречены и впервые появились в печати в недавно вышедшем за рубежом издании сочинений Ферми. В СССР

собрание сочинений Э. Ферми уже подготовлено к печати и будет издано в серии «Классики науки» в 1971 г. Вошедшие в него труды Ферми этого периода достаточно подробно характеризуют огромную исследовательскую работу, представляющую большой интерес для истории науки и технологии, да и для истории вообще.

Представленная здесь биография и была подготовлена главным образом для этого издания.

Работы по замедлению и диффузии нейтронов в графите, выполненные Ферми совместно с Андерсоном, являются примером экспериментального и теоретического мастерства. Многие научные термины, принятые в этой области, носят имя Ферми: нейтронный возраст по Ферми, фермиевская тепловая колонка и т. д. Здесь же следует напомнить о методе Ферми определения критических размеров реагирующей среды в опытах, выполненных при относительно малом количестве урансодержащего вещества (экспоненциальный опыт Ферми). Опыт, описание которого можно найти во всех книгах, посвященных ядерным реакторам, так прост, что сегодня трудно представить себе иной подход к рассматриваемому вопросу. Кстати, многие из результатов, полученных Ферми по исследованию реакторов, и вообще по развитию «нейтроники», отражены в великолепных «Лекциях по нейтронной физике», прочитанных для молодых ученых Лос-Аламосской лаборатории. Как видно, от преподавательской деятельности Ферми не отказался даже в период крайне напряженной экспериментальной работы.

Последний период научной деятельности

После войны Ферми занял должность профессора физики Чикагского университета (1946 г.) и стал одновременно сотрудником только что созданного Института ядерных проблем (теперь носящего его имя). Он отказался от поста директора института, и директором стал его старый друг С. Аллисон. Теперь институт возглавляет его ученик Г. Андерсон.

¹ Э. Сегре, Указ. раб.

Используя построенный им реактор на тяжелой воде в качестве источника нейтронов, Ферми открыл новую главу в области ядерной физики — нейтронную оптику.

Создатель ядерной науки, Резерфорд, сказал, что ученики не позволяют ему стареть. Это утверждение верно для большинства ученых, достойных звания наставника. Что же касается Ферми, то до конца своей жизни он был моложе духом любого своего ученика или сотрудника. И до конца своих дней Ферми оставался студентом, всегда полным страстного желания получить новые знания.

В возрасте около пятидесяти лет Ферми, имевший в своем распоряжении ряд реакторов для фундаментальных исследований в крайне интересной, им же созданной области, решает полностью изменить направление своей деятельности и посвящает себя исследованиям частиц высоких энергий. В частности, его привлекает одна из центральных проблем современной физики — проблема мезон-нуклонного взаимодействия. Его исследования (1953 г.) по рассеянию положительных и отрицательных π -мезонов протонами открыли еще одну новую главу экспериментальной и теоретической физики.

В работах по рассеянию π -мезонов на водороде особенно ярко выступает личность Ферми как выдающегося теоретика и экспериментатора. В этих работах он участвовал не только как руководитель, но и как непосредственный исполнитель: например, он разработал конструкцию внутренней мишени синхротронного ускорителя, управляемой дистанционно.

В работах по π -мезонам, как и в других работах, неизгладимый след идей и личности Ферми оставался не только в содержании его исследований, но также и в особых методических подходах, в новых научных выражениях и даже в крайне удачных обозначениях. Между прочим, Ферми был того мнения, что вопрос о простоте обозначений имеет первостепенное значение в теоретической физике.

Невозможно получить представление обо всем объеме его теорети-

ческой деятельности по опубликованным статьям: для публикации он отобрал лишь незначительную часть своих работ. Вот почему нет ни одной невыдающейся теоретической работы зрелого Ферми. Результаты неопубликованных работ, однако, Ферми записал в краткой форме и сохранил в многочисленных тетрадках, составлявших, как он сам сказал, его «искусственную память».

Из теоретических статей Ферми в области высоких энергий особое место занимают две, касающиеся так называемого фермиевского механизма ускорения первичных космических лучей и теории множественного образования мезонов. Обе основаны на идеях, столь же простых, как и поразительных.

Объяснение (1949 г.) механизма ускорения первичных частиц в космических лучах основано на принципе равномерного распределения энергии. Рассмотрим соударения микрочастиц с движущимися макроскопическими телами. Хотя в отдельном столкновении частицы могут потерять или увеличить свою энергию, в конечном счете имеется тенденция к статистическому равновесию, а это означает, что частицы при соударениях с макроскопическими телами в среднем ускоряются. Согласно теории Ферми, заряженные частицы отклоняются магнитными полями, связанными с межзвездным проводящим газом, и в конце концов стремятся приобрести энергию, равную энергии движущегося газа в целом. Эта работа имеет большое значение не только для физики космических лучей; в ней содержатся основополагающие идеи и подходы к таким областям, как физика плазмы, космофизика и астрофизика.

Это не единственная работа Ферми, имеющая астрофизическое значение; давным-давно он тянулся к астрофизике, но только в последние годы жизни ему удалось достичь вершины и в этой области науки.

В теории множественного образования частиц (1950 г.) процесс соударения при очень высоких энергиях рассматривается при помощи статистических и даже термодинамических методов. До сих пор фермиевские идеи остаются основополагаю-

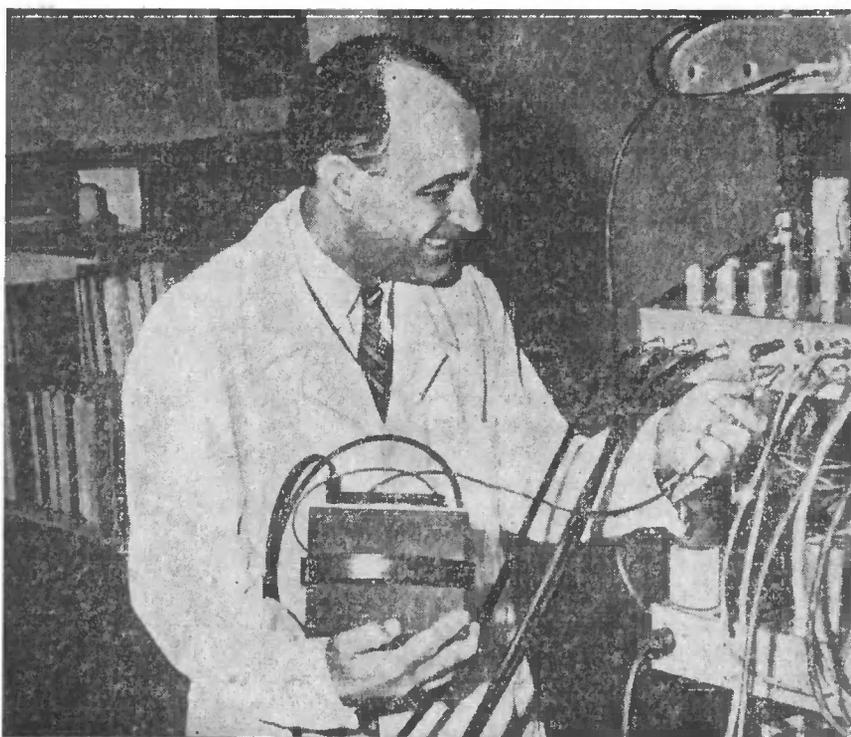
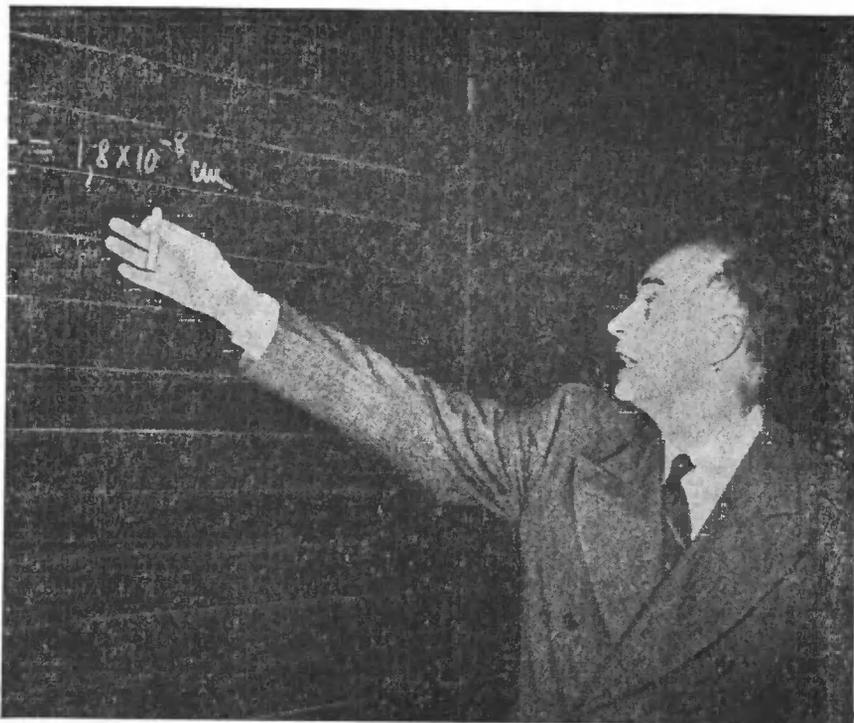
щими в области физики сверхвысоких энергий.

Такое поразительное долголетие идей Ферми объясняется тем, что он обладал исключительной физической интуицией. Ферми всегда находил наиболее простые подходы к решению самых сложных практических задач. Что же касается исследований фундаментального характера, то избранные Ферми большие проблемы становились всегда простыми, хотя эта простота, конечно, проявлялась только после того, как он их блестяще разрешал.

Можно привести много примеров замечательной интуиции Ферми. Не проявлением ли интуиции был вопрос, который на одном из семинаров он задал Марии Гепперт-Майер? Она поблагодарила его за этот вопрос в своей знаменитой работе о модели ядерных оболочек, за которую много лет спустя была удостоена Нобелевской премии, следующими словами: «Я признательна Энрико Ферми за его замечание в виде вопроса, имеется ли хоть какое-либо указание, свидетельствующее в пользу спин-орбитальной связи, которое и породило настоящую работу».

Еще одно далеко идущее замечание сделал Ферми, когда Гелл-Манн в начале 50-х годов предложил ввести «странность» элементарных частиц. По схеме Гелл-Манна было необходимо, чтобы K^0 -мезон отличался от \bar{K}^0 -мезона, причем распады обеих этих частиц считались в то время тождественными. И вот Ферми спросил Гелл-Манна: «Как вы можете представить себе K^0 и \bar{K}^0 различными, если они распадаются неразличным образом?» Как теперь ясно, в этих словах скрыта глубокая догадка о дуальных свойствах нейтральных каонов и вообще о том круге физических проблем, относящихся к свойствам нейтральных каонов, который вскоре вырос в самую волнующую главу физики элементарных частиц.

Я хотел также рассказать об одной привычке Ферми, которая была известна только тем, кто хорошо его знал. Хотя Ферми никогда не боялся трудностей (в частности, ма-



Энрико Ферми на лекции (вверху) и в лаборатории (внизу).

тематических) в своей работе, все-таки он не любил их подчеркивать при изложении результатов. Таким образом, в лекциях или беседах Ферми всегда можно было видеть отчетливое стремление обойти трудности. Такая черта его характера иногда приводила к довольно любопытным эпизодам. Происходило это чаще всего тогда, когда Ферми, убедившись в правильности некоторого нового результата (конечно, доказанного им со всей научной строгостью), намеренно излагал его с помощью только простых и интуитивных аргументов. И если кто-нибудь пробовал оспаривать результат как нестрогий или искал более строгое решение, это доставляло ему большое удовольствие; он или вовсе молчал, улыбаясь, или лукаво произносил: «Несчастенькие!» Читателю может показаться, что это похоже на «демагогию». Конечно, дело не в демагогии: всем этим Ферми призывал к поискам самого дорогого для него — простого пути к истине.

Мне хотелось бы здесь отметить также полное отсутствие у Ферми научного догматизма. Это редчайшее явление для таких одаренных физиков, каким был Ферми, с такой огромной эрудицией и удивительной способностью использовать «незыблемые» законы и основы науки. Кстати, мне кажется, что как раз одна из самых характерных черт Ферми — это его требование «золотой середины» или, если хотите, необходимости борьбы на два фронта в науке: крайне важны основные принципы, но вредна предвзятость; да здравствует новое, но пусть новое узаконивается только тогда, когда старое оказалось негодным; физика движется вперед благодаря открытиям, но не только благодаря открытиям; очень хорошо, если физик удастся открыть новое явление или предсказать неожиданную закономерность, но физика не делается охотой за открытиями; оригинальность и научная фантазия хороши только в сочетании с глубоким знанием.

Ферми приехал в Италию в 1949 г. на Физический конгресс (первую значительную международную конференцию после войны), состояв-

шийся в Комо, городе Алессандро Вольты. В Комо можно было убедиться, с какой теплотой относились к нему не только зарубежные и итальянские физики, но и местные жители. В Италии он провел всю осень 1949 г. и прочел тогда те самые лекции, которые впоследствии были изданы в виде книги «Лекции по атомной физике». Уже один взгляд на оглавление этой популярной книги дает представление о широте интересов Ферми в то время: от физики элементарных частиц до нейтронной оптики, от дираковского монополя до космологии, от квантовой электродинамики до ядерной археологии.

И другие лекции, связанные с его преподавательской деятельностью в Чикагском университете или с участием в летних школах, как правило, завершались изданием книги. К изданию юнги «Лекции по пионам и мюклонам» привела и его последняя, состоявшаяся за несколько месяцев до смерти, поездка в Италию, где он читал свои великолепные лекции на эту тему в летней школе в Варенне, на озере Комо (теперь ежегодная школа по физике имени Энрико Ферми).

По возвращении в Чикаго стало ясно, что он неизлечимо болен. В воспоминаниях Янга содержится волнующий рассказ о прощании Янга и Гелл-Манна со своим учителем в больнице, где Ферми лежал, вполне сознавая безнадежность своего положения. Он был слишком рационалистичен, чтобы тешить себя иллюзиями, но работал до конца своей жизни с олимпийским спокойствием. Он скончался 29.XI.1954 г.

Сегре рассказывает¹, что в последние годы он заметил у Ферми ярко выраженное желание избежать даже малейшей потери времени, как будто он предпочитал, что времени у него осталось слишком мало. Ферми действовал так, как будто судьба определила ему задание, поставила цель, которой он должен был обязательно достичь. Когда в 1946 г. Ферми оценивал, что им уже было сделано и что остается сделать, он сказал Сегре: «Одна треть». И этим он хотел сказать,

что дал науке «только» $\frac{1}{3}$ того, что, глядя в будущее, собирался создать за время своей жизни.

Трудно представить, сколько успел бы Ферми сделать в науке, если бы он прожил еще 15—20 лет. Судя по тому, как фактически развивалась после смерти Ферми физика элементарных частиц и астрофизика, на которых были главным образом сфокусированы его интересы в последний период жизни, позволительно считать, что он мог бы внести еще огромный вклад в науку. Я хотел бы проиллюстрировать эту точку зрения на примере.

После работы учеников Ферми, теперь лауреатов Нобелевской премии Ли и Янга, о несохранении четности в слабых взаимодействиях (1956 г.) Ландау, Саламом и другими была сразу предложена теория так называемого продольного нейтрино. Вполне допустимо, что Ферми не осознал бы первым уникальные новые свойства нейтрино, но после опубликования теории продольного нейтрино он, наверняка, создал бы универсальную теорию слабых взаимодействий, которая была предложена в 1957 г. лауреатами Нобелевской премии Фейнманом и одним из учеников Ферми Гелл-Манном. Ведь фермиевская теория бета-распада (1933 г.) содержала все предпосылки универсальной теории; к тому же никто лучше Ферми не мог разгадать ошибочность некоторых экспериментальных результатов, которые как раз препятствовали созданию этой теории, сегодня по праву называемой теорией универсального взаимодействия Ферми. Но Ферми не дожил до того времени, когда его теория фактически стала последним словом в науке о слабых взаимодействиях.

Ряд других работ Ферми приобрели особенную важность спустя несколько лет после его кончины. Среди них хотелось бы упомянуть первую работу о составных моделях элементарных частиц, которая дала начало новому направлению, вылившемуся пятнадцать лет спустя в современную теорию как называемых кварков.

Досадно также, что Ферми, обнаруживший в 1953 г. первый случай

так называемых адронных резонансов, не смог увидеть продолжающегося до сих пор триумфального развития этого направления и появления в таблицах элементарных частиц сотен резонансов.

Еще одним примером проявления научной проницательности Ферми служит его работа по теории, которая сегодня известна под названием теории «горячей Вселенной». Если судить по живому интересу, с которым Ферми следил за этой теорией, можно утверждать, что он быстро и творчески реагировал бы на астрофизическую сенсацию 1965 г.: сообщение о наблюдении Пенсасом и Вильсоном изотропного космического электромагнитного излучения со спектром, соответствующим излучению черного тела при температуре около 3 °K (реликтового излучения).

Для большинства образованных людей имя Ферми связано с созданием первого уранового реактора, что послужило решающим шагом в новый, атомный век.

Для профессиональных физиков имя Ферми связано с блестящими успехами современной физики, всей физики почти полувекового периода. И, действительно, спустя 15 лет после кончины Ферми не найдешь ни одного выпуска физического журнала, будь то ЖЭТФ, «Ядерная физика», «Physical Review» или какой-либо другой журнал, в котором бы несколько раз не упоминалось его имя. Награждение Нобелевской премией считается признаком достижения вершин в науке. Невольно спрашиваешь, если бы исследования Ферми публиковались различными авторами, скольких Нобелевских премий они могли быть удостоены? Мне кажется, не менее шести, а именно: за статистику, теорию бета-распада, исследования по свойствам нейтронов, совокупность теоретических работ по структуре атомов и молекул, создание первого атомного реактора, работы по физике высоких энергий.

Те, кому посчастливилось учиться у Ферми и работать под его руководством, будут всегда помнить о нем, как о непогрешимом «Папе» физиков, уникаме XX века.

УДК 92 Ферми

¹ Э. Сегре. Указ. раб.

Кулан — обиженный родич лошади

Профессор А. Г. Банников

...За легким кулавом
Мы вдаль полетим.

Фердоуси



Андрей Григорьевич Банников, доктор биологических наук, заведующий кафедрой зоологии Московской ветеринарной академии и отделом заповедников Центральной лаборатории охраны природы, автор большого числа научных и научно-популярных статей, ряда монографий, учебников и учебных пособий.

Ни одно животное, ставшее спутником человека, не было удостоено такого внимания, как лошадь. Поэмы, скульптуры, картины, песни — все посвящалось лошади. И не только потому, что для человека, приручившего лошадь 5 или 6 тыс. лет назад, расстояние стало короче, земля податливее для обработки, а ноша куда легче. Лошадь — эта вершина эволюции копытных — пленила человека и гармонией своих форм, и совершенством поведения.

Создавая все более прекрасные породы уже одомашненной лошади, человек забыл о том, какую исходную форму дала ему в руки природа. Более того, он безжалостно истреблял диких предков лошади. Они мешали домашним лошадям на пастбищах, они портили их благородную кровь. Так было 2000 лет назад в степях Передней Азии и Западной Европы, так было еще 200 лет назад в степях Центральной Азии и Восточной Европы.

С чего же начинал человек, создавая лошадь, и что потерял в своем творческом увлечении? К сожалению, мы почти ничего не знаем о настоящей дикой лошади — слишком поздно о ней вспомнили. Последние табуны одного из предков домашней лошади затерялись где-то в Джунгарской Гоби... Надежд на их сохранение очень мало.

К счастью, лошадь не одинока, до наших дней дожили ее родственники, и один из них — кулан, или онагр (*Equus hemionus*).

Конечно, кулан это не настоящая лошадь, но английское название, означающее буквально «азиатский дикий ишак» — мало удачно и обидно

для гордого и грациозного животного. Кулан легок, строен, высоконог. Правда, голова у него относительно тяжела и уши несколько длинноваты, что может показаться уродливым иному любителю породистых лошадей. Некрасив у кулана и короткий хвост с черно-бурой кистью на конце. Такие хвосты бывают у ослов и зебр. Но посмотрите на куланов, когда они с необычайной легкостью мчатся по пустыне, оставляя далеко позади любого породистого скакуна, и вы согласитесь, что они ничем не уступают по красоте и грации своим домашним родичам.

Когда-то кулан был одним из самых многочисленных диких копытных степей и пустынь Азии. В раннеисторическое время он населял Восточную Европу, Южную Сибирь, Переднюю, Среднюю и Центральную Азию, Тибет и Западную Индию. Однако этот огромный ареал давно уже «съежился». Сегодня сохранились лишь небольшие осколки его в пустынях Северного Ирана, Афганистана, Западной Индии, Монголии, Северо-Западного Китая и Тибета. В СССР, с целью сохранения этого вида, создан специальный Бадхызский заповедник в Южной Туркмении, где обитает около 700 куланов. Из Бадхыза несколько куланов завезли на остров Барсакельмес в Аральском море, и там сейчас живет около 60 животных.

Кулан всегда был желанной добычей охотника, но погубило кулана не столько прямое преследование, сколько то, что человек оттеснил его от воды. Из большинства мест кулан был вытеснен без единого

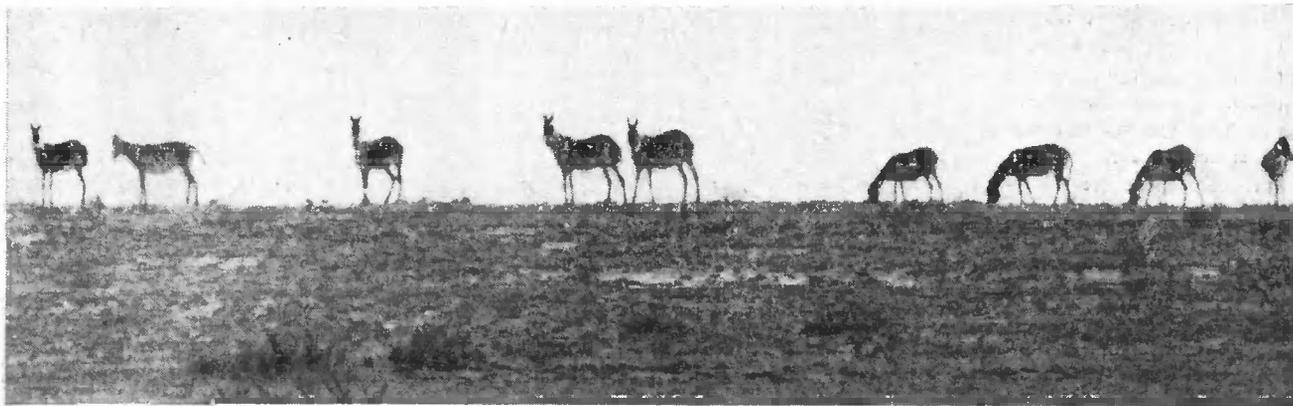


Рис. 1. Незадолго до захода солнца куланы неспеша, цепочкой направляются к воде...

Фото автора

выстрела. В пустынях открытые источники воды редки, и человек со своим домашним скотом, разумеется, поселяется у рек и родников, так что дикие звери вынуждены отходить в безводные места, где обречены на гибель.

Необычайно выносливые куланы способны проходить огромные расстояния, но они почти не используют эту возможность. Только летом они собираются близ рек и родников (избегая, разумеется, встреч с человеком), приходя к ним за десятки, а иногда и сотни километров. Зимой же животные собираются там, где есть овраги, ущелья, в которых легче найти укрытие от непогоды.

В прошлом северным популяциям кулана был свойственны регулярные миграции на многие сотни километров. Так, из степей Южной Сибири и Северного Казахстана, где куланы еще в XVIII и XIX столетиях проводили лето, они в августе откочевывали в пустыни. Отдельные табуны сбивались в огромные стада до тысячи голов, которые медленно двигались на юг. Из северных степей их гнал снег, и в суровые, многоснежные зимы эти кочевки принимали особенно грандиозный характер. С началом таяния снегов куланы пускались в обратное путешествие и в апреле снова появлялись на летних пастбищах.

Иная картина наблюдалась в северо-западной части ареала. Так, в Монголии, где осенью в полу-

степях скудеют пастбища и нередко выпадают снега, куланы уходили не на юг, а на север — в степные районы Восточной Монголии и Забайкалья. Здесь, в разнотравных степях, всегда меньше снега, а пастбища много богаче. Как отголоски прошлых миграций и сейчас еще поздней осенью или зимой случаются заходы куланов в степи Восточной Монголии, а иногда и в Забайкалье.

О кулане часто писали как о степном животном, которое, будучи вытеснено человеком, нашло себе убежище в пустыне. Я думаю, что это заблуждение. И основано оно на том, что кулан, проникая во время летних (на востоке — зимних) кочевок в степи, главным образом здесь и попадался на глаза путешественникам и натуралистам прошлого.

Как и лошади, куланы кормятся многими травянистыми растениями, которых сейчас известно более ста. Наибольшее значение в их питании имеют злаки, полыни и солянки. В зависимости от места, сезона и условий года значение различных растений в питании кулана меняется. Весной, там где есть эфемеры, куланы выбирают эфемеровые злаки, такие как мятлик и костер. Летом, когда многие растения засыхают, куланы стараются отыскать злаки посочней. Осенью, когда пастбища вновь зазеленеют после дождей, куланы либо кормятся, как и весной, злаками, либо тщательно оты-

скивают лучше сохранившие влагу солянки и полынь. Зимой, там, где снега нет или он невысокий и рыхлый, животные без труда находят все те же корма. Но если снег покрывает пастбища слоем 15—20 см, куланы раскапывают его ударами копыт — тебеньют. Высокие снега, длительное время покрывающие землю, куланы переносят тяжело, при многоснежье они стремятся уйти в овраги, впадины и ущелья, где нередко кормятся ветвями кустарников. Особенно губителен для куланов гололед. Ноги животных в такое время бывают стерты до крови.

Важную роль в жизни кулана играют водопои. В засушливый и жаркий период года, когда влажность кормов низкая, животным необходимо регулярно пить. Поэтому водопои определяют летнее размещение этих копытных по территории, их суточный ритм и поведение. Весной, когда корма сочные и животные получают с кормом 10—15 л воды, они могут обходиться без водопоя (но все же охотно пьют, если водопои поблизости есть). Как только растения высохнут и их влажность упадет ниже 50—55%, куланы откочевывают на пастбища, лежащие не далее 10—15 км от водопоя.

Куланы направляются к воде незадолго до захода солнца. Идут они неспеша, пощипывая по дороге траву и подходят к воде уже в темноте.

Выбрав какой-либо источник, табу-

куланов постоянно посещает его, так что образуется хорошо набитая тропа, которая пролегает чаще по открытым низинам. Густых кустарников или тростниковых зарослей куланы избегают.

Первой к воде подходит старая самка, которая идет впереди табуна, выстроившегося гуськом на подходе к водопою. Замыкает шествие, как правило, опытный самец. Одиночки и небольшие группы куланов к водопою подходят бесшумно. Большой же табун обнаруживает себя за много сотен метров топотом копыт, иногда и криком жеребца, подгоняющего отставших животных. С крутого спуска такой табун скатывается неудержимо, как обвал, с грохотом и громким фырканьем.

В любое время суток кулана можно видеть либо кормящимся, либо отдыхающим: строго определенных часов пастыбы или отдыха у них нет, но все же ночью куланы пасутся меньше, чем днем. В течение суток животные наибольшее время тратят на пастыбу — примерно 13—15 час.; на переходы они затрачивают от 2 до 5 час. и на отдых — 5—8 час. Отдыхая стоя, куланы никогда не становятся в круг, головами друг к другу, как это делают в жару домашние лошади; лежа они отдыхают очень непродолжительное время — не больше 2 час.; при этом зимой животные вообще ложатся редко и не больше чем на 20—30 мин.

Взрослые самцы в табуне более подвижны, чем самки, и меньше отдыхают. Маленькие куланята в первые дни после рождения почти все время лежат и встают только для того, чтобы сосать молоко. Сосут они через каждые 3—10 мин., выпивая от 100 до 300 г. В десятидневном возрасте куланенок сосет уже через каждые 20—30 мин., выпивая за сутки 5—7 л молока. Для того чтобы прокормить малыша, самка отходит в сторону от табуна. Куланята сосут до 8—10-месячного возраста, а в случае «прохолостания» самки — до 14—16 месяцев.

Первые попытки есть траву куланенок делает на 3—5 день своей жизни. Прежде чем откусить травинку, он долго ее жует. По-настоящему пастись куланята начинают в ме-



Рис. 2. Во время пастыбы самка старается держаться позади куланенка, чтобы держать его в поле зрения.

Фото автора

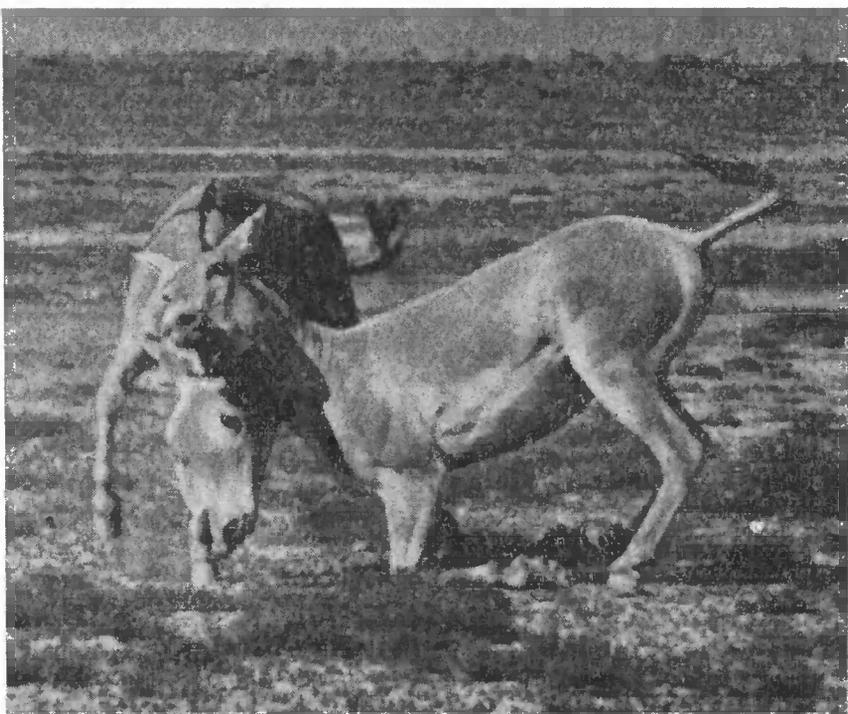


Рис. 3. Во время драки самцы стараются положить свою шею на шею противника и прижать его к земле.

Фото В. А. Рашек

сячном возрасте. В это время они очень высоконогие и для того, чтобы достать траву, принимают забавную позу, широко расставив передние ноги, словно жирафы.

Во время сильных ветров или зимних метелей куланы перестают пастись и уходят куда-нибудь в затишь, становясь с подветренной стороны оврагов или кустарников, обычно задом к ветру. Молодняк всегда прячется за взрослых. Интересно, что перемену погоды куланы предчувствуют за 10—12 час. и почти за сутки до снежного бурана уходят в укрытия.

Большую часть года куланы держатся табунами, каждый из которых состоит из взрослого самца, самок и молодых однолеток и двухлеток. В среднем такой семейный табун состоит из 5—11 животных, иногда больше. В начале лета часть самок с новорожденными может на короткий период отбиться от табуна. В период гона нередко встречаются одиночные самцы, главным образом те, которые впервые принимают участие в размножении.

Осенью и зимой табуны объединяются в стада, размеры которых зависят от общей численности кулана в районе и от емкости пастбищ. Нередко такие стада разрастаются до 100 и более голов, а в прошлом путешественники встречали в Казахстане и Центральной Азии тысячные косяки.

Возглавляет семейный табун самец-вожак, но водит табун обычно старая самка. Самец пасется в стороне от табуна, но все время наблюдает за ним. Если ему нужно направить куда-нибудь табун, то, прижав уши, вытянув шею, он взмахом головы подгоняет самок. На непослушных самок бросается с ослепленной пастью.

В. А. Рашек, много лет наблюдавшая за куланами на о. Барсакельмес, утверждает, что вожак хорошо знает самок своего табуна. Различая всех куланов острова «в лицо», она наблюдала, как однажды смешалось два табуна, в одном из которых самца в тот момент не было. Самец-вожак немедленно отобрал своих самок, а других не только не пытался присоединить к своему та-

буну, а, напротив, стал отгонять; при этом в первую очередь отогнал свою собственную мать. Вместе с тем иногда, особенно в период гона, самцы присоединяют несколько самок из другого табуна, но обычно не более двух-трех. Из-за этих самок между самцами и вспыхивают драки.

В табунах, кроме вожака, всегда есть старшая самка (не обязательно по возрасту), которая и водит табун. Есть еще одна-две самки, по рангу ниже старшей, которые командуют всеми другими, и те их слушаются и боятся. Между некоторыми животными в табунах существует особая привязанность друг к другу; такие животные почти всегда ходят рядом, часто чешут один другого, что считается признаком расположения.

Молодые куланы очень игривы. Они часто кладут друг другу голову на шею, трутся друг о друга или, встав на дыбы, вертят головами, пытаясь слегка ухватить партнера зубами. Время от времени они делают небольшие пробежки — от матери и обратно или вокруг нее. Самка, опасаясь за своего малыша, постоянно следит за ним.

Годовики и взрослые куланы при играх также бегают друг за другом, хватают зубами за ноги, шею, холку, стараясь повалить один другого, при этом слегка лягаются, взвизгивают, делают почти вертикальные «свечи».

При недовольстве кулан закладывает уши, часто машет хвостом, иногда слегка ударяет ногой или кусает досадившего ему соседа. При нападении более сильного старается убежать, а в случае, если тот настигает, бьет задними ногами. Иногда при нападении одного кулана на другого какой-нибудь третий, а то и два сразу, защищают преследуемого. Они бегут наперерез нападающему, загораживая собой беглеца и не давая его кусать, машут головой в сторону преследователя, бьют его задними ногами. Часто это делают молодые самцы, когда старый самец гоняет самку.

Из табуна всегда изгоняются больные животные, которые держатся отдельно, пока не поправятся.

Мнение о том, что в табунах куланов, как и у других стадных животных, один из членов несет сторожевую службу, лишено оснований. Все куланы пасутся или отдыхают одновременно, но каждый из них время от времени поднимает голову, всматриваясь вдаль и прислушиваясь. Стоит одному заметить что-либо подозрительное, как он немедленно реагирует, и, видя это, то же ментально делают все остальные животные. Сигнализация между членами табуна зрительная, каких-либо звуков при опасности они не издают. Напуганные куланы бросаются в беспорядочное бегство, но вскоре останавливаются, всматриваются и настороженно вслушиваются.

Несмотря на свою осторожность, куланы очень любопытны. Увидев что-либо незнакомое, они обязательно некоторое время внимательно разглядывают этот предмет, а затем бегут к нему, стараясь зайти с подветренной стороны. Впереди обычно бежит самец или холостая самка, матери с малышами, как более осторожные, остаются сзади. Выяснив, что предмет их любопытства не представляет опасности, они не обращают на него больше внимания и спокойно уходят.

Кулан — необычайно быстрое и очень выносливое животное. Он может развить скорость до 64 км/час (семи-десятидневный куленок — до 40 км/час) и выдерживает такой темп на протяжении нескольких километров. На коротких дистанциях в несколько сот метров кулан развивает скорость до 68—72 км/час, а возможно, и более. Понятно, что с такой скоростью куланы бегают только при крайней опасности. Обычно же они трусят себе неспеша, но выносливость их намного превосходит выносливость домашних лошадей: попытки настичь или загнать кулана верхом на лошади никогда не увенчиваются успехом (о чем многократно писали еще в прошлом столетии натуралисты и путешественники). Так, о попытке преследовать кулана на лошади очень образно писал М. Леваневский: «Легкости и быстроте бега кулана нужно поражаться. Он как бы шутя, играя, удаляется от пре-

следующего охотника. Как ни скачи за ним, какой быстроты ни будь под седском лошадей, а расстояние между ними и убегающим куланом остается одно и то же. Но вот, видимо, своему равному животному надоело видеть за собой хотя бесполезную, но назойливую погоню — он на минуту останавливается, как бы с удивлением оглядывается назад, затем, ударив себя хвостом по одному, другому боку, скидывает задними ногами, еще минута — и перед удивленным человеком облако пыли на далеком горизонте показывает направление, по которому унеслось благородное животное».

Куланы легко бегают по крутым и каменистым склонам гор, избегая лишь узких ущелий. Они хорошо плавают и без труда переправляются через широкие реки.

«Кто видел куланов на полной свободе, — писал известный натуралист и путешественник Г. Радде, — без колебаний назовет их высоко развитыми в умственном отношении животными». Эти слова совершенно справедливы. Долго живший на о. Барсакельмес самец по кличке Тюльпан постоянно заходил на усадьбу и научился открывать все задвижки и даже снимать всякие замки, не закрытые на ключ. Этот самец часто нападал на домашних лошадей, но когда его пытались отогнать кнутом, он хватал кнут зубами и вырывал его из рук обидчика.

У куланов очень хорошо развиты зрение, слух и обоняние. Подойти к кулану незамеченным ближе чем на 1—1,5 км почти невозможно. Однако мимо неподвижно лежащего человека он может спокойно пройти на расстоянии 10—15 м, т. е. зрение у кулана, как говорят охотники, «верхнее». Вместе с тем на движущийся по земле предмет он реагирует достаточно хорошо, и подползти к кулану незамеченным практически не удается. Кашель или щелчок фотоаппарата в укрытии кулан слышит (в зависимости от направления ветра) на расстоянии 30—60 м, звук летящего самолета или крик другого животного всегда улавливает раньше человека, причем очень хорошо определяет направление, откуда исходит звук.



Рис. 4. Куланы на водопое.

Фото В. А. Рашек

Обоняние у кулана острое, однако в пустыне, где восходящие токи нагретого у почвы воздуха препятствуют распространению запахов по поверхности, оно не играет большой роли в получении информации.

Куланы молчаливы и кричат довольно редко. Чаще крик служит призывным сигналом. Так кричит самец, подзывая табуна, кричит самка, подзывая отставшего детеныша. Как-то в Монголии у оз. Ногон-нур я наблюдал за самцом, который, вернувшись из табуна к убитой самке, долго ходил вокруг нее, издавая тоскливые крики.

К большинству животных другого вида куланы относятся миролюбиво. Мне часто приходилось видеть куланов, пасущихся вместе с джейранами. Неоднократно наблюдал я пастбу куланов и рядом с табунами домашних лошадей, обращающих чрезвычайно мало внимания даже на скачущих мимо всадников.

Между куланами и другими животными существует и взаимная социализация: стоит побегать джейра-

нам, как куланы настораживаются и бегут в ту же сторону. Услышав тревожный крик птицы или сурка, они поднимают голову и перестают пастись. На пастбищах куланов часто сопровождают птицы, такие как трясогузки и скворцы, снующие возле их ног в поисках насекомых. Зимой в компаниях куланов кормятся хохлатые жаворонки, в период линьки на спину куланов часто садятся галки и выдергивают для своих гнезд стаззшую шерсть.

Вместе с тем миролюбивые куланы не любят овец и часто нападают на них. Бросаются куланы и на собак, пытаются кусать и бить их ногами. Разозленный кулан очень свиреп. Глаза у него наливаются кровью и в этот момент он перестает бояться даже человека. При защите и нападении кулан пускает в ход как задние, так и передние копыта, а также и зубы. Сбив жертву с ног, он топчет ее и рвет зубами.

Самка кулана достигает половой зрелости в двух-трехлетнем возра-

сте. Самец — также в 3 года, но участие в размножении принимает лишь достигнув 4—5 лет, когда он уже в состоянии отбить табун самок. Самец-вожак водит табун обычно до 9—10 лет (т. е. всего около 5 лет), после чего молодые, в свою очередь, отбивают у него самок, а самого изгоняют из табуна. Самки приносят приплод до 15 лет, чаще до 13—14 лет.

Период гона и спаривание у кулана происходит с мая до августа, в зависимости от местности; на востоке ареала позднее, чем на западе. Чаще всего покрытие самок падает на май — июль.

В период гона у куланов бывают «брачные игры». Незадолго до начала гона самец начинает гарцевать среди самок, высоко поднимая голову. Нередко он бежит вокруг табуна, прыгает и кричит перед самками, иногда катается на спине, вырывает пучки травы и подбрасывает их кверху. Самец и самка нередко трутся друг о друга головами, шеями, боками, соприкасаются ноздрями, тихонько толкаются и мелодично повизгивают. Временами они припадают на передние ноги, слегка взбрыкивая, гоняются друг за другом.

Еще до начала гона, в апреле или раньше, самец-вожак изгоняет из своего табуна всех остальных самцов, достигших годовалого возраста, но если молодой самец еще сосет мать, вожак его не трогает.

Выгнанные из табуна молодые самцы ходят поодиночке или объединяются с другими самцами под предводительством старого самца, изгнанного из табуна более сильным молодым, ставшим вожаком. Эти «холостячки» табунки непрочны, они часто распадаются, так как самцы разбредаются, пытаясь отыскать себе самок. При попытке такого одинокого самца проникнуть в чужой табун с самками, как и при встрече двух вожakov, происходят ожесточенные драки.

Оскалив пасть, прижав уши, с горящими глазами самцы бросаются друг на друга, стараясь схватить противника за ногу и повалить. Навалившись на поверженного, победитель грызет ему шею. Иногда,

встав на дыбы, оба соперника, обхватившись передними ногами, грызут друг другу морды или один из них, сильнейший, давит своей шеей на шею противника, выискивая момент, чтобы схватить его зубами.

В период гона самцы ходят в шрамах, у некоторых бывают очень серьезные ранения, но смертельные исходы не известны и, вероятно, случаются крайне редко. После гона самцы-вожаки на некоторое время покидают табун и держатся в одиночку, набираясь сил.

Беременность у кулана длится от 331 до 374 дней, в среднем 11,5 месяцев.

Кулянята рождаются с апреля до августа. При этом на востоке ареала, где весна сухая и запоздалая, рождение кулянят сдвинуто на более поздние сроки.

В последние дни перед родами самка пасется в стороне от табуна и никого к себе не подпускает, даже своего годовалого куланенка. Сразу после родов она облизывает детеныша, слегка прихватывая зубами кожу и обкусывая мягкие кончики копыт. Уже через несколько часов самка уходит пастись, и малыш бежит за ней. В первый день у новорожденного широко расставленные ноги заплетаются, и он заваливается то на одну, то на другую сторону.

Самка с малышом присоединяется к табуну через 2—3 дня после родов. Куланы окружают их, стараясь обнюхать куланенка, а иногда и укусить, но мать отчаянно его защищает, пуская в ход копыта и зубы. Познакомившись с новым членом табуна, куланы отходят, но спустя некоторое время то один, то другой вновь подходят к куланенку и нюхают его.

Кулянята в этом возрасте очень любопытны, стремятся со всеми познакомиться, все время лезут понюхать другого куланенка или взрослого, что доставляет много хлопот матерям.

Сначала самка ходит позади куланенка и направляет его головой, подталкивая сзади или сбоку. Подросший детеныш начинает ходить за матерью, но во время преследования

мать все же бежит позади, загораживая его собой.

Подросший куланенок становится очень активным и подвижным. Если мать лежит, а малыш хочет есть, он ходит вокруг, копает ногой землю возле брюха, толкает головой, ставит ноги ей на шею. Требуя молока у идущей матери, куланенок забегает вперед, становится поперек ее пути, взвизгивает, сердито взмахивает головой.

Чужого куланенка самка обычно не подпускает к себе, но бывают исключения, когда самку сосут одновременно два малыша, и в это время она не подпускает даже мать приставшего к ней куланенка. Позднее, кулянята безошибочно узнают свою мать с большого расстояния.

Маленьких кулянят иногда пытаются бить годовики или двухлетки, но матери оберегают малышей. Самец-вожак кулянят не трогает, напротив, защищает от нападения молодых куланов или чужих самок. Однако на больных кулянят нападают все куланы, иногда даже мать, изгоняя их из табуна до тех пор, пока те не поправятся.

При благоприятных условиях самки приносят потомство ежегодно, особенно молодые, иногда подряд 5—6 лет. Старые самки часто остаются яловыми. В засушливые годы, особенно после суровых многоснежных зим, приносит потомство меньше половины взрослых самок табуна. В среднем прирост стада составляет около 20%.

Итак, куланы вполне жизнеспособный вид. Нужно лишь немного внимания со стороны человека к этому замечательному «памятнику древней природы», и он вечно будет украшать наши сухие степи и пустыни.

УДК 599.723

Энергетические ядерные реакторы в СССР

Неоткрытые нейтрино

Сверхпроводящий магнит

Уникальный метеорит

Загадка лунного альбеда

Микрократеры на лунных полях

Космический прометей

Обладают ли звезды электрическим зарядом?

Эксперименты в космосе

Из лунного грунта

Шагающий информатор

ДНК хлоропластов

Аминокислотный состав спермы человека

«Акустические глаза» дельфина

Блохи — переносчики смешанных инфекций

Препарат из рогов сайги

Нефть — на благо человечества

Залежи марганца у Гавайских островов

Редкие металлы из морской воды

Научные основы геохимических методов

Гранитное дно Карибского бассейна
15 и 16 рейсы «Гломара Челленджера»

«Космонавт Юрий Гагарин»

Прогноз землетрясений

Необычное явление в атмосфере
Экспедиции в Месопотамии

Исследования ученых СССР и Франции

Коротко

Энергетические ядерные реакторы в СССР

Во всех промышленно развитых странах период поиска типов реакторов для промышленного внедрения фактически закончился. Усилия сосредоточены на совершенствовании небольшого числа типов реакторов на тепловых нейтронах. В СССР развиваются и совершенствуются два типа тепловых энергетических реакторов — корпусные и канальные.

Реакторы корпусного типа относятся к числу наиболее освоенных в мировом энергетическом реакторостроении. По удельной энергонапряженности, компактности и экономичности использования ядерного горючего они сейчас являются одними из лучших. В СССР реакторы такого типа (номинальной мощностью 210 и 365 Мвт) успешно эксплуатируются на Ново-Воронежской АЭС и будут установлены также на других строящихся станциях, например Кольской и Армянской.

Для современных реакторов канального типа характерно использование, в качестве конструкционного материала рабочих каналов, циркониевого сплава, мало поглощающего нейтроны. Это позволяет, при том же начальном обогащении, в несколько раз увеличить отдачу энергии с каждой единицы веса загруженного в реактор горючего и уменьшить потребность в дефицитном ^{235}U на каждую единицу электрической мощности.

Канальные реакторы мощностью

1000 Мвт с циркониевым сплавом в качестве конструкционного материала приняты к сооружению на серии атомных электростанций мощностью 2 млн квт в Европейской части СССР. Уже начато строительство мощных атомных электростанций с корпусными и канальными реакторами второго поколения. Важным обстоятельством здесь является то, что атомные электростанции не более опасны, чем любой объект промышленного назначения. Они могут располагаться в любом густонаселенном районе и даже в черте больших городов. С момента прекращения испытаний атомного оружия дозиметрические станции всех стран мира сообщают о постоянном спаде заражения атмосферы искусственной радиоактивностью. Этот спад был зафиксирован несмотря на то, что за прошедший период времени число атомных электростанций в мире увеличилось во много раз.

К 1980 г. суммарные мощности атомных электростанций с тепловыми реакторами достигнут в нашей стране десятков миллионов киловатт. Накопленный в тепловых реакторах плутоний может в дальнейшем использоваться для запрузки первых промышленных быстрых реакторов, обладающих ценнейшим качеством расширенного воспроизводства ядерного горючего. Работы по созданию и сооружению таких реакторов ведутся в СССР широким фронтом, причем для исследований были сооружены экспериментальные реакторы БР-1, БР-2, БН-350, БОР-60.

Неоткрытые нейтрино

Кроме электрона, известна еще одна частица с аналогичными свойствами — мюон (μ -мезон), масса которой в 207 раз больше массы электрона. Эта разница масс до сих пор остается загадочной, так как во всем остальном электроны и мюоны одинаковы. Однако существенно, что каждому из них соответствует при распадах свое нейтрино и, кроме того, мюон — нестабильная частица со временем жизни $2 \cdot 10^{-6}$ сек. Распад мюонов происходит по формулам

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu; \quad \mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu.$$

Хотя существование «тяжелого электрона» — мюона и нельзя объяснить, само такое существование подсказывает предположение, что могут быть еще более тяжелые заряженные электроны. Такое предположение обсуждает акад. Б. Понтекорво, который уже раньше обращал внимание на возможность существования осцилляций (колебаний) между различными нейтринными состояниями.

Б. Понтекорво рассматривает три случая:

1. Каждому «новому» тяжелому заряженному электрону Λ соответствует свое нейтрино ν_Λ , причем все нейтрино строго продольные.

2. При множестве типов тяжелых электронов существуют только известные уже два типа нейтрино.

3. Существуют как N типов тяжелых заряженных электронов, так и N типов нейтрино, но, в отличие от случая 1, нейтрино не строго продольные.

В этих случаях возникнет возможность того, что нейтрино от Солнца будут регистрироваться на Земле крайне неэффективно. Таким образом, если зарегистрированный на Земле поток солнечных нейтрино окажется меньше, чем следует из современных представлений о природе ядерных реакций в толще

Солнца, это не вызовет однозначно изменения прежних представлений. Надо будет предварительно выяснить число типов нейтрино и их свойства.

«Письма в ЖЭТФ», т. 13, 1971, стр. 281—283.

Сверхпроводящий магнит

В Радиационной лаборатории им. Лоуренса (Ливемор, штат Калифорния, США) прошел первоначальные испытания сверхпроводящий магнит «Бейсбол-2» диаметром 2 м и весом 13 т, предназначенный для использования в экспериментах по управляемым термоядерным реакциям, проводимым Комиссией по атомной энергии США совместно с Калифорнийским университетом. Этот магнит будет создавать «магнитную бутылку», в которой плазма удерживается магнитным полем и нагревается до температуры порядка 300 млн градусов. Обмотка магнита изготовлена из ниобиево-титановых жил, вдавленных в медную подложку.

Во время испытаний магнита была достигнута напряженность магнитного поля 13,5 кГс. Предполагают, что в дальнейшем будет достигнута проектная напряженность магнитного поля 20 кГс. Во время испытаний сила тока в магните составила 1500 а, а напряжение — 10 в. При токе 1743 а, что соответствует напряженности магнитного поля в центре 13,5 кГс, произошло самопроизвольное «выключение» магнита, т. е. потеря его обмотками сверхпроводящих свойств.

«Nuclear News», v. 14, 1971, № 2, p. 51 (США).

Уникальный метеорит

В февраля 1969 г. в долине Альенде (северная часть центральной Мексики) упал крупнейший углистый метеорит — редкий тип метеоритов,

содержащих много углерода, органических веществ и воды. В полете, вследствие взаимодействия с атмосферой, он взорвался, распался на многие тысячи обломков, обрушившихся метеоритным дождем, охватившим полосу около 50 км длиной в районе долины Альенде. Всего удалось собрать около 2 т обломков, что, по мнению специалистов, составляет менее половины первоначального веса метеорита. Крупнейший из найденных обломков весит около 110 кг.

Экспедиция Смитсоновского института (Вашингтон, США), возглавляемая Р. С. Кларком и Б. Мейсоном, собрала около 150 кг обломков. Теперь, спустя два года, исследования обломков завершены. Метеоритное тело, принадлежащее к классу углистых хондритов и обладавшее рекордной массой, вошло в атмосферу под острым углом. К этому моменту оно представляло собой единое целое. Скорость вхождения достигала 11—18 км/сек. Метеорит состоит в основном из окиси железа, окиси магния и двуокиси кремния. В микродозах присутствуют также и многие другие элементы.

«Science News», v. 99, 1971, № 11, p. 181 (США).

Загадка лунного альbedo

Причина малого альbedo поверхности Луны до сих пор остается загадкой. Неясно также, почему у Луны красноватый спектр свечения. В то же время молодые лунные кратеры, такие как Тихо и Коперника, наоборот, отражают свет сравнительно интенсивно. Многие специалисты полагают, что реголит (лунная поверхность) формируется путем «перемалывания» кристаллических пород, первоначально залегающих в глубине, но затем перемещенных при падении метеоритов.

Однако Б. У. Хапке, У. А. Кесиди и Э. Н. Уэллс из Питтсбургского университета (Питтсбург, штат Огайо) экспериментально установили, что

измельченная в порошок лунная порода не темнеет, а приобретает отчетливо светлую окраску.

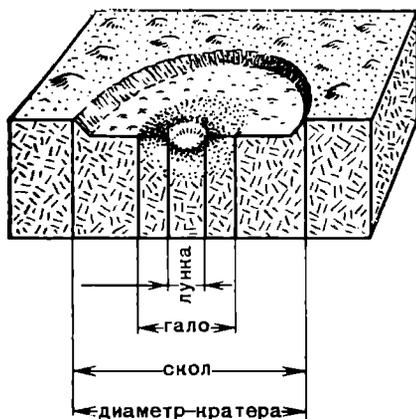
С другой стороны, французский ученый М. Моретт из Орсейской спектрометрической обсерватории (Орсе — пригород Парижа) нашел, что существует прямая корреляция между степенью воздействия солнечного ветра на породу и ее альбедо. Он считает, что именно потоки заряженных частиц, излучаемые Солнцем, нарушают поверхностную структуру Луны таким образом, что ее отражающая способность значительно снижается.

«Science News», v. 99, 1971, № 4, p. 65 (США).

Микрократеры на лунных камнях

Известно, что земные эрозионные процессы тесно связаны с наличием атмосферы, а ее отсутствие на Луне лишает лунную поверхность не только активного ветрового воздействия, но и защиты против микрометеоритной бомбардировки. Поэтому камни, пролежавшие достаточно долго на поверхности Луны, должны быть испещрены как бы оспинами — шрамами от ударов мелких космических частиц.

Именно такую картину наблюдали американские ученые Ф. Хорц, Дж. Хартунг, Д. Голт, изучавшие по-



Схематическое поперечное сечение через микрократер.

верхности шести образцов из числа доставленных «Аполлоном-12». На всех образцах обнаружено около 4000 микрократеров размерами 0,4 мм и более. В центре такого кратера находится лунка, «облицованная» стеклом. В этом месте породы мишени были переплавлены при ударе. Лунку окружает «галло» — высветленная область так называемой ударной трещиноватости — концентрическая зона скалывания. Сходные структуры получаются при лабораторном обстреле горных пород частицами со скоростями свыше 10 км/сек. На некоторых образцах область, покрытая кратерами, имеет четко выраженную границу. Это, по-видимому, означает, что часть образца была погружена в лунный реголит, который и предохранил ее от космической бомбардировки.

Таким образом, именно дискретные удары первичных космических частиц ответственны за эрозию данного масштаба на поверхности Луны.

«Earth and Planetary Science Letters», v. 10, 1971, pp. 381—386.

Космический прометей

До недавнего времени звезда HR465 в созвездии Андромеды считалась типичным примером пекулярных звезд класса А, с умеренным магнитным полем и большим количеством линий редкоземельных элементов в спектре. Однако в 60-х годах были зарегистрированы замечательные изменения в спектре этой звезды. С 1962 по 1969 г. линии редкоземельных элементов резко ослабли, а линии хрома значительно усилились. Анализ полученных ранее спектрограмм звезды показал, что интенсивность линий хрома и редкоземельного элемента европия регулярно меняется с периодом 22—24 года; по-видимому, с тем же периодом колеблется и магнитное поле, а также блеск звезды (на 0,1 звездной величины) и ее цвет.

По спектрограммам в атмосфере звезды были обнаружены редкоземельные элементы церий, неодим,

самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий и эрбий. Однако наиболее интересен тот факт, что 38 спектральных линий были отождествлены с линиями однократно ионизированного прометия. 61-й элемент периодической системы — прометий — крайне редок на Земле. Он был обнаружен в 1947 г. среди продуктов деления урана. Редкость прометия объясняется тем, что все его изотопы радиоактивны и наиболее долгоживущий из них ^{145}Pm имеет период полураспада всего 18 лет. Звезда HR465 сформировалась не менее 100 млн лет назад, и за этот период прометий безусловно должен был бы полностью исчезнуть. Если отождествление элемента правильно, то это свидетельствует о непрерывно продолжающемся образовании прометия в атмосфере звезды, скорее всего вблизи ее поверхности.

Звезда HR465 (HD9996) имеет координаты $\alpha = 1^{\text{h}}35,5^{\text{m}}$, $\delta = +45^{\circ}09'$ (1950,0); по-видимому это двойная звезда с периодом обращения компонент 273,2 суток.

«Sky and Telescopes», v. 41, 1971, № 1, pp. 26—27 (США).

Обладают ли звезды электрическим зарядом?

Некоторые звезды обладают магнитным полем и за счет вращения способны индуцировать определенные электродвижущие силы. Величина этих сил сильно зависит от конкретных условий вблизи звезды, а электрические заряды компенсируются недалеко от нее.

Звезды могли бы нести на себе произвольный заряд, если бы они находились в вакууме. В. Ф. Шварцманом (Гос. астрономический институт им. П. К. Штернберга) сделаны вычисления, на основании которых можно сказать, что в действительности, в системе звезда — окружающее пространство происходит непре-

рыванный обмен вещества. Материя либо падает на объект, либо выбрасывается из него; наконец, оба процесса могут идти одновременно. Оказывается, обмен вещества между звездами и окружающей средой должен приводить к существованию у звезд значительного электрического заряда, причем этот динамический процесс определяет как величину, так и знак заряда.

Возникающая в этом случае разность потенциалов, как свидетельствуют расчеты, может достигать для компактных объектов (например, нейтронных звезд) десятков миллионов вольт.

«ЖЭТФ», т. 60, 1971, вып. 3, стр. 881—884.

Эксперименты

В Космосе

Технологические эксперименты, проведенные на «Аполлоне-14», показали, что состояние невесомости дает преимущества для обработки химических веществ, в том числе биологических продуктов типа вакцин, трудноразделимых смесей, сплавов и многокомпонентных материалов.

В эксперименте была проверена возможность разделения смесей веществ за счет диффундирования электрически заряженных частиц к разным полюсам внешнего магнитного поля (электрофорез). Оборудование для этого эксперимента состояло из трех трубок, наполненных смесью воды, борной кислоты и щелочи. В такой среде способны заряжаться даже органические вещества. Скорость диффузии зависит от молекулярного веса, и поэтому для экспериментов были выбраны вещества с различными молекулярными весами — смесь красителей, гемоглобин и дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК). Вещества размещались на одном конце трубок. Процесс их диффундирования к другому концу фотографировался.

Космонавты изучали влияние не-

весомости на образование высокопрочных металлических сплавов с наполнителем из органических волокон. Предварительные результаты показали, что при отсутствии силы тяжести возможно получение материалов с очень высокой степенью однородности.

В условиях невесомости оказалось возможным выращивать кристаллы очень высокой чистоты. В наземных условиях этот процесс осложняется из-за наличия тепловых потоков и конвекции в газах и жидкостях и, кроме того, сила тяжести не позволяет выращивать кристаллы диаметром более 1,5 дюйма.

Космонавты корабля «Аполлон-14» провели также опыт перекачки жидкостей в состоянии невесомости из одной емкости в другую.

«Chemical Week», v. 108, 1971, № 11, p. 34 (США).

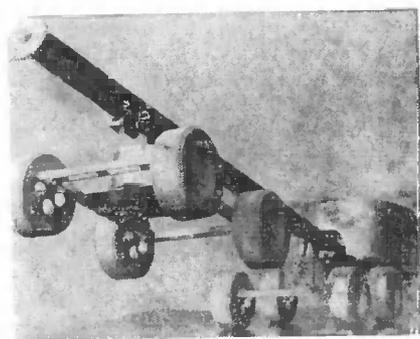
Из лунного грунта

Группа американских ученых из Центра пилотируемых космических полетов в Хьюстоне разработала способ получения воды и кислорода из лунного грунта (оба эти компонента необходимы для длительного пребывания человека на Луне). Нагревая контейнер с лунным грунтом с помощью сферического зеркала, фокусирующего солнечные лучи, до температуры 620—1310°С и пропускающая через него водород, получают водяной пар (он образуется при восстановлении ряда окисных соединений железа, находящихся в лунном грунте). Затем водяной пар пропускают через электролитическую ячейку, где происходит разложение воды на кислород и водород. Последний можно вновь использовать для восстановления окислов железа. По расчетам, из 100 кг лунного грунта можно получить около 1 кг воды. Выход воды можно существенно (на 1—2 порядка) повысить, если провести предварительное электромагнитное обогащение почвы железосодержащими окислами.

«Science News», v. 98, 1970, № 22, p. 414 (США).

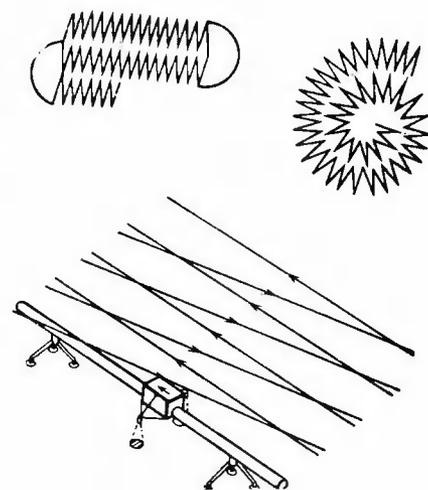
Шагающий информатор

В лаборатории, руководимой проф. Г. П. Катисом (Институт проблем управления АН СССР), создан новый информационно-шагающий аппарат, управляемый на расстоянии и предназначенный для исследования поверхности труднодоступных районов Земли, а также естественных космических объектов. В устройстве использован принцип шагания, позволяющий осуществлять сканирование исследуемой поверхности. По штанге, снабженной двумя треножными опорами, на специальных



Колесно-шагающий вариант информатора.

Фото ТАСС



Спиральная и построчная траектории сканирования поверхности.

направляющих перемещается информационный блок аппарата (в нем расположены различные датчики и анализаторы поверхности, системы обработки получаемой информации, питания, ориентации, а также системы передачи информации и приемов сигналов управления). При перемещении подвижного информационного блока (его вес $\frac{9}{10}$ веса аппарата) на консольную часть штанги, она наклоняется, поднимая одну из опор, и с помощью специального привода поворачивается относительно неподвижной опоры на определенный угол. Когда же подвижный блок начинает перемещаться вдоль штанги, поднятая опора опускается на поверхность, и информационный блок достигает второй консоли штанги. Таким образом аппарат и совершает «шаги», последовательно осматривая поверхность и собирая информацию о распределении полей радиации, температур, концентрации различных элементов и т. д. Все эти данные передаются на пункт приема, где они воспроизводятся на обычном телевизионном экране при синхронном движении электронного луча и информационного блока аппарата.

В зависимости от величины угла поворота штанги относительно неподвижной опоры (от 0 до 180°) шагающий информатор может перемещаться по различным траекториям, как заранее запрограммированным, так и самонастраивающимся. В этом случае аппарат может автоматически искать зоны поверхности, параметры, которые являются максимальными или минимальными для данной области.

Шагающий информатор особенно незаменим для исследования областей, где присутствие человека затруднено по тем или иным причинам, например, при исследовании пещер, подземных полостей, зон повышенной радиации, высокотемпературных зон. Он может свободно перешагивать через трещины, уступы, преодолевать существенные неровности поверхности и другие преграды. Для исследования относительно ровной поверхности разработан колесношагающий вариант информатора.

Л. И. Парамонов
Москва

ДНК хлоропластов

Б. Грин и Г. Бартон (Канада) исследовали структуру молекул ДНК хлоропластов водоросли *Acetabularia mediterranea*. Электронномикроскопические наблюдения показали, что ДНК главным образом ассоциированы с фрагментами хлоропластов, в частности с тилакоидами (конструктивными элементами фотосинтетического аппарата). ДНК имеет один или несколько центров организации, из которых пучком выходят тяжи. Авторы считают, что хотя ДНК кажется прикрепленной к внутренним мембранам в нескольких местах, некоторые нити проходят над или под мембранами. При большом увеличении на свободных концах молекул отчетливо видны нити ДНК, закручивающиеся сами на себя (надспиральная организация). «Надспиральные» области имеют диаметр около 135 Å, в то время как линейным областям свойственны значения 70—90 Å, что характерно для ординарной двойной спирали ДНК.

Такие исследования помогут выяснить возможное сходство в организации ДНК хлоропластов с ДНК митохондрий и бактерий.

«Science», v. 168, 1970, № 3934, pp. 981—982 (США).

Аминокислотный состав спермы человека

Свободные аминокислоты спермы человека имеют важное значение для нормальной жизнедеятельности сперматозоидов и снижение концентрации ряда аминокислот может служить показателем изменения качества спермы.

Рядом исследователей проводилось изучение аминокислотного спектра спермы человека, однако приводимые до последнего времени данные были довольно разноречивы. Сотрудники кафедры акушерства и гинекологии педиатрического факультета

Таблица

Содержание свободных аминокислот в спермальной плазме вдорозых плодовитых мужчин (в мг %)

Аминокислота	Кол-во (мг%)
Цистин	12,8
Аргинин	32,0
Аспарагиновая кислота	54,4
Треонин	27,9
Тирозин	28,9
Фенилаланин	11,5
Лизин	42,0
Глицин	42,8
Глютаминовая кислота	30,0
Аланин	17,1
Валин	29,9
Лейцин + Изолейцин	73,9

тета II Московского медицинского института им. Н. И. Пирогова, А. А. Степанов и Ю. А. Барышников разработали простую методику определения свободных аминокислот спермы человека после осаждения белка спиртом с помощью хроматографии в тонком слое порошка целлюлозы. Использование этой методики позволило авторам изучить аминокислотный состав спермальной плазмы 50 плодовитых и практически здоровых мужчин в возрасте от 25 до 35 лет.

Полученные результаты имеют не только теоретическое, но и прикладное значение, поскольку имеются указания о возможности лечения некоторых видов патоспермий препаратами аминокислот.

«Лабораторное дело», 1971, № 4, стр. 202.

«Акустические глаза» дельфина

Помимо органов слуха, в гидроакустической локации дельфина могут участвовать и акустические аналогии глаз — так называемые «акустические глаза». Фокусирующую ультразвуков лобную жировую подушку

можно рассматривать как аналог хрусталика, роговой оболочки и стекловидного тела глаза.

«Линза»-подушка формирует акустические изображения лоцируемых объектов в области находящихся за ней воздушных мешков¹. Есть основания предполагать, что они способны воспринимать акустические изображения и играют роль сетчатки «акустических глаз». Судя по структуре внутренней поверхности воздушных мешков, представляющей собой эпителий кожного типа, акустические изображения объектов, вероятно, должны восприниматься дельфином как некие образы «пространственного осязания». Информация, которую могут поставлять органы слуха и «акустические глаза» центральной нервной системе соответственно в виде слуховых образов и образов, имеющих пространственную структуру, существенно отличается друг от друга, несмотря на то что и в том, и другом органе используются акустические сигналы.

Взаимное расположение и строение ушей и лобной жировой подушки позволяют предполагать, что возникающие в теле жировой подушки пространственные акустические изображения лоцируемых объектов анализируются и ушами с помощью бионаурального эффекта.

Наличие у дельфина «акустических глаз» подтверждается рядом экспериментальных данных, в том числе и электрофизиологической реакцией на облучение жировой подушки ультразвуковыми импульсами.

А. Е. Резников
Москва

Блохи — переносчики смешанных инфекций

Известно, что в природе передачу чумной инфекции осуществляют блохи. Чумной микроб, попадая в

пищеварительный тракт переносчиков, размножается и закупоривает желудок блохи, в результате при последующем кровососании происходит заражение. Такой механизм передачи инфекции (или феномен блока) характерен только для чумы.

В Среднеазиатском научно-исследовательском противочумном институте (Алма-Ата) были проведены интересные эксперименты по заражению крысиных блох *Xenopsylla cheopis* смешанными популяциями микробов чумы и псевдотуберкулеза¹. Оказалось, что эти микробы по-разному ведут себя в пищеварительном тракте насекомых: в отличие от чумных микробов, возбудители псевдотуберкулеза погибали; однако до образования «чумного» блока часть псевдотуберкулезных клеток оставалась, и таким образом специфический чумной механизм использовался для передачи другой инфекции.

Аналогичные результаты были получены также и в опытах по смешанному заражению чумой и сальмонеллезом, чумой и эризипеллоидом². В сроки, достаточные для образования блока, мирно уживались оба микроба, и блохи заражали лабораторных животных сразу двумя болезнями.

Результаты этих исследований особенно важны для изучения природных очагов чумы, где имеются возбудители других болезней. Там, где у животных наблюдается хотя бы кратковременная бактериомиа, а паразитарные контакты между теплокровными осуществляют блохи, описанное явление приобретает эпизоотологическое значение и должно привлечь внимание исследователей.

В. А. Бибикина
Доктор биологических наук

Алма-Ата

Препарат из рогов сайги

Восстановление в СССР численности сайги и устойчивый, регулируемый промысел этих животных открывают большие перспективы для медицинского использования препаратов из их рогов. (Из опыта восточной медицины известно, что такие препараты используются для лечения нервных заболеваний.)

В лаборатории фармакологии и экспериментальной терапии Института биологически активных веществ Дальневосточного филиала Сибирского отделения АН СССР И. И. Брехманом и И. Ф. Нестеренко был получен экстракт наружного покрова рога сайги, названный сайтаринном (от видового названия сайги *Saiga tatarica*). Этот препарат при введении мышам вызывал заметное снижение реакции вставания животных на задние лапки.

Сайтарин значительно ускоряет наступление медикаментозного и эфирного наркоза, обладает низкой токсичностью, выраженным болеутоляющим эффектом (опытные животные дольше контрольных пребывали в нагретом металлическом сосуде) и противосудорожными свойствами. Последнее выражалось в снижении чувствительности животных к коразолу, стрихнину и электрошоку и расслабления мышц не наблюдалось.

Авторы провели оценку действия сайтарина при гипоксии по числу мышей, погибших за 10 мин. пребывания в барокамере. Оказалось, что уже в дозе 3,4 мл/кг веса сайтарин снижал гибель животных с 83% в контроле до 11% в опыте, а в дозе 17 мл/кг полностью устранял гибель мышей. Этот противогипоксический эффект сайтарина авторы объясняют обнаруженной им способностью экстракта рогов сайги уменьшать потребление кислорода.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что сайтарин обладает высокой нейротропной активностью и может быть использован в клинической практике.

«Фармакология и токсикология», 1971, № 1, стр. 36.

¹ Тезисы докладов на XXIII научно-технической конференции ЛИАП. Ленинград, 1970, VII Всесоюзная акустическая конференция. Тезисы докладов. Ленинград, 1971.

¹ Проблемы особо опасных инфекций. Саратов, 1971; «Журнал микробиол., эпидемиол. и иммунолог.», 1967, вып. 5, стр. 138—139.

² Материалы VII научной конференции Среднеазиатского противочумного института. Алма-Ата, 1971.

Нефть — на благо человечества

С 13 по 18 июня 1971 г. в Москве под девизом «Нефть — на благо человечества» проходил 8-й мировой нефтяной конгресс. В нем принимало участие более 6 тыс. делегатов и гостей из 70 стран.

Заместитель Председателя Совета Министров СССР М. Т. Ефремов читал приветствие Председателя Совета Министров СССР А. Н. Косыгина участникам конгресса. Сбравшись от имени советских нефтяников тепло приветствовал председатель Организационного комитета СССР по проведению конгресса, министр нефтяной промышленности В. Д. Шашин. От имени Академии наук СССР успешной работы участникам конгресса пожелал вице-президент АН СССР, академик М. Д. Миллионщиков.

На конгрессе было заслушано 180 докладов, из которых 35 сделали советские ученые. Основные проблемы, рассмотренные на конгрессе, связаны с дальнейшим развитием нефтяной промышленности и с задачами нефтяной геологии по прогнозированию, поискам и разведке новых месторождений.

Наша страна — одна из ведущих нефтяных держав. Она прочно удерживает второе место в мире по добыче нефти, а по разведанным запасам природного газа вышла на первое место. Доля этих горючих ископаемых, как сообщил в своем докладе В. Д. Шашин, в топливном балансе СССР составляет 58%. У нас ежегодно открывается 30—40 новых месторождений. Самые богатые из них обнаружены в Западной Сибири; к настоящему времени на ее карту нанесено около 170 месторождений нефти и газа. В 1970 г. здесь добыто свыше 31 млн т нефти и 10 млрд м³ газа.

Среди важнейших проблем, обсуждавшихся на конгрессе, были: происхождение, миграция и аккумуляция нефти и газа; оценка их прогнозных ресурсов; геофизические и др. методы разведки. Основные положения теории образования неф-

ти и газа и их аккумуляции в свете новейших исследований были изложены советскими учеными, которые считают, что исходным материалом для нефти и газа является органическое вещество, образовавшееся в результате разложения растительных и животных остатков в субаквальных отложениях. Нефтеобразование следует рассматривать как сложный многостадийный процесс, тесно связанный со стадиями литогенеза, а также с изменениями гидрогеологической обстановки в осадочной оболочке Земли.

Ученые-геологи США рассмотрели миграцию, аккумуляцию и сохранение нефти в земной коре в свете динамики уплотнения глинистых осадков как нефтепроизводящих, а также эволюции давления жидкости в порах.

Исследуя связь между коллекторскими и нефтематеринскими породами, потери нефти из залежей в течение геологического времени и ряд других явлений, они пришли к выводу, что для образования нефтяной залежи материнская порода должна обладать какой-то минимальной продуктивностью. Французские ученые, также исходящие из органического происхождения нефти, полагают, что природа и распределение исходного для образования нефти органического вещества контролируется географическими и биохимическими условиями.

Большую заботу во всех нефтедобывающих странах вызывают значительные потери нефти при добыче. Подсчитано, что ежегодно в недрах разрабатываемых месторождений остается до 2,5—3 млрд т неизвлекаемой нефти. Советские специалисты поделились опытом повышения отдачи нефти из пластов при помощи ядерных взрывов. Удачные эксперименты были осуществлены в нашей стране на двух месторождениях. Исследования подобного рода будут продолжены.

На конгрессе обсуждался и такой вопрос, как предотвращение загрязнения водоемов нефтью, а воздуха — выхлопными газами.

Н. И. Марковский
Кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Залежи марганца у Гавайских островов

Подтвержден факт обнаружения крупных залежей марганца у побережья о. Кауаи (Гавайский архипелаг), открытых в 1970 г. научным сотрудником Института геофизики при Гавайском университете М. Моргентайном. Как оказалось, площадь месторождения составляет 388,5 тыс. км², мощность пласта в различных местах — 2,5—25 см. Глубины, на которых найдено месторождение, находятся в пределах 1500—2400 м, расстояние от берега 8—12,8 км. Наибольшей концентрации залежи достигают между заливом Науилиули и г. Капаэ, лежащими на восточном берегу о. Кауаи.

Химический анализ донного грунта показал необычайно высокий процент содержания кобальта, никеля и меди. Ядрами марганцевых конкреций, имеющих почти сферическую форму, служат преимущественно обломки вулканической породы.

«Ocean Industry», v. 6, 1971, № 3, p. 41
(США).

Редкие металлы из морской воды

В 1966 г. экспедиция на борту научно-исследовательского судна «Чейн», принадлежащего Вудсхоллскому океанографическому институту (США), открыла существование в Красном море мощных слоев воды с необычайно высокой соленостью и температурой, достигающей 34—46° С.

Вслед за этим здесь же работали океанографические экспедиции на судах «Дискавери» (Великобритания), «Метеор» (ФРГ) и «Атлантис II» (США). Им удалось определить батиметрию и нанести на карту три таких района, лежащих между 38° и 38° 10' в. д. и 21° 25' и 21° 15' с. ш., которым присвоены географические наименования: впадины Чейн, Дискавери и Атлантис.

Оказалось, что мощность слоя рассола составляет более 150 м во

впадине Атлантис, около 200 м во впадинах Дискавери и Чейн. Химический анализ вод, взятых на глубинах, достигающих 2200 м, показал, что они содержат цинк, медь, свинец, кобальт и ряд драгоценных металлов в концентрации, достаточной для промышленного использования.

«Ocean Industry», v. 6, 1971, № 3, p. 84 (США).

Научные основы геохимических методов

18—20 мая 1971 г. в Алуште проходила III сессия Междуведомственного совета по проблеме «Научные основы геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых». Ее работа была посвящена использованию геохимических методов при геологической съемке и газовым методам поисков руд.

Методы геохимии могут принести большую пользу при составлении геологических карт. На сессии демонстрировались образцы особых «геохимических карт», на которых показано распределение химических элементов, места их концентрации. Определение в горных породах и рыхлых отложениях большой группы металлов и других элементов позволяет устанавливать разломы в земной коре, участки, благоприятные для поисков руд, расчленять так называемые «немые толщи» (например, вулканогенные породы), оценивать перспективность закрытых районов (в которых рудоносные формации перекрыты безрудными отложениями).

В ряде докладов было показано большое значение математических методов и ЭВМ для обработки геохимических данных. На сессии подчеркивалась необходимость «геохимизации» геолого-съёмочных работ, овладения геологами-съёмщиками геохимией. Геохимические наблюдения непосредственно в поле у обнажения и скважины могут дать геологу-съёмщику ценную информацию о происхождении горных пород, перспективах рудоносности

района. Отмечалась необходимость улучшения геохимической подготовки геологов-съёмщиков.

Газовые методы поисков также привлекли внимание участников сессии. В докладах было показано, что вокруг рудных месторождений образуются особые газовые ореолы, в связи с чем определение состава газов в поверхностных отложениях позволяет искать рудные тела, залегающие на глубине. Особенно интересные данные приводились по «ртутному дыханию» планеты. Современные методы позволяют быстро определять до 10^{-8} г/м³ ртути, сконструированы приборы, установленные на автомашинах. Определение паров ртути позволяет искать ртутные и другие месторождения, проследить разломы в земной коре. Рудные месторождения можно искать и на основе определения в породах и почвах сероводорода, СО₂ и других газов. Интересны данные по «гелиевому дыханию» планеты, свидетельствующие о существовании потока гелия из земных глубин (мантии?) к поверхности по ослабленным зонам земной коры.

Большой интерес слушателей вызвали данные о газах, содержащихся в рудах Урала, об испытании газортутного метода в Донбассе, Крыму, Закарпатье, на Кавказе.

Обмен мнениями по заслушанным докладам выявил высокую актуальность рассмотренных вопросов. Сессия приняла решение, направленное к дальнейшему развитию и внедрению геохимических методов.

А. И. Перельман
Доктор геолого-минералогических наук
Москва

Гранитное дно Карибского бассейна

С борта научно-исследовательского судна «Исторд» («Eastward»), принадлежащего Дьюкскому университету (США), было выполнено драгирование дна южной части Карибского моря. В районе южной оконечности подводного хребта Авес с глубины 1839 м были подняты многочисленные крупные (весом до 2 т)

образцы гранитных пород. Научный руководитель экспедиции Б. Хейзен (Колумбийский университет, Нью-Йорк) считает, что эти породы не могут быть ледникового происхождения.

Хребт Авес топографически связан с сушей на территории Венесуэлы и простирается в море на значительно большее расстояние, чем мог бы тянуться подводный фундамент Южной Америки.

Обнаруженный в Карибском море слой гранитов обладает меньшей мощностью, чем это бывает на суше. Возраст этих гранитов (79 млн лет) намного меньше возраста континентальных пород. Кора, составляющая ложе этого бассейна, в 2,5 раз толще, чем у обычных океанических бассейнов, и строение ее совершенно уникально. Сейсмические исследования показали, что подстилающие Карибское море породы обладают такими же скоростями прохождения волн, как и гранит.

«Science News», v. 99, 1971, № 2, p. 3 (США).

15 и 16 рейсы «Гломара Челленджера»

15-й рейс «Гломара Челленджера»¹ проходил в декабре 1970 — январе 1971 г. в Карибском море. Изучение этого сложного геологического района вместе с лежащими на его периферии островами позволит установить достоверность гипотезы, согласно которой Южная и Северная Америка в ходе дрейфа отошли на запад от Африки и Европы.

Глубинное бурение морского дна осуществлено в 12 пунктах, причем в двух точках бурильную колонку вводили в скважину вторично после смены затупившегося в твердых породах инструмента. Использование новой технологии позволило взять более глубокие образцы пород, что поможет представить картину отдаленного геологического прошлого.

¹ «Ocean Industry», v. 6, 1971, № 1, pp. 39—40 (США).

Земная кора, образующая дно Карибского моря, не типично океаническая, а является промежуточной между корой океанического и континентального типов. Это служит аргументом в пользу предположения, что Карибское море лежит на месте опустившегося блока континентальной коры. Важную роль в этом плавании сыграли впервые широко поставленные на борту геохимические исследования.

С 4 февраля по 29 марта 1971 г. проводился 16-й рейс «Гломара Челленджера»¹, который закончился на Гавайских о-вах.

Бурение дна океана было проведено в 20 точках, которые можно разбить на три отдельные группы: к западу от побережья Панамы, в Калифорнийском заливе, между берегами Центральной Америки и Гавайскими о-вами. Изучение влияния крупномасштабных перемещений морского дна на процессы отложения глубоководных осадков показало, что первые два района сформировались в результате разлома земной коры, происходившего в течение последних 10 млн лет.

У побережья Панамы подводный хребет Карнеги претерпел разлом в своей центральной части, как считают участники экспедиции,— вследствие движения двух сегментов земной коры в противоположные стороны. В Калифорнийском заливе были найдены свидетельства его рифтового происхождения, «отодвигающего» п-ов Калифорния от Мексиканского побережья.

Южнее Гавайских о-вов, вблизи экватора, лежит один из наиболее продуктивных в биологическом отношении районов Мирового океана. Длинные колонки осадочных пород, чрезвычайно богатых растительными и животными остатками, позволяют прояснить химическую и биологическую историю океана. Эти исследования помогут также сделать важные для палеоклиматологии выводы и, возможно, будут способствовать крупномасштабному прогнозированию климатических условий в будущем.

«Космонавт Юрий Гагарин»

Экспедиционный флот АН СССР пополнился новым научно-исследовательским судном «Космонавт Юрий Гагарин». Этот корабль, сооруженный ленинградскими судостроителями, является самым большим научным кораблем в мире. Длина корабля— 231 м, ширина— 31 м, водоизмещение— 45 тыс. т, скорость— 18 узлов (33,3 км/час). До сих пор самым крупным научным судном в мире был советский корабль «Академик Сергей Королев»¹.

Флагман советского экспедиционного флота «Космонавт Юрий Гагарин» оборудован новейшей отечественной аппаратурой, предназначенной для исследований в верхних слоях атмосферы. Корабль способен выполнять задачи по управлению космическими аппаратами в условиях автономного плавания.

Вл. Кречетов
Москва

Прогноз землетрясений

Возможность прогноза землетрясений имеет огромное народнохозяйственное значение. В связи с этим большой интерес вызывают новые данные, полученные группой научных сотрудников Института гидрогеологии и инженерной геологии Министерства геологии УзССР. Обработывая результаты многолетних наблюдений до и после ташкентского землетрясения 1966 г., а также во время его, они установили, что при землетрясении концентрация газов (радон, гелий, аргон, фтор) резко увеличивается, а отношение изотопов $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в водах ташкентского артезианского бассейна возрастает. Так, концентрация радона увеличивается в 3—4 раза, гелия— в 12 раз, а изотопного отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ — в 5 раз.

Рассматривая причины подобного явления, ученые установили, что оно вызвано воздействием на горные породы мощного ультразвукового излучения, исходящего из очага землетрясения, являющегося его предвестником. Таким образом, измеряя концентрацию радона, гелия, аргона и величину отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в водах того или иного артезианского бассейна, можно с большой долей вероятности прогнозировать землетрясения, снижая тем самым их возможный разрушительный эффект.

«Узбекский геологический журнал», 1971, № 1, стр. 7—9.

Необычное электрическое явление в атмосфере

Летом 1970 г. научные сотрудники Университета штата Мичиган— Дж. Голл-младший и М. Э. Грейс наблюдали к северу от Анн-Арбора (Мичиган) необычное метеорологическое явление. При грозе в закате солнца над колонной кучевых облаков сформировался тонкий слой перистых облаков. Поднимаясь вверх, кучевая колонна приходила в столкновение с этим слоем, придавая ему форму, напоминающую купол.

Затем внутри грозовой тучи начали возникать разряды молнии, и каждый из них порождал необычное свечение, сохранявшееся и после исчезновения молнии. Это свечение распространялось веерообразно от вершины колонны кучевых облаков, временами даже заходя в ясную часть неба.

Исследователи высказывают предположение, что это еще не описанное явление представляет собой какой-то вид ионизационного разряда в верхней части колонны ионизированного воздуха, связанного с грозовой тучей.

«Science News», v. 99, 1971, № 6, p. 103 (США).

¹ «Ocean Industry», v. 6, 1971, № 3, pp. 28, 30 (США).

¹ «Природа», 1971, № 3, стр. 1.

Экспедиция в Месопотамии

Северная Месопотамия — один из древнейших центров происхождения земледелия и скотоводства. Н. И. Вавилов выделил эти земли как юго-западно-азиатский очаг домостикации диких злаков и предков домашних животных. Именно здесь, в северо-западной части Ирака, располагалась зона распространения дикого эмера, родоначальника всех видов пшениц, и его обязательного спутника — ячменя, а также дикие предки всех основных видов домашних животных. Сама природа создала здесь условия для перехода к производящим формам экономики. Этот переход, именуемый «неолитической революцией», был поворотным пунктом в экономическом, социальном и культурном развитии человеческого общества.

Найти свидетельства древнейшей производящей экономики в малоизученной Синджарской долине (она простирается на северо-западе Ирака от Мосула до сирийской границы) — такая задача стояла перед Советской археологической экспедицией. С 1969 г. экспедиция в составе Н. Я. Мерперта, Н. О. Бадера, Р. М. Мунчаева и др. вела в этой долине, на двух соседних холмах (Ярым-Тепе I и Ярым-Тепе II), раскопки раннеземледельческих поселений.

Как показывают археологические данные, поселение Ярым-Тепе I относится к хассунской, а Ярым-Тепе II — к халафской раннеземледельческим культурам Северной Месопотамии. Основу экономики поселений составляли достаточно уже развитые земледелие и скотоводство. Об этом свидетельствуют находки зерен мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), пшеницы полбы (*T. Spelta*) и многозерного ячменя (*Hordeum vulgare* L.), каменные и обсидиановые орудия труда (серповые вкладыши, зернотерки, ступки), отражающие весь земледельческий процесс — от жатвы до переработки полученного продукта. Многочисленные образцы обгоревшего дерева и зерна переданы для радиоуглеродного анализа.

Найденные костные остатки, по заключению проф. В. И. Цалкина, принадлежат основным видам домашних животных (корова, овца, коза, свинья). При раскопках Ярым-Тепе II обнаружена большая и разнообразная коллекция халафской керамики. Эта самая лучшая в художественном отношении керамика, известная до сих пор из раннеземледельческих памятников Старого и Нового Света.

В результате работ Советской экспедиции в Месопотамии выявлен основной тип жилой архитектуры, примерно в то же время (VI—V тыс. до н. э.) характерный и для Закавказья. Таким образом, возможна постановка вопроса о культурно-исторических связях Древнего Востока и Кавказа в эпоху возникновения и развития раннеземледельческих культур.

«Советская археология», 1971, № 3, стр. 141—169.

Исследования ученых СССР и Франции

24 июля 1971 г. в Москве закончилась шестая сессия постоянно действующей смешанной советско-французской комиссии.

На сессии с удовлетворением отмечены успешный ход научно-технического сотрудничества в разработке актуальных проблем, а также расширение обменов учеными между Академией наук СССР и Национальным центром научных исследований Франции. Принято решение организовать совместные работы по следующим новым научным темам: «Физика высоких температур», «Исследование проблем теоретической физики» и «Динамика солнечной короны». Учитывая возрастающее значение окружающей человека среды, комиссия приняла решение приступить к изучению возможностей сотрудничества в этом деле, и в первую очередь в области очистки промышленных сточных вод.

Из сообщения ТАСС

Коротко

● Н. А. Гайдамакин, Г. П. Парфенов, В. Г. Петрухин и В. В. Антипов использовали степных черепах для изучения влияния факторов космического полета на организм животных. Сравнение результатов лабораторных исследований и данных биологических экспериментов, проведенных на станциях «Зонд-5» и «Зонд-7», показывает, что космический полет продолжительностью около 7 суток к Луне и обратно не оказывает существенного влияния на организм черепах.

«Известия АН СССР, серия биол.», 1971, № 3, стр. 451.

● Группа индийских исследователей (Н. Бхандариет с сотр.) доказала существование трансурановых сверхтяжелых элементов ($Z > 110$), исследуя следы частиц в метеоритах и лунной пыли.

«Nature», v. 230, 1971, p. 205 (Англия).

● В Центральном институте усовершенствования врачей под руководством академика АМН СССР З. В. Ермольевой выделен новый лизоцим из плаценты человека. Полученный лизоцим представляет собой белок с молекулярным весом около 15 000 и быстро разрушается при кипячении в водном растворе.

«Антибиотики», 1971, № 5, стр. 456.

● Известно, что в процессе биосинтеза, под действием фермента синтетазы жирных кислот, цепи жирных кислот удлиняются при добавлении остатка малоновой кислоты. М. Гриншпан с сотр. (США) установили, что этот фермент у бактерии *E. coli* ответствен за удлинение цепочки как насыщенных, так и ненасыщенных кислот.

«Science», v. 170, 1970, № 3963, p. 1103 (США).

● В США синтезировано новое соединение — 2,7-бис [2-(диэтиламино)-этокси]-флюорен-9-он. Получен-

ный препарат, названный тилорон, оказался активным (при приеме через рот) против 9 различных вирусов. Изучение механизма противовирусного действия тилорона показало, что его можно рассматривать как интерферон.

«Science», v. 169, 1970, № 3950, p. 1086 (США).

● Р. Кассижена с сотр. (Франция) использовал гибриды соматических клеток обезьяны и мыши для изучения регуляции синтеза интерферона в клетке. Анализ кариотипа 4 клонов использованных гибридов и родительских клеточных линий позволили авторам определить место на хромосоме, ответственное за синтез интерферона в клетках обезьяны.

«Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.», v. 68, 1971, p. 580 (США).

● Новый антибиотик полипептидной природы X-73 с широким спектром противогрибкового действия выделен группой индийских ученых из штаммов *Aspergillus rugulosus*. X-73 содержит в своей молекуле 7 аминокислот — глутамин, аспарагиновую кислоту, глицин, аланин, треонин, валин и изолейцин и тормозит рост патогенных грибов уже в концентрации 0,00035 мкг/мл.

«Indian Journal of Biochemistry», v. 7, 1970, № 1, p. 81 (Индия).

● С. Сайд (США) и В. Матт (Швеция) выделили из тонкого кишечника свиней новый полипептид, содержащий 28 аминокислотных остатков и химически отличный от кининов, «вещества Р», глюкагона и секретина. Полученное соединение оказалось способным вызывать расширение сосудов, понижать кровяное давление, повышать концентрацию сахара в крови и сердечный ритм.

«Science», v. 169, 1970, № 3951, p. 1217 (США).

● Группе ученых в США удалось выделить из плазмы крови людей антигемофильский фактор (F-VIII). Изучение химического строе-

ния этого фактора, принимающего непосредственное участие в процессах свертывания крови, показало, что он содержит 76% аминокислот, 10% углеводов и 11% липидов.

J. of Laboratory and Clinical Medicine», v. 77, 1971, № 2, p. 185 (США).

● Добиться значительного улучшения всех функциональных показателей у очень пожилых людей можно после внутримышечного введения им растворов аминокислоты цистеина. К такому выводу пришли сотрудники Отдела геронтологии в Копенгагене после 6-месячного наблюдения за группой мужчин и женщин в возрасте от 70 до 90 лет. Авторы считают, что положительный эффект достигается за счет нормализации под действием цистеина резко измененного к старости соотношения дисульфидных и сульфгидрильных групп в тканях организма.

«Acta Med. Scand.», v. 189, 1971, № 1, p. 27.

● Недавно М. Халпери (США) определил рубидий-стронциевый возраст биотитовых гранитов из Антарктиды, оказавшийся равным $3,06 \pm 0,8$ млрд лет. Таким образом, исследованные граниты оказались древнейшими из пород, найденных до сих пор в Антарктиде.

«Science», v. 169, 1970, № 3949, pp. 977—978 (США).

● Обработка результатов 22-летних (1940—1961 гг.) измерений геомагнитного поля в Северном и Южном полушариях позволила О. Вульффу (США) установить, что количество магнитных бурь в период летнего солнцестояния превышает таковое в период зимнего солнцестояния. Одновременно отмечается, что этот эффект выражен более ярко для станций, расположенных в высоких широтах.

«Journal of Geophysical Research», v. 76, 1971, № 7, pp. 1837—1840 (США).

● Недалеко от Хохтла-Ярва (Эстонская ССР) начата рекультивация заброшенных рудников. Эстонские специалисты выравнивают искусственно созданные горы, затем проводят работы по восстановлению плодородия почв. На рекультивируемых террито-

риях создаются искусственные водохранилища. Сейчас на месте бывших рудников (на площади 700 га) высажены деревья. Всего планируется рекультивировать 20 тыс. га бывших разработок.

«Наука и техника», 1971, № 6, стр. 33 (Рига).

● В Гданьской бухте установлен оптический бакен, сконструированный на морской станции Института геофизики Польской Академии наук в Сопоте. С помощью бакена определяется степень загрязнения вод Балтийского моря.

«Польское обозрение», 1971, № 16, стр. 8.

● В Краковском бюро цементно-известковой промышленности создано устройство, помогающее определить защитную зону вокруг источника промышленной пыли и газов, загрязняющих атмосферу. Установить действительные размеры распространения пыли и газов особенно важно при проектировании новых промышленных предприятий.

«Польское обозрение», 1971, № 6, стр. 10.

● В ФРГ разработана новая 12-канальная система телевидения, обеспечивающая одновременно передачу программ на 12 языках. Телевизионный кадр на «многоязычном» телевизоре сопровождается комментарием на любом языке. Телевизоры нового типа предназначены в основном для стран Африки, население которой говорит на нескольких языках.

«Новости ЮНЕСКО», 1971, № 6, стр. 7.

● Спелеологическая экспедиция обнаружила в пещере Нио (Аржес, Франция) неизвестную до сих пор «галерею», украшенную настенной живописью людей каменного века. Глинистая почва в галерее сохранила многочисленные отпечатки шагов первобытных охотников.

«La Recherche», v. 2, 1971, № 12, p. 439 (Франция).

Встреча с новой БСЭ

Третье издание Большой Советской Энциклопедии — значительное событие в культурной жизни страны. Мы живем в век бурного развития всех отраслей знаний, и это делает издание БСЭ необычайно сложной задачей. Новая БСЭ призвана отразить все накопленное человечеством богатство научных достижений, отобразить самое ценное из гигантского запаса информации, пополняемого ежедневно и ежечасно, и таким образом сконцентрировать в одном труде огромное количество справочных данных.

К осуществлению этой грандиозной работы привлечены крупнейшие ученые, писатели, общественные деятели, ее выполняют специалисты, обладающие большим опытом издания универсальных и отраслевых энциклопедий.

В настоящем номере «Природы» мы публикуем выступления ученых, специалистов в различных областях естествознания, содержащие общие впечатления о первых томах новой БСЭ, вышедших в 1970 и 1971 гг.

Каждая энциклопедия отражает свою эпоху

Профессор С. П. Капица
Москва

Нельзя не пожалеть, что наши писатели слишком редко справляются со словарем Российской Академии.

А. С. Пушкин

Помимо других, совершенно очевидных, качеств от рецензента энциклопедии требуется смелость. Действительно, возможно ли скромному рецензенту выступать с критикой труда могучего творческого коллектива, который своим объединенным разумом, по определению, превосходит чей бы то ни было? Однако недавно стали один за другим появляться приятно оформленные красные тома нового, третьего издания Большой Советской Энциклопедии, и само их появление заставляет нас подумать о том, как удалось составителям, авторам и редакторам энциклопедии осуществить свой замысел.

Последнее, третье издание БСЭ уже своим размером отличается от хорошо знакомого 51-томного второго издания 1948—1956 гг. Новое издание разместится в 30 томах почти прежнего формата. Словник же нового издания расширился, в нем планируется более 100 000 понятий. Для того чтобы в меньший объем вместить больше сведений, редакторы энциклопедии пошли по пути максимального уплотнения издания и увеличения его информативности. Это достигается не только более компактным набором в три столбца мелким шрифтом, но и путем очень тщательного редактирования текста, экономными размерами иллюстра-

ций, число которых по-прежнему велико. Быть может, новое издание несколько труднее для глаз, но зато на книжной полке оно будет занимать значительно меньше места, чем старое. Тираж же нового издания в 2 раза больше предыдущего и ныне составляет 600 000 экземпляров.

Авторский состав, так же, как и состав редакционного совета и главной редакции, возглавляемой акад. А. М. Прохоровым, исключительно сильный. Приятной особенностью нового издания стало то, что авторы даже небольших статей не зашифровываются инициалами, их фамилии пишутся полностью, и этим как

бы подчеркивается их личная ответственность. Может быть, поэтому многие статьи несут на себе отпечаток стиля самого автора, не смытого редактурой. Хороший, но далеко не единственный пример — это небольшая статья, можно сказать историко-литературная миниатюра, о блаженном Августине, написанная Лауреатом премии им. Ленинского Комсомола С. С. Аверинцевым.

Создается впечатление, что в целом статьи можно более или менее четко разделить на два вида. Читателю предоставляется большое число мелких статей, поясняющих множество частных понятий. С другой стороны, есть небольшое число значительных и по содержанию и по объему статей, посвященных отдельным научным дисциплинам, описанию стран, крупным общественно-политическим вопросам, некоторым основным понятиям естествознания и т. д. Такое разделение статей можно провести в любой энциклопедии, однако в БСЭ оно более резкое, чем в других: физик сказал бы, что спектр статей более жесткий. То, что в энциклопедии много мелких понятий, удобно для читателя, которому нужно просто понять специальный термин или навести справку по конкретному вопросу, иными словами в том случае, когда требуется больше словарь-справочник, чем энциклопедия.

Но, с другой стороны, исключительно важны отдельные крупные статьи, к которым, по традиции, предъявляются очень высокие требования. Классическим примером здесь служит статья В. И. Ленина о Марксе в Энциклопедическом словаре Граната. Физикам хорошо известна статья Релея о звуке в «Британской энциклопедии». Более близким нам примером является статья акад. А. Н. Колмогорова «Математика» в 1-м и 2-м изданиях БСЭ. Хорошо известна биографическая статья акад. С. И. Вавилова о Галилее во 2-м издании БСЭ. Многим знакома статья Н. К. Кольцова «Биология» в 1-м издании БСЭ.

В связи с этим следует отметить статью «Биология», написанную для 3-го издания (отдел «Биологии») во

2-м издании не является его украшением), и очень полезную инициативу издательства «Знание», выпустившего ее отдельной брошюрой. Может быть, вообще следовало бы систематически отдельно издавать такие важные и обобщающие статьи. Составленные вместе, они, несомненно, могли бы образовать очень полезную библиотечку о современной науке. Ведь именно такими статьями решается важная задача энциклопедии — дать систематическую сводку знаний.

Было бы очень удобно иметь в виде отдельной брошюры компактный очерк о географии, экономике, истории, культуре и науке различных государств. Такие брошюры нужны путешественнику и туристу — не возить же с собой том энциклопедии! С другой стороны, единство стиля, авторитетность, точность, полнота, совмещенная с лаконизмом энциклопедического издания, поставили бы эти брошюры на значительную высоту по сравнению со многими справочными изданиями, написанными отдельными авторами о различных странах.

Важной составляющей частью энциклопедии являются биографические статьи. Не входя в их подробный анализ, следует только отметить однородную и тщательную редактуру этих статей. Однако чем больше вдумываешься в состав тех лиц, которые нашли свое отражение в БСЭ, все больше убеждаешься в необходимости советского биографического словаря о наших современниках. Таким путем можно было бы не только полнее охватить выдающихся людей нашей страны, но в ежегодном издании было бы проще поспеть за быстро текущей, а иногда и изменчивой славой нашей жизни, темп которой намного стремительнее издательской инерции БСЭ. Появление такого словаря, несомненно, облегчило бы решение вопроса о составе лиц, вошедших в БСЭ, а с другой стороны, учитывая большой моральный потенциал БСЭ, помогло бы обеспечить ту необходимую ретроспективу, которая нужна для оценки значимости тех, кто включается в словарь. Заметим, что предложение о советском биографическом

словаре уже обсуждалось в «Природе»¹.

Естественно, что рецензент не может не указать на некоторые мелкие дефекты. Так, в статье о Даниэле Бернулли не указано издание русского перевода его основного труда «Гидродинамика», вышедшего в серии «Классики науки» в 1959 г. Любопытного читателя всегда интересуют понятия из других наук. Вскоре после содержательных статей «Атмосфера» и «Атом» есть небольшая статья «Атрофический ринит свиней». Ни в двухтомном справочнике колхозника-производственника, ни в более подробной шеститомной сельскохозяйственной энциклопедии указанного понятия нет. Его нет и во втором издании БСЭ, и только в многотомной и еще не завершенной «Ветеринарной энциклопедии» можно найти исчерпывающую статью о «криворылости свиней», занимающую три страницы. По-видимому, в словник БСЭ были просто автоматически включены существенные понятия из словарей отраслевых словарей, что, наверное, не всегда было правильно.

В целом новая БСЭ представляется полезным и содержательным изданием. Критическое, но в то же время достаточно сдержанное в своих оценках, новое издание БСЭ, несомненно, поможет формированию мировоззрения, основанного на передовых понятиях современной науки.

Каждая энциклопедия отражает свою эпоху, лучшие же из них опережают ее. Так было, когда 200 лет тому назад в канун Французской революции создавалась энциклопедия Дидро и Д'Аламбера. В XIX в. «Британская энциклопедия», эта энциклопедия Форсайтов, стала отражением викторианской Англии и Британской империи. Третье издание БСЭ появляется в период, справедливо называемый эпохой научно-технической революции. Оно выходит в годы, когда особенно остро возникла необходимость ответить на современные вопросы общественного

¹ См. Ф. К. Величко. Нам нужен биографический словарь. «Природа», 1970, № 11.

развития, творчески противопоставить социалистическое мировоззрение чуждой идеологии.

В наше время, когда происходит все более и более узкая специализация знаний, особенно остро стоит вопрос о создании у образованного читателя современной синтетической картины мира, требующей широких обобщений. Многие считают, что для

этого сейчас как никогда важна популяризация и пропаганда знаний. В известном смысле энциклопедию следует рассматривать как грандиозный научно-популярный труд, отвечающий высшим требованиям не только точности, но и доступности, а потому способный преодолеть межотраслевые перегородки знаний. Это, по существу, новая задача для

энциклопедии, задача, которая определена как ростом образованности современного читателя, так и специализацией наук.

Вышедшие тома третьего издания БСЭ вселяют в нас уверенность, что именно таким целям будут служить эти книги, которые представляют собой крупное явление в нашей культурной жизни.

Следует ли руководствоваться принципом сиюминутной важности?

Профессор А. И. Китайгородский
Москва

Большая энциклопедия — это зеркало мировой и национальной культуры. Невозможно переоценить значимость подобного издания в воспитании и образовании всех граждан нашей страны. Действительно всех. Это не преувеличение. Энциклопедия нужна пионерам и пенсионерам, рабочим и ведущим ученым, колхозникам и писателям. К ней обращаются по самым разным поводам — как к высшему авторитету при сомнении об исторической дате или смысле слова, как к справочнику, с помощью которого можно выяснить, для чего применяется акрихин, как выглядит бледная поганка, кто в Бразилии занимается философией, как происходит бессетевой лов рыбы, как устроен аэромагнитометр и узнать еще про тысячи самых разных вещей.

Наряду с такой «мгновенной» службой энциклопедия несет еще одну важнейшую нагрузку. Ее большие статьи, посвященные широким проблемам, выполняющие роль краткого введения во все области науки, техники, искусства, позволяют ясно представить себе современное состояние вопроса и служат ключом в поисках литературы по новой для читателя теме.

При решении этих разнообразных

задач составителям и редакторам нового издания БСЭ приходится преодолевать множество трудностей.

Однако работа над двумя предыдущими изданиями, использование опыта старых русских и зарубежных энциклопедий и тщательное предварительное обсуждение словника не прошли даром. Что касается перечня «слов», удостоенных помещения в энциклопедию, то он, вероятно, может считаться почти исчерпывающим. В большинстве случаев справедливо и распределение объема. Нельзя не сказать, что по содержанию статей, по их глубине, всесторонности, объективности и строгой научности новое издание решительно превосходит предыдущее.

Но все же при просмотре первых томов у меня возникали сомнения, иногда появлялось чувство неудовлетворенности, о чем и хотелось бы рассказать.

Я вполне понимаю заботу редакции об ярком отражении современности и, в частности, об отражении во всех томах энциклопедии современных выдающихся успехов в различных областях науки, техники и культуры. Тем не менее думается, что эти задачи должны быть выполнены не в ущерб прочим.

Мне кажется, что можно было бы

уделить больше внимания историческим личностям, быту и нравам прошлых веков, да и современной этнографии далеких от нас стран. Моральные и религиозные проблемы, занимавшие и занимающие и сейчас многие выдающиеся умы человечества, также могли бы быть представлены в энциклопедии более значимо. Вот несколько примеров.

Об альтруизме написано полстолбца сухонным языком. Неужто важнейшая проблема этики не заслужила большего внимания? Разве не следовало бы рассказать о том, как трактуется это понятие в многочисленных этических построениях? Хотя бы список литературы надо было бы дать читателю. Но нет и этого.

Обращает на себя внимание бледная статья «Бог». Разве не существенно именно для советского читателя, живущего в «безбожном» обществе, познакомиться детально с религиозными представлениями о боге, с эволюцией этих представлений, с их разноплеменными модификациями? Ведь в этом слове заключен огромный кусок культуры прошлого и важные черты современных мировоззрений в значительной части земного шара.

Слову «Богадельня» отведено пять

строк. Но ведь читатели классической русской литературы часто встречаются с этим словом. Их, наверное, могут заинтересовать детали устройства и функционирования подобных заведений. Я боюсь, что эти пять строк, так же, как и слишком скупое изложение и других понятий и событий, не имеющих современного звучания, свидетельствуют о том, что иногда редакция руководствовалась принципом: «а зачем это нам нужно сегодня?» Но уместен ли прагматизм и идея о сиюминутной важности в энциклопедическом словаре?

Таких примеров немного и сомнения в справедливости некоторого пренебрежения к истории, этнографии и этике родилось у меня в основном из-за того, что уж слишком мало строк отведено для таких слов, как «Амур» (богу любви — три строки, а реке — два столбца), «Аль-кальд», «Альтинг», «Амазонки», «Аргонавты», «Архаизмы», «Благо» и т. д.

Боюсь, что многим эти мои замечания покажутся не заслуживающими внимания, и перехожу к тому, что считается более важным.

Редакция вполне справедливо полагает, что работу механизмов и машин и детали технологии того или иного производства никто по энциклопедии изучать не будет. Поэтому, перечисляя вполне тщательно все, что могло бы заинтересовать читателя в области техники, авторы статей сосредотачивают свое внимание на общих принципах. Если приводятся детали, то лишь как примеры. Однако представляется странным распределение материала среди статей по аэродинамике: если понятию «Аэродинамическая труба» дано шесть столбцов, то слово «Аэродинамика» получило три столбца, да и эти три столбца не дают сколько-нибудь ясного представления о теории аэродинамики.

Статья «Автомобиль» неудачна и бедна. Устройство автомобиля — предмет любознательности самых широких слоев населения. Мне думается, что от энциклопедической статьи читатель ожидает технико-экономического анализа автомобилей, которые производятся разными странами и фирмами. Требования,

предъявляемые к автомобилю, зачастую противоречивы: большой размер удобен в дороге и нехорош при хранении, мощный двигатель приятен, ибо дает скорость и маневренность, но зато расходует много бензина; комфорт и дешевизна всегда в споре. Все эти данные нужно было бы проанализировать в деталях — нужны цифры, таблицы. Ничего этого нет. Правда, читателя отсылают к другим статьям, посвященным частным проблемам, но это не выход: слово «автомобиль» заслуживает большего места и внимания.

Очень приятное впечатление оставили у меня статьи по географии. Они составлены по некоей жесткой схеме. В них легко ориентироваться в поисках ответа на нужный вопрос. Карты выполнены хорошо и описания к ним не оставляют желать лучшего. В качестве примера можно привести хорошо продуманную и четко исполненную этнографическую карту Азии, которая позволяет получить ясное представление о заселении Азии разными народами.

На третий том пришлось большое количество статей, начинающихся с «био». Биологические статьи есть и в других томах. Понимая великолепно, сколь сложна задача краткого изложения на страницах энциклопедии этих бурно развивающихся областей науки, я все же рискнул высказать некоторое свое недовольство характером этих статей.

Создается впечатление, что существенная часть материала построена по образцу статей юбилейного сборника. Статьи «Биохимия» и «Антропология» пестрят фразами: «...Большой вклад в развитие того-то и того-то внесли...» (несколько строчек имен); «много сделали создатели крупных школ и направлений...» (десяток строк имен западных ученых); «В СССР эту область исследований представляют такие-то, такие-то и такие-то» (несколько строчек имен) и т. д. Может быть, эти списки имен и нужны, но не следует подменять ими изложение основных идей и фактов науки.

Чем уже предмет, тем задача изложения его принципов становится, разумеется, проще. Статьи «Биогеохимия», «Биогеоценоз», «Биополиме-

ры», «Биогидроакустика» дают хорошее представление о научном содержании этих разделов биологии.

Огорчившись поминальным характером многих биологических статей, я обратился к слову «Белки» в поисках конкретного научного материала. Статья составлена неплохо. Однако в упрек автору можно поставить отсутствие рассказа о сущности метода, с помощью которого были достигнуты феноменальные успехи в области установления полной структуры белковых молекул.

Разумеется, у меня не было возможности детально просмотреть научные статьи, относящиеся к отдельным более конкретным понятиям и эффектам. Но то, что я прочитал, мне всегда нравилось, за редкими исключениями. Вот одно из них.

Мало того, что «Бейеса теорема» изложена скупо, но вдобавок дано оправдание этой краткости, которое заключается в том, что «она потеряла свое значение». По-моему, наоборот — бейесовский подход возродился в методах современной обработки эксперимента.

Недоумение вызвала у меня статья, посвященная Аристотелю. Как можно не подчеркнуть, что учение Аристотеля было канонизировано церковью, положено в основу церковной схоластики, которая тормозила развитие науки?

Просматривая хорошую статью о законе больших чисел, я обратил внимание на соседнюю статью, рассказывающую об этом же законе в экономической науке. Я отказываюсь понять, что значит: «Б. ч. з. не образует закономерность, а лишь управляет ее проявлением» или «Б. ч. з. не в состоянии... предопределить размеры отклонений от среднего уровня» и т. д. Видимо, мы с автором этой статьи разделены непреходимым семантическим барьером.

По соседству с «Абсолютно черным телом» находится статья «Абсолютное и относительное ухудшение положения пролетариата». В предисловии нас предупреждают, что ключевым словом может явиться не только имя существительное, но и имя прилагательное. Но в статье «А. и о. у. п. п.» пять входов, и все не очень характерные. Не лучше ли по-

добные проблемы обсуждать в более общих больших статьях. Сама статья малоинтересна. Удивляет отсутствие цифр, которые должны были бы иллюстрировать утверждения автора.

Очень удачны небольшие статьи по искусству и разделы, касающиеся искусства и архитектуры, в больших статьях, посвященных отдельным государствам (например, Бразилии). Что же касается статьи «Архитектура», то она читается без интереса, так как содержит много пустых фраз. Например, в ней говорится следующее: «После 1917 г. развитие А. капиталистического общества становится все более противоречивым, отражая, с одной стороны, эгоистические интересы правящего класса и его реакционную идеологию, с другой — продолжающееся развитие производительных сил, общественный характер производства и растущую силу трудящихся масс...» Фраза остается висеть в воздухе, поскольку не сказано, в чем же, в каких архитектурных мотивах проявились эти противоречия. Или далее: «В 1930-х гг. функционализм, распространившийся в А. всех капиталистич. стран, во многих случаях приобрел характер, безразличный к специфике местных условий, служа апологии буржуазного прагматизма». Но ведь прагматизм как раз и означает приспособление к практическим целям. А разве можно удовлетворить практическим целям без учета местных

условий? Неясно. По-моему, очень неудачная статья.

Статья «Актерское искусство» хорошо рассказывает об эпохе, заканчивающейся серединой XIX в. О том, как развивалось актерское искусство далее, нам практически ничего не сообщают, а приводят лишь фразы такого рода: «В театре Мейерхольда выросли такие актеры сов. театра, как...»

Теперь несколько общих замечаний. По-моему, не совсем благополучно обстоит дело с литературными ссылками. Большие статьи, как правило, сопровождаются более или менее обширными списками литературы. Но не всегда. Статья об атомной физике тому пример. Всего четыре ссылки, из них три на популярные сочинения и одна на педвузовский учебник. Это совершенно неудовлетворительно. Нужен был бы список на 40—50 названий русских и иностранных книг, с подразделением библиографии на популярные сочинения, общие курсы, специальные монографии и т. д.

Еще хуже, что в маленьких статьях довольно часто вообще отсутствует рекомендательная литература. Вот хороший пример (так, по-моему, должно быть): «Биоциклы» — статья в 11 строк, список литературы в 6 строк. К сожалению, так делается редко. Рядом «Биоценометр» — ссылок нет, «Биохор» — ссылок нет, «Бипиннария» — ссылок нет, «Бир» — ссылок нет. В общем, в маленьких

статьях ссылок нет, как правило. Я понимаю, что увеличение числа ссылок повлекло бы за собой существенное увеличение объема, но все же хоть одну ключевую ссылку следовало бы давать.

Теперь несколько слов о персоналия. Эти статьи занимают внушительную долю общего объема. В основе персоналия БСЭ лежит, видимо, несколько формальных принципов. Строки предоставляются всем лауреатам Нобелевской премии, всем академикам и членам-корреспондентам АН СССР, всем академикам республиканских академий, всем народным артистам СССР и т. д. Может быть, в дальнейшем нужно подумать о специальном справочнике — советском «Who is who» для современников, а в БСЭ оставить место лишь для имен, вошедших в историю культуры.

Было бы несправедливо не сказать, сколь выгодно отличается третье издание БСЭ от предыдущего в отношении оформления. Три столбца смотрятся лучше двух, хорошо чередуются шрифты. Карты я уже хвалил, во всем прочем оформление вполне удовлетворительное.

Начало нового издания БСЭ — большое событие в культурной жизни нашей страны. Редакция БСЭ с успехом выполняет эту ответственную работу. Я закончу эти заметки благодарностью сотрудникам издательства за их огромный и кропотливый труд.

Главное — объективность и точность

Член-корреспондент АН СССР В. Л. Рыжков
Москва

По первым томам судить о новом издании БСЭ еще, конечно, нельзя. Даже если мы возьмем одну статью, например «Антитела», то она связана с «Иммунитетом», которого нет в этих томах, и результат еще неясен.

Но, с другой стороны, реагировать на выход первых томов полезно, потому что редакция может кое-что учесть, если согласится с замечаниями.

Первое, на чем хотелось бы оста-

новиться — это вопрос о богатстве информацией, к которому примыкает вопрос об экономности и концентрированности изложения. Мне кажется, что сама структура недостаточно экономна. В энциклопедии

многие понятия дробятся на большое количество отдельных маленьких статей. Например, есть «Антисептика» и «Антисептические средства». При таком дроблении избежать повторений нельзя. Таким образом, сузается простор для информации.

Это чувствуется в некоторых больших статьях. Например, статья «Антропология» большая, в ней рассматривается история этой науки, ее содержание, но все-таки изложение недостаточно конкретно. Так, пишется о биохимическом сходстве у человека и обезьяны, но не говорится, в чем оно состоит. Слишком много общих фраз и недостаточно фактов. Я думаю, что это недоработанная статья. Гораздо легче писать общие фразы, чем приводить цифры, факты, таблицы.

Теперь вопрос о теоретической биологии. Он встал очень остро, потому что во 2-м издании энциклопедии был допущен целый ряд ошибок в этом отношении. Под названием «творческий дарвинизм» пропагандировались антинаучные взгляды. Конечно, когда берешь первые тома, возникает желание посмотреть, как исправлены эти ошибки. Надо сказать, что эти ошибки полностью исправлены.

Но тут я должен сделать одно замечание. Я испытываю некоторое беспокойство в отношении возможных перегибов. Ведь наука не терпит догматизма. А вот такая маленькая статья, как «Антидарвинизм», вызывает у меня опасение такого рода.

Я не уверен, что статья в таком виде нужна. Ведь что такое «анти» — каждый понимает. Если бы там было рассказано об обезьяньих процессах и других выступлениях против Дарвина — я бы понял ее значение. Однако в ней антидарвинизм называют просто разные научные направления в эволюционной теории: и автогенез, и трансформизм, и целый ряд «измов». Надо считаться с тем, что сам дарвинизм имеет много оттенков.

Если уж говорить об этих вопросах, вернемся опять к «Антропологии». Там упоминается классический труд Дарвина «Происхождение человека и половой отбор». Но вы откуда не узнаете, что Дарвин, изучая

происхождение человека, может быть, впервые усомнился в том, что естественным отбором можно объяснить происхождение всех признаков. Что Энгельс, как и Дарвин, как и все в эпоху Энгельса, стоял на точке зрения передачи по наследству приобретенных признаков. Следовательно, когда Энгельс говорил о развитии руки человека путем труда, то эти процессы он представлял себе проще, чем представляет себе современная наука. Вот такие углы не надо сглаживать, а надо, наоборот, с полной четкостью информировать читателя о фактической стороне вопроса. Эти недостатки, мне кажется, подлежат устранению.

Теперь о неточных формулировках, об ошибках, которых вообще, наверное, нельзя избежать ни в одном издании и за которые меньше всего можно упрекать. Подобного рода неточности легче всего пропустить в статьях комплексного характера. Возьмем, например, статью об Австралии. Содержательная, большая, очень интересная статья. Но доходим до пункта «Наука», где упоминается Бернет — очень крупный микробиолог, один из наиболее биологически образованных микробиологов во всем мире, и в рассказе о его работах встречаем неточности. Например, говорится, что Бернет выделил вирус лихорадки «ку», а возбудителя лихорадки «ку» никто теперь вирусом не считает, этот возбудитель — риккетсия. Если присмотреться, там найдутся еще неточности, да и в целом оценка работ Бернета не совсем точна. Думаю, что таких промахов можно избежать, если в комплексных статьях каждые две-три строчки показывать специалисту.

Я коснусь еще одного момента, хотя это, может быть, еще менее важно. Вот, например, в статье «Алкалоиды» написано, что кофеин и стрихнин — возбуждающие алкалоиды, а теобромин — мочегонный. Верно, но не вполне точно. Потому что кофеин, теофиллин и теобромин — это один ряд соединений. И теобромин возбуждает нервную систему, и кофеин обладает мочегонным действием. Стрихнин и кофеин настолько резко действуют, хотя и

«возбуждают» нервную систему, что фармакологи их, вероятно, не сопоставили бы.

Это, конечно, мелочи, но мне хотелось бы обратить внимание на то, что энциклопедия выиграет, если каждая ее строчка будет на высоком уровне в смысле научной точности. Тогда энциклопедия будет и богаче информацией. Ведь в тех же строчках можно было бы рассказать об алкалоидах интереснее и дать больше информации.

В статье «Базидиальные грибы» написано, что после того, как сливаются мицелии, возникают диплоидные мицелии. Но как раз базидиальные грибы тем и характеризуются, что каждая клетка несет два ядра и возникает не диплоид, а дикарион, и только в базидии сливаются ядра. Там действительно двойной набор хромосом, но только в отдельных ядрах. Это не принято называть диплоидом — это дикарион.

Я не вполне доволен статьей «Антитела». Сейчас много работ по антителам, детально изучено не только строение гамма-глобулина, но и аминокислотный состав и проведено сравнение его у разных животных. Это огромная, очень увлекательная область молекулярной биологии. Наверное, можно было бы сказать об антителах несколько больше. Думаю, что можно было бы и привести электронномикроскопическое изображение антитела, ведь оно уже имеется.

Статья о бактериях производит впечатление архаичной. Прочтя ее, вы не узнаете, например, что бактерии передают информацию с помощью кольцевой нити ДНК. Там ничего не говорится об этой нити. Но ведь она так хорошо известна, что можно было бы указать ее размер. В описании жизненного цикла бактерий нет даже упоминания о так называемом половом процессе у бактерий, о связи изменчивости бактерии с эписомами (так называемая инфекционная наследственность). Я думаю, что автора статьи о бактериях можно упрекнуть в субъективизме: он пишет на основе собственных наблюдений будто бы настоящих ядер у определенной группы бактерий. Эти данные авто-

ра достаточно сомнительны и нуждаются в проверке. Думаю, что авторы энциклопедии должны быть более объективны.

Теперь несколько слов более общего характера. В целом мне нравится оформление первых томов. Но мне несколько грустно, что биологический материал иллюстрирован не самым лучшим образом. Я об-

ратил внимание, что в маленькой статейке «Антолиз» приводится цветок, подвергшийся антолизу. Но специалисту этот рисунок ничего не дает без сопоставления с нормальным цветком. Надо модернизировать иллюстрации. Как правило, нужно давать электронномикроскопические снимки и т. п.

Хотя я и старался выискать все,

что мне кажется дефектным, думаю, что начало сделано хорошее. Остается пожелать редакции наиболее совершенным образом справиться с той огромной задачей, которая стоит перед ней. Ведь энциклопедия — это памятник нерукотворный, это капитальнейшее произведение, характеризующее эпоху.

Побольше статистики!

Ф. К. Величко
Кандидат химических наук
Москва

Третье издание БСЭ мне нравится гораздо больше второго, но, видно, в каждом из нас есть что-то от старухи из пушкинской сказки: постоянно хочется лучшего.

Основной недостаток третьего издания БСЭ — малая плотность информации, недостаточное использование языка цифр. Для иллюстрации возьму «Аэрофлот» — огромное объединение, услугами которого пользуется большинство из нас. Такого слова во втором томе новой БСЭ нет. Догадываюсь, что его надо искать под рубрикой «Авиация» в первом томе. Но 110 слов, посвященных там «Аэрофлоту» в разделе «Гражданская авиация в 50—60 годах», мне мало что дают — полностью отсутствуют сведения о размахе его деятельности. Эти данные не представляют никакой «военной тайны», я без труда нахожу их в справочном отделе... ежедневной газеты (I) ГДР «Der Morgen» (номер от 23 января 1971 г.):

«АЭРОФЛОТ» — одно из самых больших в мире объединений по воздушным перевозкам. За последние 5 лет им перевезено более 300 млн пассажиров. Протяженность авиалиний 600 тыс. км (в том числе заграничных более 150 тыс. км). Авиалиниями связано более 3500 населенных пунктов СССР. Машины «Аэрофлота» летают в 60 стран мира. Материально-техническая база постоянно совершенствуется, за ис-

текшую пятилетку реконструировано около 300 аэродромов».

В 60 словах все, что нужно. Признаться, я сначала подумал, что данные взяты из БСЭ... увы!

Кстати говоря, в вышедших томах БСЭ нет не только «Аэрофлота». Отсутствует крупнейший винодельческий трест Армении «Арагат», мощное болгарское промышленное объединение «Балканкар».

Примером «Аэрофлота» не исчерпываются случаи неполноты фактических данных. Почему, спрашивается, данные о капитальных вложениях в Асуанскую плотину я должен черпать из «Вечерней Москвы», а не из соответствующей статьи во втором томе? О производстве и потреблении алюминия (том I) сказано, что оно «непрерывно растет, опережая по темпам роста производство стали, меди, свинца цинка...» — только и всего, ни одной цифры! Точно так же вы ничего не узнаете из третьего тома о производстве бария и размещении бариевых руд.

При характеристике химических продуктов, производящихся в промышленном масштабе, экономические показатели просто необходимы, иначе даже простейшей ориентировки у читателя не получается. Возьмем статью «Бензол» в третьем томе. Если бы после строк «Б.— важнейшее сырье хим. пром-сти» следовал ряд цифр, например:

спрос на бензол в США и Канаде — 4 млн т в год и в течение предстоящего десятилетия будет увеличиваться на 5—7% ежегодно; для Японии те же показатели составляют 1,5 млн т и 12%. В странах общепромышленного производства по оценке 1970 г. 1,13 млн т. Бензол!,—

сразу стало бы видно, что это — солидное производство. Но этого ничего нет, и автору приходится многословно объясняться с читателям, что, конечно, неэкономно. Экономия на статистике, редакция БСЭ, тем не менее, считает нужным при указании удельного веса веществ систематически приводить одну и ту же цифру дважды, в двух размерностях, например, для того же бензола: плотность 879,1 кг/м³ (0,8791 г/см³). Вот уж, поистине, где густо, а где пусто!

Химикам, которым заказываются статьи о веществах, вовсе не обязательно рыть литературу в поисках экономических данных. Такую информацию легко организовать централизованно: наши институты, ведающие экономикой, несомненно могут предоставить редакции БСЭ необходимые данные в любом объеме прямо по словнику.

1 «Petroleum Press Service», 1970, v. 37, № 11, pp. 411—413.

Еще немного о химии. Поскольку БСЭ — это не «Химическая энциклопедия», при характеристике вещества надо по-моему меньше писать о различных химических реакциях (специалист не полезет в БСЭ за такой справкой, а неспециалисту перечень реакций ничего не дает), а побольше — о свойствах, полезных человеку, обеспечивающих применение этого вещества в практике. Следует, с моей точки зрения, повысить также плотность информации, особенно в маленьких статьях (а таких в БСЭ больше всего), с помощью системы пересылок.

Как я себе представляю маленькую статью о веществе, попытаюсь показать на примере арахидоновой кислоты. Во втором томе БСЭ эта статья выглядит так (стр. 162):

АРАХИДОНОВАЯ КИСЛОТА, витамин F¹, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4\cdot(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$, жирная кислота, незаменимая в питании человека и животных. А. к. — бесцветная маслянистая жидкость; мол. масса 304,46; t пл. 49,5°С¹. А. к. легко

¹ Неточность: в комплекс витамина F, помимо арахидоновой, входят, и даже с большим процентным содержанием, линолевая и линоленовая кислоты. См. М. Д. Машковский. Лекарственные средства. «Медицина», М., 1964, стр. 127.

¹ В БСЭ опечатка. На самом деле минус 49,5°С.

окисляется кислородом воздуха.

В составе липидов А. к. найдена в мозгу, печени и молочном жире млекопитающих. В фосфолипидах надпочечников А. к. составляет ок. 20% от суммы жирных кислот. При гидрировании А. к. образует арахидоновую кислоту, встречающуюся в маслах бобовых растений, в частности — арахиса.

Я бы написал эту статью чуточку иначе:

АРАХИДОНОВАЯ КИСЛОТА, $\text{CH}_3\cdot(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$. Незаменимая в питании человека и животных кислота (t пл. — 49,5°), входящая в комплекс витамина F (см. витамины). Участвует в процессах обмена жиров (см. липиды) и белков, уменьшает содержание холестерина в крови (см. холестерин), способствует выделению молока. Находится в животном и рыбьем жире, молоке, некоторых растительных маслах (ореховое 1,6%). Добывается из надпочечников крупного рогатого скота, где составляет 20% всех фосфолипидов. Легко окисляется на воздухе.

Три пересылки (на витамины, липиды и холестерин) дадут читателю дополнительную информацию, позволяющую более четко представить себе важную роль арахидоновой

кислоты. Упоминание в тексте БСЭ гидрирования арахидоновой кислоты до арахидоновой пользы не принесет, так как про арахидоновую кислоту в энциклопедии уже ничего не сказано, а даже для меня, химика-органика, это название — звук пустой.

В цифровом материале БСЭ встречаются опечатки. В третьем томе мне попался на глаза бензидин, у которого перепутаны местами цифры температуры кипения и температуры плавления, в результате чего получилась веселая несуразица. Редакция поступила совершенно правильно, начав составление списка опечаток в вышедших томах, не дожидаясь конца издания.

Чтобы не показаться брюзгой, скажу и о том, что мне в химических статьях нравится. Очень верно поступает редакция БСЭ, приняв за правило отмечать ядовитые свойства веществ и меры первой помощи при отравлениях этими веществами, а в случае медикаментов — еще указывать и противопоказания к их применению. Известно, что самолечение с помощью энциклопедии — распространенное явление.

Общее впечатление таково: третье издание БСЭ гораздо лучше второго, но... неплохо бы ему позавидовать у первого издания БСЭ насыщенность статистическим материалом.

Пожелаем более быстрого выхода томов

Б. А. Старостин
Кандидат биологических наук
Москва

Первые тома третьего издания Большой Советской Энциклопедии уделяют биологии гораздо больше внимания, чем первые два издания. И это естественно: ведь роль биологии за последние десятилетия чрезвычайно возросла.

Сравнивая словники, мы видим,

что в новое издание вошло множество статей по различным отраслям биологии, которых не было в первых двух. Многие из этих статей представляют, в сущности, краткие научные обзоры. Популярность издания в новом издании по сравнению с предыдущим несколько снижена, но

это, очевидно, вполне оправдывается возросшим уровнем подготовки читателей.

Статьи не только умножились количественно, но стали более полными, связными и компетентными. В биологической части это сказалось, пожалуй, сильнее, чем в статьях по

другим отраслям естествознания. Достаточно сравнить статью «Биология» в пятом томе второго издания (1950) и в третьем томе третьего. В новой статье устранены прямые искажения, имевшиеся в старой¹, и впервые в нашей массовой справочной литературе дана должная оценка таким явлениям, как сессия ВАСХНИЛ (1948) или дискуссии по физиологии в АМН (1950) и по эволюционной морфологии (1953). Но что, может быть, еще важнее, вся статья «Биология» перестроена в плане большей содержательности, информативности, устранения деклараций, зачистую подменявших в предыдущем издании конкретное изложение.

Явно идут поиски оптимальной структуры издания. Увеличение числа статей в новой БСЭ сопровождается уменьшением общего объема издания: его три тома (объем около 220 печ. л.) соответствуют более чем пяти томам предыдущего (около 450 печ. л.) и семи томам первого.

Энциклопедии в мире до настоящего времени следовали двум планам построения: либо включали относительно небольшое число крупных статей, а неудобство наведения мелких справок при этом компенсировалось составлением подробного указателя; либо, наоборот, указатель упразднялся, а все самые мелкие предметы, насколько это возможно, выделялись в статейки по несколько строчек.

Типичным примером первого пути является «Британская энциклопедия», второго — французская энциклопедия, так называемый «Ларусс». Оба пути имеют преимущества и недостатки. В первом случае статьи приобретают более научный и связный характер, становятся как бы «документами эпохи», но зато затрудняется прямое справочное использование. Во втором случае моментальные справки наводятся легче, но издание в целом приобретает «лапшеобразный», не пригодный для чтения характер.

Хотя БСЭ в целом избегает крайностей обоих этих вариантов, можно заметить, что в первом издании (1929—1947) она следовала больше

типу «Ларусса», хотя с большими отклонениями; второе (1949—1958) издание несколько приблизилось по построению к «Британской энциклопедии», включая составление пространный указателя.

Представляется, что принятые в новом, третьем издании размеры статей и соотношения между ними выбраны удачнее по сравнению с предыдущими. Число томов уменьшается: в первом издании их было 65, во втором 51, в третьем намечается всего 30. Правда, если ход этого уменьшения аппроксимировать какой-нибудь подходящей функцией, например арккотангенсом, то получим, что в четвертом издании будет что-нибудь около 20 томов. Но надеюсь, этого не произойдет. Ведь задача сводится не к механическому сжатию, а к тому, чтобы удовлетворить двум часто спорящим друг с другом требованиям: расширению содержания и повышению компактности.

Две крупнейшие биологические статьи нового издания, «Биология» и «Ботаника», не проигрывают и при сравнении с лучшими зарубежными энциклопедиями, например британской или американской. Статьи в «Британской энциклопедии» перегружены подробностями, затрудняющими справочное использование; в БСЭ многие соответствующие главы выделены в самостоятельные статьи (например, «Экология», «Эволюция» и т. д.), зато в остальных внимание сосредоточено на наиболее общем материале, который собственно и составляет специфику статьи. Что касается «Американской энциклопедии», там статья «Биология», в сущности, включает только анализ определения жизни и перечень имен, долженствующий заменить исторический очерк; статья «Ботаника» перегружена перечислением семейств растений по устаревшей системе, очерк же истории ботаники почти полностью ограничивается Соединенными Штатами. Объективность требует отметить, что в БСЭ и особенно в ее последнем издании очерки по истории науки вообще одна из сильных сторон.

Большой интерес представляют также статьи, как «Биогеохимические провинции», «Биоллюминесценция»,

«Биоэлектрические потенциалы», «Ботанические сады» и др., каждая из которых может служить настоящим введением в литературу предмета, чему способствует и удачно подобранная библиография в конце статей. Успела попасть в третий том и статья «Ботаника», включающая современную классификацию ботанических дисциплин и подробный (насколько это возможно в энциклопедии) исторический очерк, доведенный до современности.

Некоторые страницы новой энциклопедии хочется читать подряд, забыв о том, что это издание, предназначенное для справочного наведения справок — например, серию статей «Ботаническая география», «Ботанические журналы», «Ботанические карты», «Ботанические музеи», «Ботанические сады» и др.

Полнее стало объяснение терминов, дается указание их происхождения. Впервые приводится этимология и оригинальное написание всех географических названий и фамилий на западноевропейских языках, пользующихся латинским алфавитом. Излишне говорить, как это удобно для наведения справок. Но в этом плане есть и промахи. По-видимому, то, что названия на восточных языках даются только в русской транскрипции, можно объяснить трудностями набора. Однако совершенно непонятно, почему не дается оригинальное написание имен для языков народов СССР на латинской графике (латышский, литовский, эстонский). Жаль, что греческие термины пишутся латинскими буквами.

В первые тома вошло много биографических статей о замечательных исследователях; все же, на мой взгляд, следовало бы пополнить словник персоналиями. Конечно, здесь надо соблюдать меру; но вряд ли можно оправдать отсутствие сведений о М. Адамсе, И. Аммане или А. Ф. Бодде.

Насколько можно видеть по вышедшим томам, энциклопедия на правильном пути. Пожелаем ей дальнейших успехов, а также и сокращения сроков выхода томов: ведь если в год будет выходить по три тома, издание окончится разве лишь к 1980 г.

¹ См. также статью «Агробиология» в первом томе второго издания, 1949.

НОВЫЕ КНИГИ

Н. И. Кондаков. ЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ. М., «Наука», 1971, 656 стр., ц. 5 р.

Логический словарь содержит почти 3 тыс. статей и заметок, «в которых,— по словам автора книги,— излагаются основные понятия, категории, законы и правила традиционной формальной логики и элементарные основы математической логики, рассказывается о применении современной логики в науке и технике...» Словарь включает наиболее распространенные термины и понятия на иностранных языках. В книге есть также статьи по теории познания и теории информации, заметки по истории логики, справки об отечественных и зарубежных логиках и их трудах, а также о тех философах и ученых, которые внесли вклад в развитие логики. К книге приложен список литературы в 1755 названий и указатель имен.

Рудольф Карнап. ФИЛОСОФСКИЕ ОСНОВАНИЯ ФИЗИКИ. Введение в философию науки. Перев. с англ. М., «Прогресс», 1971, 390 стр., ц. 1 р. 10 к.

В книге одного из крупнейших представителей современной зарубежной философии рассматриваются почти все основные методологические проблемы научного познания. Место философии в системе наук, научное объяснение и предсказание, вероятность и измерение, причинность и детерминизм — все эти общетеоретические вопросы анализируются Р. Карнапом с позиций неопозитивизма. Как отмечают во вступительной статье И. Б. Новиков и Г. И. Рузавин, определенную материалистическую тенденцию можно проследить не только в критических высказываниях Р. Карнапа о некоторых философ-

ских школах, но и в решении им ряда конкретных методологических вопросов процесса научного познания.

Книга написана достаточно популярно и рассчитана на широкие круги интеллигенции.

Нильс Бор. ИЗБРАННЫЕ НАУЧНЫЕ ТРУДЫ В ДВУХ ТОМАХ. Том. II. М., «Наука», серия «Классики науки», 1971, 674 стр., ц. 3 р.

Материалы, вошедшие во второй том «Избранных трудов» Н. Бора, дают представление о научных работах и общественных интересах выдающегося физика в 1925—1961 гг. Работы этого периода посвящены в основном квантовой механике, квантовой электродинамике и теории атомного ядра. Кроме научных статей, во втором томе опубликованы очерки Н. Бора об Э. Резерфорде, Дж. Дж. Томсоне, Дж. Максвелле, воспоминания о дискуссиях с А. Эйнштейном по проблемам познания, статьи «Биология и атомная физика», «Философия естествознания и культуры народов», «Физическая наука и проблема жизни», а также другие выступления Н. Бора по вопросам современного естествознания и истории физики.

Второй том, как и первый, снабжен комментариями. Собрание трудов Н. Бора издается впервые.

Ирина Радунская. АКСЕЛЬ БЕРГ. М., «Молодая гвардия», 1971, 496 стр., ц. 1 р. 10 к.

Жизнь Акселя Ивановича Берга, по словам автора книги, состоит как бы из нескольких отдельных жизней. И каждой из них хватило бы на богатую событиями биографию выдающегося человека. Его первая жизнь —

жизнь дворянина, офицера, перешедшего на сторону революции, ставшего красным штурманом, ученым-радиостом, одним из создателей электроники. Затем произошла трагедия, чуть не оборвавшая его дни. Вторая жизнь А. И. Берга — это жизнь адмирала, академика, зам. министра обороны СССР, Героя Социалистического Труда. Несколько лет, отданных болезням... И начинается третья жизнь, посвященная борьбе за кибернетику.

Последние главы книги рассказывают о проблеме, над которой акад. А. И. Берг работает в настоящее время, — проблеме программированного обучения. «...Будущие истории скажут: революция в образовании началась в шестидесятых годах XX века», — говорит А. И. Берг. И его прямая причастность к революциям в истории и науке позволяет предположить, что он прав.

Книга И. Радунской, написанная в результате творческой дружбы с ее героем, найдет множество заинтересованных читателей.

Э. Майр. ПРИНЦИПЫ ЗООЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМАТИКИ. Перев. с англ., М., «Мир», 1971, 454 стр., ц. 2 р. 99 к.

Имя Э. Майра, члена Национальной академии наук (США), хорошо известно нашим биологам, главным образом, по переведенным на русский язык книгам «Систематика и происхождение видов» (1947) и «Зоологический вид и эволюция» (1967). Эти книги принесли Э. Майру славу одного из самых компетентных специалистов в области систематики, переживающей в наши дни период возрождения.

В 1953 г. вышла написанная Э. Майром, Э. Линсли и Р. Юзингером книга «Методы и принципы зоологической систематики», которая также переведена на русский язык. Второе, коренным образом переработанное

издание этого последнего труда подготовлено одним Майром и потому вышло сейчас только под его авторством и с новым заглавием.

Предлагаемая книга подводит итог большому числу работ по принципиальным вопросам систематики, опубликованных за последние годы, а также излагает новые идеи автора. Главная задача книги — показать широкие теоретические основы систематики. «...Книга, — пишет в предисловии В. Гелтнер, — призвана помочь созданию образованного систематика-эволюциониста, а не просто классификатора, какие, к сожалению, еще встречаются».

Это настольное руководство для специалистов, хорошее пособие для студентов и полезное и интересное чтение для всех биологов.

А. А. Авакян, А. Ф. Быковский. АТЛАС АНАТОМИИ И ОНТОГЕНЕЗА ВИРУСОВ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ. М., «Медицина», 1970, 271 стр., ц. 2 р. 75 к.

Атлас, не имеющий прецедента в мировой литературе, содержит более 400 электронно-микроскопических фотографий, рассказывающих об основных этапах жизненного цикла вирусов. В соответствии с современным делением вирусов на 10 групп, анатомии и онтогенезу каждой группы посвящены отдельные главы.

Атлас представляет большой интерес не только для специалистов (биологов и медиков), но и для всех преподающих или изучающих вирусологию, так как он является своеобразной иллюстрированной энциклопедией современных знаний о вирусах: содержит изложение общих принципов организации и биологии вирусов, краткий терминологический словарь, а также хронологию исторических открытий в области вирусологии.

В целом атлас наглядно свидетельствует о том, как много уже знает биологическая наука о формах, сама принадлежность которых к миру живого еще недавно вызывала немало споров.

М. Ичас. БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОД. Перев. с англ., М., «Мир», 351 стр., ц. 1 р. 92 к.

Монография М. Ичаса стройно и ясно излагает один аспект проблемы биологического кода — вопрос о том, какой последовательностью оснований в нуклеиновых кислотах кодируется та или иная последовательность аминокислот в белке. Выбор этого аспекта продиктован, во-первых, научными интересами автора, а во-вторых, тем, что радикальное изменение наших представлений в этой области маловероятно и, как считает М. Ичас, настал момент для обобщения данных. Обобщение это необходимо, поскольку «молекулярная биология, — по словам автора, — далеко не исчерпывает исследуемую область, а лишь предоставляет информацию, необходимую для обсуждения новых, более широких проблем».

Эта единственная в своем роде фундаментальная монография, посвященная эволюции воззрений на биологический код, может представлять интерес для людей, работающих в различных областях биологии, медицины и специалистов-смежников.

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ КАРТА ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗЕМЛИ м-ба 1 : 10.000.000. Научно-исследовательский институт геологии Арктики. Л., 1971, ц. 92 к.

Для карт полярных частей Земли обычно используется так называемая полярная картографическая проекция: мы обзираем Землю как бы с высокой башни, установленной точно на полюсе. Именно эта проекция и была выбрана для отображения тектонической структуры, сейсмичности, магнитных аномалий, особенностей строения земной коры и верхней мантии Арктики и Антарктики. Фактически авторами составлено несколько карт, которые скомпанованы в рамках единой карты. Напомним, что первая тектоническая карта Арктики была издана Академией наук СССР в 1963 г. Новые карты,

обобщающие большое число геологических фактов, добытых в последние годы по этим экзотическим областям земного шара, разносторонне интересны и имеют большое познавательное значение.

А. Ленъкова. ОСКАЛЬПИРОВАННАЯ ЗЕМЛЯ. Сокр. перев. с польского. М., «Прогресс», 1971, 288 стр., ц. 1 р. 9 к.

«Веками мы полной горстью черпаем богатства из сокровищницы Земли и сколько же при этом их бесполезно растрчиваем! Безжалостно сдираем с плеч Земли покров, прикрывающий ее первобытные формы, не задумываясь, меняем прежний облик Земли», — пишет в авторском предисловии к книге польская ученая А. Ленъкова. По вине человека огромные территории превращены в пустыни, и процесс этот не приостанавливается. За 2000 лет с лица Земли навсегда исчезло 106 форм млекопитающих. Безрассудное уничтожение животных происходит и в наши дни, когда даже охраняемые территории не гарантируют полной безопасности зверям от браконьеров. Леса, животные, воздух, вода — все находится под угрозой, все нуждается в защите, в охране.

Активный деятель охраны природы в Польше, А. Ленъкова рассматривает разнообразные аспекты современного природопользования и пути спасения израненного тела Земли.

М. А. Таршис, С. Р. Уманский. Радиация и живая клетка. Атомиздат, 1971, 96 стр., ц. 16 коп.

В книге рассказывается о первых успехах в изучении действия ионизирующей радиации на процессы, регулирующие обмен веществ в клетке, передачу наследственной информации, клеточную энергетику и т. д. Читатель с интересом познакомится с этими проблемами в популярном изложении.

Дикие лебеди в Софиевке

Всемирно известный дендропарк «Софиевка», расположенный в г. Умани на Украине, пользуется большой и заслуженной популярностью у посетителей. Но еще больше любителей природы «Софиевка» стала привлекать с тех пор, как в 1969 г. посреди Верхнего (Новоставского) пруда поселились дикие лебеди.

А случилось это так. В марте 1969 г. по многим районам Украины пронеслась черная буря. Застигну-

тые в пути лебеди, возвращавшиеся, видимо, после зимовки на Черноморское побережье, вынуждены были приземлиться на поле возле берега р. Ятрань. Здесь-то ослабленных птиц и подобрала жители деревни Коржевая, которые и доставили их в Софиевский дендропарк. В первые дни лебеди отказывались принимать пищу, но затем все пять особей освоились на новом месте, окрепли и стали чувствовать себя как дома. Сначала лебедей содержали в загоне, а в конце апреля им подрезали крылья и выпустили на Верхний пруд. Там для них был сооружен специальный домик с двумя выходами и деревянным трапом для спуска в воду. Вскоре дикие

лебеди настолько привыкли к зрителям на берегу, что стали охотно подплывать и подбирать брошенный в воду корм.

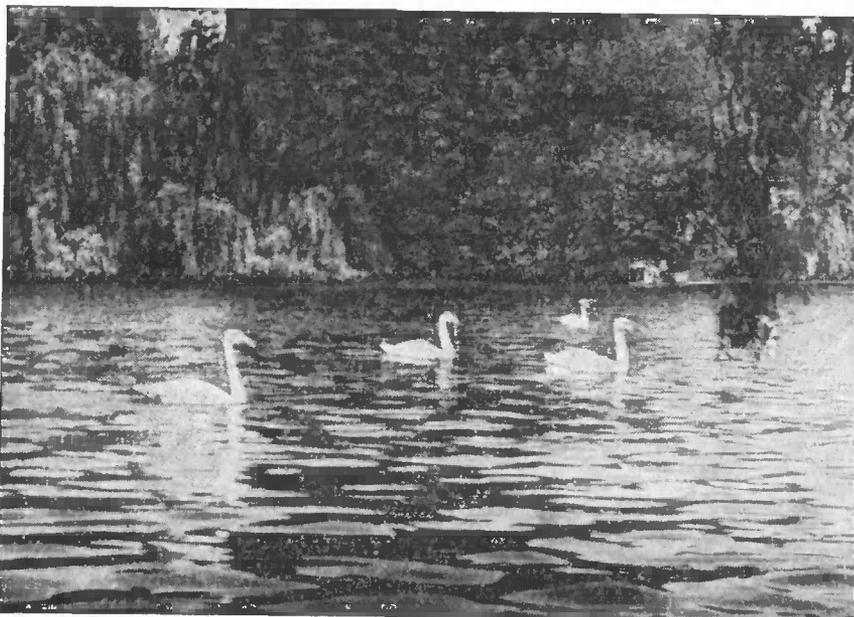
Е. Н. Инщикова
Кандидат биологических наук
Уманский педагогический институт

Для чего раку-отшельнику нужна актиния?

Широко известно, что многие раки-отшельники живут в симбиозе с актиниями, таская их на своей раковине. Судя по поведению раков-отшельников, например рода *Dardanus*, они весьма дорожат своими актиниями. Рак сам сажает актинию на раковину и берет ее с собой, переселяясь в другое жилище. Доказано, что у некоторых видов раков-отшельников обладание актиниями — признак «высокого ранга» в групповой иерархии: раки дерутся из-за актиний и «самый главный» рак захватывает себе больше актиний, чем прочие. Польза для актиний от сожительства с раком очевидна: они получают возможность передвижения и все его преимущества. Кроме того, они могут кормиться остатками от рачьих трапез.

Но какова же польза для рака? Возможны такие варианты: актиния маскирует рака, помогает ему ловить добычу, защищает от врагов, укрепляет хрупкую раковину. Все эти предположения, однако, были до сих пор лишь умозрительными.

Канадский зоолог Д. М. Росс, ра-



Дикие лебеди на Верхнем пруду.

ботая на Неаполитанской биологической станции, провел серию простых и наглядных опытов¹. В аквариум, где сидел осьминог *Octopus vulgaris*, подсаживали по одному раку-отшельнику *Dardanus agrosus* или *D. calidus*. Одни раки несли на раковине актинию *Calliactis parasitica*, другие — нет. Осьминог немедленно нападал на подсаженного рака, но дальше все протекало по-разному.

Если рак не был «вооружен» актинией, осьминог первым делом засовывал кончик своей «руки» в устье раковины — убедиться, не пустая ли она. Рак при этом, естественно, как можно глубже втягивался в раковину и прочно закрывал вход клешней. Тогда осьминог обволакивал раковину перепонкой соединяющей «руки» и принимался вытягивать рака из его убежища. Тот держался крепко, но осьминог тоже не уступал и в конце концов добивался своего: все до единого раки бывали съедены за срок от 17 час. до 3 с лишним суток.

Если на раковине сидела актиния, то при первой же попытке схватить рака осьминог отдергивал «руку», будто ошпаренный кипятком. Снова и снова пытался он схватить добычу, но не мог удержать ее дольше нескольких секунд. С каждым разом осьминог действовал все осторожнее и наконец вовсе оставлял свои попытки. К концу дня рак мог свободно ползать по аквариуму, больше того, в нескольких опытах осьминог быстро вползал вверх по стенке аквариума, как только опасный сосед приближался к нему. Ни один из раков, защищенных актиниями, так и не был съеден.

Но так было лишь с теми раками, которые могли целиком втянуться в раковину. Когда в аквариум с осьминогом запускали крупного *Pagurus prideauxi*, раковина которого с неизменным спутником этого вида — актинией *Adamsia palliata* — едва прикрывала рачье брюшко, осьминог овладевал добычей с первой же атаки. Укусив рака и парализовав его своим ядом, осьминог медленно и крайне осторожно стаскивал с

него раковину, стараясь не притронуться к актинии. В одном опыте острекавшийся об актинию осьминог пришел в себя лишь через 25 мин.

Раки *Dardanus* живут в тех же районах океана, что и осьминоги. В Средиземном море они обитают на мелководье, на песчаном грунте с отдельными скалами и камнями — это любимые места обитания осьминогов. Десятиногие раки — основная пища осьминога *Octopus vulgaris*. Таким образом, симбиотическая актиния эффективно защищает раку-отшельника от одного из самых опасных его врагов.

К. Н. Н е с и с
Кандидат биологических наук
Институт океанологии АН СССР
Москва

Рогохвост- мореплаватель

Неожиданным было для нас обнаружение типичного таежного дендрофила — большого хвойного рогохвоста *Urocerus gigas taiganus* Benson (Hymenoptera, Siricidae) на совершенно безлесном арктическом острове Кильдин, находящемся в Баренцевом море, вблизи северного побережья Кольского полуострова. Рогохвост этот широко распространен в таежной зоне Евразии; его личинки развиваются внутри стволов различных хвойных пород (ели, пихты, лиственницы).

Массовый выплod рогохвоста мы обнаружили на стволах деревьев, выброшенных морем на побережье острова. Стволы хвойных деревьев заносятся на остров морскими течениями из районов сплава леса, из портов, по-видимому, из Белого моря.

В районе лета рогохвоста отсутствовали какие-либо деревянные постройки, в лесоматериалах которых могли бы развиваться личинки насекомого. Возможность заноса рогохвоста с лесоматериалами из соседней Фенно-Скандии исключена, там обитает другой, западный подвид (*Uro-*

cerus gigas gigas L.). Так что не приходится сомневаться, что рогохвосты вылетели именно из занесенных морем стволов деревьев, в которых находились их личинки. А это в свою очередь означает, что морская вода не проникает внутрь древесины плавникового леса в течение срока, достаточного для развития рогохвоста до стадии имаго. Случай с рогохвостами показывает, что пассивному расселению различных дендрофильных насекомых могут способствовать океанические и морские течения.

В. М. Е р м о л е н к о
Кандидат биологических наук
Институт зоологии АН УССР
Киев

ПОПРАВКИ

В журнале «Природа». № 6, 1971 г., на стр. 35, средняя колонка, 13 строка снизу, следует читать: («палеогеновые ярусы в Англо-Парижском бассейне и Бельгии, неогеновые ярусы — в Средиземноморье»).

В № 9, 1971 г., на стр. 105, левая колонка, 8 строка снизу, следует читать «126»; на той же странице, средняя колонка, 23 строка сверху, следует читать: «кокликков».

¹ D. M. Ross, «Nature», v. 230, 1971, № 5293, pp. 401—402.

Как долго может не спать человек?

Читатель В. Д. Жиглизов из Улан-Удэ пишет:

Прочел в Вашем журнале рецензию на книгу А. М. Вейна «Бодрствование и сон» — о том, что человек не может долго существовать без сна. 2—3 года назад в одной статье (к сожалению, не помню ее названия и автора) рассказывалось о человеке, который совсем не мог спать. Во время Отечественной войны, когда он был мальчиком, рядом с ним разорвалась граната, не повредив его. Он сильно испугался и не спал всю ночь. Затем он не мог уснуть и в следующие ночи, и так год за годом. Это несколько не влияло на его здоровье, наоборот, он был очень умным человеком, с хорошо развитой памятью. Известно ли вообще, сколько может человек не спать?

Отвечает кандидат медицинских наук В. Т. Бахур.

Смена сна и бодрствования — одно из наиболее ярких проявлений ритмичности многих жизненных процессов, происходящих в организме человека. Формирование в процессе эволюции подобной ритмичности различных жизненных функций было связано с теми или другими условиями внешней среды, к которым живые организмы должны были

приспособляться. Таким образом сформулировались, например, сезонные циклы в жизни растений, так создалась потребность в зимней спячке у многих представителей животного мира. В основе суточной цикличности жизненных проявлений лежат также весьма отличающиеся в разное время суток условия внешней среды. Наличие или отсутствие солнечного света, разница температуры окружающей среды днем и ночью — все это должно было сказываться на протекании тех или других процессов в организме, на их активности. Достаточно сказать, например, что при падении температуры на 10°C скорость распространения нервных импульсов снижается вдвое. Как следствие такой суточной цикличности в деятельности центральной нервной системы и явился феномен ночного сна. Конечно, в последующем, в процессе эволюции, в процессе борьбы за существование эта цикличность сна и бодрствования могла приобрести и другие формы, например, сон в дневное время и бодрствование — в ночное, что характерно для многих хищных животных.

При разработке теорий сна в разное время ученые исходили в основном из мнения о его защитной роли для организма, об отдыхе нервных клеток, о «разгрузке» нервной системы во время сна. Не случайно прежде всего были выдвинуты различные гуморальные теории сна. Считалось, что сон является следствием накопления в организме различных токсически действующих продуктов, образующихся в процессе жизнедеятельности при

бодрствовании. После того как эти продукты во время сна подвергнутся превращениям и будут удалены из крови, наступит пробуждение. Именно «наводнением» организма такими токсическими веществами в первый период сна объясняли то ощущение необычной общей вялости, тяжести в голове, которое отмечается, если разбудить недавно уснувшего утомленного человека. В пользу гуморальной теории сна свидетельствовал, казалось, и тот факт, что введением веществ, выделенных из спинномозговой жидкости спящего животного, бодрствующему животному удавалось последнее быстро погрузить в глубокий сон.

Со временем, однако, накапливались наблюдения, которые не могли быть объяснены гуморальными теориями сна: например, засыпание без предварительного утомления, или то, что близнецы, имеющие общее кровоснабжение, могут погружаться в сон независимо один от другого. Обращено было внимание на то, что в возникновении сна большую роль играет недостаточный приток сенсорных импульсов (раздражений от различных органов чувств). Описаны были случаи, когда после тяжелых заболеваний у человека сохранялся лишь какой-либо один из органов чувств, например только один глаз или одно ухо. Оказалось, что достаточно было в любое время суток прекратить поступление в мозг информации через этот единственный канал связи (т. е. попросту говоря — закрыть глаз или ухо), чтобы такой больной немедленно глубоко уснул. С другой стороны, было известно также, что моно-

тонкие нерезкие раздражения (шум дождя, монотонный голос лектора и т. п.) довольно быстро ведут к развитию сна.

По мнению И. П. Павлова, сон является не чем иным, как процессом разлитого торможения в мозгу, возникающего как при отсутствии поступления достаточно мощных импульсов от органов чувств, так и при погашении рефлекса на повторные, мало значимые для организма раздражения.

Для дальнейшего развития нервных теорий сна большое значение имело открытие Д. Морuzzi (Италия) и Г. Мэгуном (США) особой системы нервных клеток, объединенных в так называемую ретикулярную формацию мозга, расположенную, в основном, в стволовой части мозга (см. рис. 1). Ретикулярная формация является как бы своеобразной динамомашинной мозга, особой «заряжающей» системой, которая изменяет возбудимость клеток вышележащих отделов мозга, в первую очередь его коры. Достаточно через электроды, введенные в ретикулярную формацию, послать электрический импульс, как спящее животное мгновенно пробуждается. Роль ретикулярной формации в процессах сна находит свое подтверждение и во многих клинических наблюдениях. Например, при так называемом летаргическом энцефалите, при котором воспалительный процесс поражает определенные части этой формации, наблюдаются резкие нарушения сна (сонливость или бессонница). Обнаружены были центры сна, т. е. участки, раздражение которых приводило к засыпанию или бессоннице, и в более высоко расположенных областях мозга — в таламусе и гипоталамусе (см. рис. 1).

Очень интересными оказались исследования по физиологии сна за последние 10—15 лет. Впервые в 1953—1955 гг. Е. Азеринский и Н. Клейтман (США) сообщили о том, что в процессе сна можно выделить две резко отличающиеся между собой основные его фазы (формы). Первая называется медленным сном и характеризуется постепенным нарастанием замедления пульса, дыха-

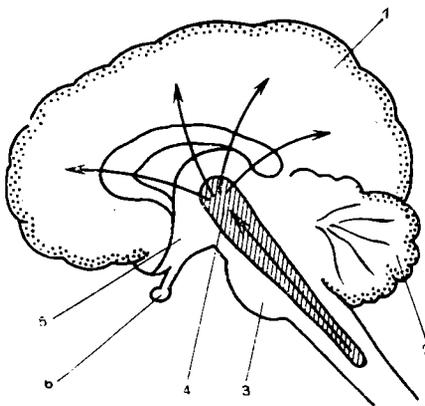


Рис. 1. Схема восходящей активирующей ретикулярной системы мозга. 1 — кора больших полушарий мозга; 2 — мозжечок; 3 — ствол мозга; 4 — таламус; 5 — гипоталамус; 6 — гипофиз. Штрихованы области клеточных групп, объединенных в ретикулярную формацию мозга. Стрелки показывают направление восходящих активирующих воздействий из ретикулярной формации на вышележащие отделы мозга.

ния, снижением артериального давления, тоническим напряжением мышц шеи, отсутствием движения глаз, т. е. как бы нарастающим угнетением функций, характеризующих состояние бодрствования. При записи электрических потенциалов мозга в этой фазе сна обнаруживаются вместо быстрых колебаний так называемые медленные волны. Вторая же форма (фаза), названная парадоксальным сном, или быстрым сном, характеризуется как бы внезапно возникающей корковой активностью. При этом у спящего учащается пульс, учащается и становится неритмичным дыхание, исчезает тонус мышц шеи, появляются быстрые движения глаз. На электроэнцефалограмме вместо медленных волн возникают быстрые колебания, сходные с таковыми при бодрствовании. Если в этот момент разбудить спящего, он расскажет, что только что видел сон. Правда, сновидения не являются обязательным феноменом в период быстрого сна, так как у младенцев быстрый сон имеется, а сновидений еще не бывает.

Эти две формы сна сменяют одна другую несколько раз в течение ночи. Парадоксальный, или быстрый,

сон занимает в общем 20—25% всего периода сна. Первый раз он возникает через 45—90 мин. после засыпания и повторяется затем примерно с равными интервалами 4—5 раз. Длительность каждого периода быстрого сна составляет обычно лишь 6—8 мин., хотя может доходить до 15—20 мин. Схематически соотношение между этими двумя формами сна показано на рис. 2.

Важным оказался тот факт, что лишение человека или животного парадоксального (быстрого) сна очень болезненно сказывается на психической деятельности. Такое лишение достигается очень легко: записывая электроэнцефалограмму спящего человека или животного в течение всей ночи, по появлению на ней типичных колебаний устанавливается момент наступления быстрого сна, и сразу же будят спящего. Оказалось, что при таком лишении быстрого сна в течение нескольких ночей человек становится крайне раздражительным, у него могут даже возникнуть галлюцинации и бред — явления, характерные для психического заболевания. Интересно, что прием алкоголя уменьшает длительность быстрого сна. Может быть, этим частично объясняется то, что даже очень длительный сон после приема алкоголя не освежает должным образом. Уменьшают продолжительность парадоксального сна и такие распространенные снотворные средства, как барбитураты. Поэтому сон без снотворных по своей физиологической значимости никак не может быть приравнен к сну с приемом снотворных препаратов. Правда, такой препарат, как резерпин, применяемый главным образом при гипертонической болезни, увеличивает продолжительность быстрого сна.

Хотя парадоксальный сон по своим внешним проявлениям напоминает как бы состояние, предвещающее пробуждение, оказалось, что он представляет собой гораздо более глубокую фазу сна, чем медленный сон. Поэтому в настоящее время изменились взгляды на сон как просто на состояние торможения, отдыха нервных клеток, их бездеятельности. Нет убедительных

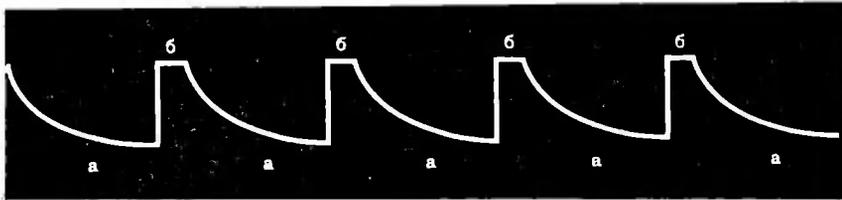


Рис. 2. Соотношение между медленными (а) и быстрыми (б) фазами сна в течение всего периода ночного сна.

экспериментальных доказательств снижения возбудимости нервных клеток во время сна, иногда получали даже обратные результаты. По современным взглядам, сон — это особым образом организованная деятельность мозга, необходимая для таких функциональных перестроек, которые готовят мозг к приему очередной порции информации в течение следующего периода бодрствования. Происходит ли во время сна только переработка и «рассылка» в соответствующие «ячейки» всего большого объема информации, полученной за день, или при этом пополняются также и энергетические запасы нервных клеток — не совсем ясно. Но то, что значение сна не исчерпывается необходимостью только восстановления энергетических запасов, — это несомненно.

В какой же продолжительности сна нуждается здоровый человек? Оказывается, с возрастом длительность сна у человека постепенно снижается. Так, новорожденные спят по 22—23 часа в сутки, к одному году ребенок спит уже не более 16 час. к 3 годам — не более 13, в 17-летнем возрасте длительность сна составляет в среднем 8 час. а пожилые люди спят по 6—7 час. и даже меньше. Однако приведенные цифры не являются каким-то правилом. Есть люди, которые спят очень мало и это совершенно не сказывается на их состоянии, самочувствии, работоспособности. Известно, например, что Петр I, Наполеон, Шиллер, Гете спали по 5 час. в сутки, а Эдисон — не более 2—3 час. (причем спал он короткими периодами в дневное время). Из этих фактов делается даже вывод, что,

видимо, в среднем люди спят больше, чем это необходимо для нормального функционирования их нервной системы. В ряде случаев это, действительно, привычка спать сравнительно долго. Но чаще всего дело не в этом, а в каких-то индивидуальных особенностях организма, его нервной системы, вот почему у разных людей совершенно различная потребность в сне. Можно встретить весьма продуктивно работающих людей науки, которые, однако, не могут спать меньше 8—9 час. в сутки без того, чтобы это не сказывалось на их работоспособности и самочувствии. Таким образом, у здоровых людей колебания индивидуальных потребностей в сне весьма широкие.

Полное же лишение человека сна без тяжелых последствий невозможно. Потребность в сне резко превышает, например, потребность в пище. Так, собаки в эксперименте могли жить без пищи (принимая только воду) в течение нескольких недель, но лишенные сна щенки погибали через 4—5 дней, а взрослые собаки редко доживали до 10 суток. С экспериментальной целью некоторые добровольцы лишали себя сна на несколько суток. Рекорд принадлежит 18-летнему мексиканскому студенту Ренди Гарднеру, не ложившемуся спать 264 часа. Но такое лишение сна переносилось очень тяжело, вплоть до появления у этих людей галлюцинаций и бреда.

Как же относиться к появляющимся иногда в печати сообщениям о людях, совершенно не спящих и тем не менее полностью работоспособных? Выше уже указывалось, что при повреждениях ретикулярной формации мозга инфекционным

процессом (энцефалит) могут наблюдаться резкие нарушения сна в виде сонливости или бессонницы. То же наблюдается и в ряде случаев при опухолях в гипоталамической области. Описаны в научной литературе случаи, когда при тяжелой травме мозга вследствие повреждений в этих областях в течение 3 месяцев наблюдалось почти постоянное бодрствование больных, прерываемое очень короткими интервалами медленного сна. Интересно, что у этих больных тем не менее наблюдался и быстрый сон, длившийся в целом не более 2 мин., т. е. у них сохранялись все составные части сна, хотя и сокращенные до минимума.

А вот сообщение о югославском крестьянине (видимо, об этом случае Вы пишете в своем письме), который в детстве получил черепную травму и после этого совершенно перестал спать, проявляя в то же время большие математические способности, конечно нуждалось бы в научной проверке. Какой-то минимальный по длительности сон у него все же должен сохраниться. Дело в том, что жалоба «я совсем не сплю» в наше время встречается не так уже редко. Обычно с такими жалобами обращаются к врачу больные неврозами (неврастенией, истерией и др.). Вследствие различных причин, чаще всего таких, как длительное эмоциональное перенапряжение, переутомление, у ряда людей развивается повышенная возбудимость центральной нервной системы, одним из симптомов которой и является бессонница. Наблюдение над такими больными в стационаре с регистрацией особыми аппаратами различных физиологических функций — дыхания, сердечной деятельности, электрических колебаний в мозгу — показывает, что несмотря на их заявление, будто они не спят всю ночь, у них периодически наблюдаются состояния сна с обеими его основными формами. При этом общая длительность сна у этих больных составляет 4—5 час. Конечно, такой короткий и к тому же прерывистый сон явно недостаточен — он не освежает и поэтому утром больные жалуются на слабость, тяжесть в голове, резко сниженную работо-

способность. Именно вследствие частых пробуждений этим больным кажется, что они совсем не спали, только успевали задремать на несколько минут. И все же даже такой укороченный сон оказывается достаточным для того, чтобы не допустить тех тяжелых последствий, к которым ведет полное лишение сна. К тому же легкая дрема и так называемый частичный сон тоже оказывают положительное действие на мозг. Каждому на личном опыте хорошо известно, что достаточно подремать 10—15 мин. в середине дня, чтобы потом плодотворно работать до поздней ночи. Оказывается, как показал видный английский электрофизиолог Грей Уолтер, уже одного закрывания глаз бывает достаточно для того, чтобы «освежить» мозг.

Таким образом, достоверные случаи полного отсутствия сна у человека без тяжелых последствий науке не известны. Чтобы жить, работать, творить — человек должен спать. Сон — неотъемлемый элемент жизнедеятельности организма. Другое дело — должен ли человек проводить в состоянии сна $\frac{1}{3}$ своей жизни. Вот в этом вопросе наука еще не сказала своего последнего слова.

Рекомендуемая литература

А. М. Вейн. БОДРСТВОВАНИЕ И СОН. М., «Наука», 1970.

Г. Уолтер. ЖИВОЙ МОЗГ. М., «Мир», 1966.

Д. Вулдридж. МЕХАНИЗМЫ МОЗГА. М., «Мир», 1965.

В защиту тополей

Читатель Ю. Л. Соколов (Пенза) пишет в редакцию:

В нашем городе вошло в практику ежегодно уродовать деревья обрезкой якобы для придания им красивой формы. Наиболее распростра-

ненным стало спиливание дерева до половины его высоты (см. фото). Пилят все: тополя, клены, вязы.

Я много раз обращался по этому поводу в разные инстанции. Начальник городского управления «Зеленстрой» Ю. Макаров в ответ на мое письмо сообщил, что такая обрезка нужна, чтобы «сформировать крону и образовать прямой ровный штамп надлежащей высоты», и что поэтому «обрезка производится систематически в течение всей жизни дерева».

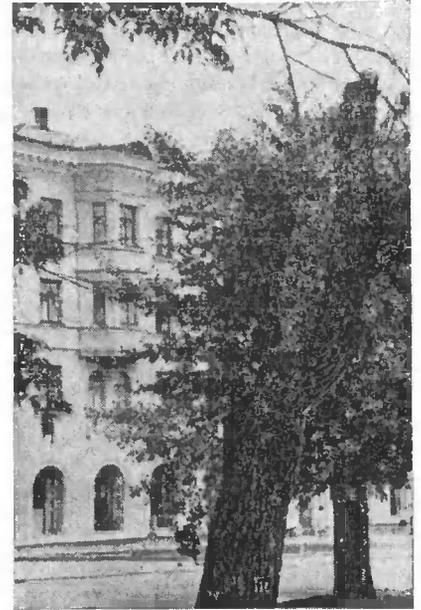
У нас в городе каждое дерево на счету. Тем большей должна быть забота о их сохранности в полном природном великолепии!

Письмо Ю. Л. Соколова комментирует заведующий дендрарием Ботанического сада МГУ кандидат биологических наук Т. Т. Трофимов.

Тополя — двудомные растения: мужские и женские цветки, собранные в сережки, расположены на разных деревьях. Цветут они до распускания листьев. При созревании коробочки женских особей раскрываются и из них вылетают бесчисленные семена, снабженные пучком длинных шелковистых волосков, в просторечии называемых пухом. Семена довольно быстро отделяются от волосков, а пух разносится ветром и даже слабым дуновением воздуха. Он проникает в комнаты, забивает вентиляционные установки, засоряет улицы, тротуары, площади.

В Ботаническом саду Московского университета мы часто получаем письма от граждан и даже от учреждений с жалобой на пух тополей. При большом числе плодоносящих растений пух из-за его легкой воспламеняемости вызывает беспокойство пожарников. Дорожники жалуются на тополя потому, что поверхностная корневая система этих деревьев повреждает покрытия улиц и тротуаров.

Чтобы избавиться от пуха, озеленители прибегают к спиливанию кроны тополей с плодоносящими ветвями. Эта мера оказывается временной, так как через два-три года спи-



Так уродуют тополя в г. Пензе, чтобы «сформировать крону и образовать прямой ровный штамп надлежащей высоты».

Фото Ю. Л. Соколова

ленные деревья вновь начинают плодоносить и давать пух.

Можно ли рекомендовать тополя для озеленения городов? Да, можно! По быстроте роста, созданию декоративного эффекта, прекрасной очистке листьями этих деревьев загрязненного городского воздуха, аромату листвы во время разворачивания почек и после дождя, продолжительной сохранности зеленой кроны тополя в средней полосе почти не имеют конкурентов. Что касается пуха, то от него легко избавиться и без спиливания кроны.

В дендрологической литературе не раз указывалось, что для озеленения городов необходимо использовать мужские особи тополей. Мужские сережки после цветения (пыления) опадают и пуха не дают. Во время цветения мужские особи к тому же более декоративны — тычиночные сережки имеют пыльники, окрашенные

у различных видов в красный, бурый и темно-пурпуровый цвет. Так что вся беда от засорения городов пухом происходит от питомников, размножающих в массовом количестве непригодные для озеленения растения. Давно пора прекратить выращивание в питомниках женских особей тополей для озеленения.

Несколько труднее бороться с нарушением покрытия улиц и тротуаров. Но и в данном случае соответствующим подбором видов тополей можно смягчить этот ущерб. Так, пирамидальный тополь имеет более глубоко проникающую в почву корневую систему, чем тополя из северных районов, например лавролиственный или душистый. Поэтому гибриды, полученные с участием южного пирамидального тополя, как правило, не портят дорожное покрытие.

Советские селекционеры А. С. Яблоков, А. В. Альбенский, П. Л. Богданов и др. вывели прекрасные образцы пирамидальных черных и белых (серебристых) тополей, вполне зимостойких в средней полосе Европейской части СССР. Хотя со времени выведения этих тополей прошел не один десяток лет, растения, к сожалению, еще не получили массового распространения.

Как видно из письма Ю. Л. Соколова, начальник Пензенского управления «Зеленстрой» Ю. Макаров считает, что обрезка имеет целью «сформировать крону и образовать прямой ровный штамп надлежащей высоты». Обычно крона и штамп деревьев, предназначенных для озеленения городов, формируются в питомнике. Во всяком случае обрезка, вернее, спиливание кроны деревьев, против чего протестует Ю. Л. Соколов, не имеет никакого отношения к вопросу формирования штамба и кроны. При быстром восстановлении тополями срезанной части ветвей и кроны такая обрезка к желательному результату не приводит, зато образует много ран для проникновения инфекции.

Совсем не понятно, почему в Пензе, как пишет Ю. Л. Соколов, «пилят все» — не только тополя, но и клены, и вязы. С обрезкой кленов вообще надо быть очень осторожным, так как при несвоевременной об-

резке они очень сильно истекают соком и истощаются. Известен факт, когда несколько лет назад, по-видимому, не очень опытный садовник весной обрезал крону ясенелистных кленов, посаженных вдоль дороги с восточной станции метро «Измайловская» в Москве. Сокодвижение и течь были настолько значительны, что по утрам на концах срезанных веточек повисали ледяные сосульки до 20—30 см длиной.

Чем меньше ран, тем лучше будет развиваться растение с сохранением декоративности. В старых парках, например в парке Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева, имеются крупные липы как подвергавшиеся в молодом возрасте систематическим обрезкам, так и росшие без обрезки. Большинство деревьев первой группы имеют дупла и гниль, а росшие без обрезки в том же возрасте вполне здоровы.

Для создания здоровых городских насаждений обрезку нужно ограничить удалением сухих и поврежденных ветвей. Большинство видов деревьев, в том числе вязы и клены, при свободном стоянии и без обрезки образуют прекрасные декоративные кроны. Но если есть желание иметь разную форму кроны, нет смысла прибегать к обрезке, а надо выращивать те виды деревьев, которые по своей природе обладают нужной декоративной формой. В ботанических садах, старых парках, некоторых питомниках имеются мажориты садовых форм многих видов деревьев с шаровидной, плакучей или пирамидальной формой кроны, с разной окраской и рассеченностью листьев, махровостью, с различным запахом цветов и т. п.

Размножение садовых форм связано с большей затратой труда и времени, зато достигается более значительный эффект, чем при посадке обычных растений. В Москве, в небольшом сквере возле гостиницы «Ленинградская», высажены яблони с розовыми и красными цветами, во время цветения они очень хороши! Правильное соотношение между обычными растениями и садовыми формами должны устанавливать художники-озеленители.

ВНИМАНИЮ НАШИХ ЧИТАТЕЛЕЙ

Не забудьте оформить подписку на журнал «Природа» на 1972 г.

■ Как и всегда, журнал будет публиковать популярное изложение интересных естественнонаучных исследований последнего времени. Предполагается выступление крупнейших советских и иностранных ученых. Значительное место займут материалы дискуссий по острым проблемам естествознания и стыкующимся с ними гуманитарным наукам.

■ Подписка на «Природу» принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати. Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщить в Центральную контору «Академнига» по адресу, Москва, Центр, Большой Черкасский переулок, 2/10.

■ Журнал распространяется в основном по подписке и в розничную продажу поступает в незначительном количестве.

■ Подписная цена

на 1 год — 6 руб.
на полгода — 3 руб.
на три месяца — 1 руб. 50 коп.

■ Цена одного номера — 50 коп.

■ Не забудьте
оформить подписку
в срок!

Лесные заломы на реках Западной Сибири

М. К. Малик

Институт географии АН СССР
Москва

В таежных районах Западной Сибири на многих реках можно наблюдать интересное явление: их русла перегорожены своеобразными плотинами из переплетенных стволов деревьев, пней и крупного валежника. Это — лесные заломы. В многоводные годы они нередко всплывают и медленно движутся по рекам. Обычно лесные заломы образуются

в суженных участках русел, в второстепенных по водности рукавах, на крутых поворотах излучин, на отмелях верхней части островов и могут полностью или частично перегораживать реки, выполняя роль естественных запруд.

Для нас, географов, процессы, связанные с возникновением лесных заломов, чрезвычайно интересны,

поскольку они помогают понять некоторые особенности развития природы Западной Сибири. Через заломы или под ними происходит сток воды в межень. А в весенне-летний период, когда реки обильно переполняются паводковыми водами, сток осуществляется поверх залема или в его обход, по пойме.

В период весеннего вскрытия рек



Подмывание березового леса таежной рекой в бассейне Конды.



Обрушение высокоствольного соснового леса в бассейне Конды — начало формирования лесного залома.

заломы препятствуют продвижению льдин вниз по течению и потому являются местами интенсивного формирования заторов льда. Это приводит к преждевременному выходу паводковых вод на поймы и вызывает наводнения.

Как же образуются заломы и какова их роль в жизни реки? Особенности геологического строения Западно-Сибирской равнины, сложенной легко размываемыми рыхлыми отложениями третичного и четвертичного возрастов, равнинность территории и малые уклоны рек обусловили развитие преимущественно боковой эрозии. Вследствие этого реки образуют множество излучин, более интенсивно подмывая в период половодья вогнутые берега. Стволы упавших деревьев и пни с подмытых и сползших склонов засоряют русла, образуя при этом многочисленные заломы, а на перекатах — так называемые «деревянные полы». Разрыв вогнутых берегов на р. Конде, например, составляет на некоторых участках до 3 м в год. Можно себе представить, сколько леса попадает в эту реку. Не раз во время экспедиций нам приходилось перетаскивать лодки по

берегам ее притоков в обход заломов.

Нельзя не отметить, что лесные заломы образуются не только естественным путем, но и на реках, по которым ведется молевой сплав леса. Например, на р. Тавде, на которой собирается «молевой лес» со всех ее притоков, спой затонувшей древесины местами достигает 2—5 м.

Подпруживание рек из-за заломов снижает скорости течения воды в руслах и с водосборов. А это в свою очередь приводит к росту заболоченности и без того сильно переобводненной территории.

Возникновение заломов вызывает значительные изменения в динамике речного русла и берегов. Вследствие уменьшения скоростей течения, перед заломами происходит отложение наносов, а ниже — из-за увеличения скоростей — интенсивный размыв русел. Кроме того, становятся более интенсивными весенне-летние эрозийные процессы на поймах, когда вода течет в обход этих естественных плотин и нередко разрабатывает новое русло.

Затонувший лес засоряет рыбные нерестилища, а в устьях притоков Оби (особенно в пределах замор-

ной зоны) затрудняет заход рыбы в эти реки и увеличивает дефицит кислорода в период заморов¹. Гниение стволов значительно ухудшает качество воды рек. Местами она уже не пригодна для питья.

И наконец, засоренность рек и заломы — серьезное препятствие для судоходства. Ведь во многих районах Западной Сибири реки — наиболее доступный, дешевый и зачастую единственный вид связи. Особенно велика роль «малых» рек (второго, третьего и т. д. порядков), соединяющих труднодоступные районы с магистральными водными путями, автомобильными и железными дорогами.

Как же избавиться от лесных заломов? Если говорить о естественном засорении рек за счет размыва берегов, то эти процессы должны стать менее интенсивными после регулирования стока рек (для уменьшения поступления паводковых вод основных водотоков — Оби и Иртыша и их верхних притоков в центральные районы Западной Сибири), спрямления рек, постройки дамб вдоль русел, укрепления берегов. Для уменьшения засоренности русел и ликвидации заломов, созданных искусственно, необходимо прежде всего прекратить молевой сплав леса, систематически засоряющий реки. В противном случае руслоочистительные работы не дадут необходимого эффекта.

¹ Заморные явления (гибель рыбы зимой в связи с острым недостатком растворенного в воде кислорода) связаны со стоком в реки болотных вод, насыщенных органическими веществами. Источниками замора на Оби являются ее притоки в среднем и нижнем течении. В декабре — январе заморная зона устанавливается на Оби от устья Тыма до дельты.

Декоративное оформление журнальных статей по органической химии

(Инструкция для авторов)

Ю. А. Титов

Кандидат химических наук
Москва

Предисловие. Инструкции по техническому оформлению журнальных статей, регулирующие такие вопросы, как количество интервалов и величина полей в машинописном тексте, порядок цитирования литературных первоисточников и т. п., давно и прочно вошли в научный быт. Бурное развитие органической химии и связанное с этим увеличение потока информации ставят ныне в порядок дня подобную же регламентацию научных статей. Существующие приемы его несложны и состоят из комбинирования сравнительно небольшого числа декоративных элементов. Стандартизация и унификация этих элементов позволяет сократить временную дистанцию между окончанием работы и оформлением статьи, а в перспективе открывает путь к автоматическому написанию статей с помощью ЭВМ.

§ 1. Общие положения. Научной статьей называется часть работы, оформленная в печатном виде с целью произвести наибольшее впечатление на читателя. Для достижения этой цели внесение декоративных элементов в статью имеет весьма важное, а иногда и решающее значение. Оно дает автору возможность существенно увеличить объем статьи, придать ей соответствующий теоретический антураж, проявить свою эрудицию и, в конечном счете, позволяет сравнительно простыми средствами создать у читателя стойкое ощущение работы, проведенной на уровне лучших мировых стандар-

тов¹. Неопытный или чрезмерно самоуверенный автор, пренебрегающий подобными приемами оформления статей, ставит себя в заведомо невыгодное положение и вызывает подозрение в неумении истолковать свои собственные результаты. Психологическая восприимчивость читателя по отношению к такого рода элементам меняется в соответствии с требованиями научной моды, за колебаниями которой нужно внимательно следить. Нижеследующие рекомендации основаны на состоянии научных мод в летне-осеннем сезоне 1971 г.

§ 2. Заглавие и выводы. Современный читатель обычно просматривает в статье лишь заглавие и выводы, поэтому на их декоративное оформление следует обратить особое внимание. К оформлению заглавия возможен как количественный, так и качественный подход. Первый иллюстрируется заглавиями типа «Из области органической химии. Сообщение 357». Примером второго может служить заглавие «Новый путь синтеза оксисоединений» (при этом имеется в виду, например, реакция ацетона с $C_{21}H_{43}MgBr$). Объединение обоих подходов считается чрезмерно грубым способом воздействия на психику читателя и используется редко.

¹ Перечисленные в §§ 2—9 основные типы декоративных элементов без всяких изменений могут быть использованы при оформлении диссертаций, докладов на конференциях, итоговых отчетов и т. п.

Досадным препятствием при оформлении выводов статей является стандартное требование редакций научных журналов о соответствии выводов полученным данным. В качестве одного из простых тактических приемов обхода таких требований укажем на использование индукции. Логический метод умозаключения от частного к общему диктует желательность выдавать частные примеры за общее правило. Изучив, например, какую-либо реакцию на одном веществе при одних условиях, следует делать вывод, что установлены закономерности протекания этой реакции. Помимо повышения значимости собственной статьи, этот прием облегчает оформление статей вашим последователям (см. ниже § 3).

§ 3. Аномальность. Имея возможность выбора тематики, желательно изучать аномальные реакции. Уже само употребление этого термина выделяет автора из массы остальных химиков, изучающих какие-то обычные, всем известные, тривиальные реакции. Именно поэтому так часто встречаются в статьях ссылки на протекание реакции против правила Крама, против правила Бредта или против еще чего-нибудь, и так редко — на протекание реакции в соответствии с какими-либо правилами. По грубой оценке, не менее половины известных в настоящее время конкретных реакций считаются аномальными. Этот, на первый взгляд странный, феномен объясняется достаточно просто. Некий автор, изучив 1—2 частных примера, распространя-

ет их в соответствии с § 2 инструкции на все случаи протекания данной реакции. У других авторов иные заместители в молекуле, иные условия и растворители направляют реакцию по совершенно иному пути и тем самым автоматически переводят ее в разряд аномальных.

§ 4. Спектры. Обилие спектральных данных, независимо от реальной их необходимости, всегда повышает декоративную эффективность статьи. При этом некоторые спектры требуют графика, тогда как для других вполне достаточно одной-двух цифр в экспериментальной части. Наличие в статье кривых инфракрасных или ультрафиолетовых спектров свидетельствует о несколько провинциальном образе мышления; лица, работающие на мировом уровне, приводят обыкновенно графики ядерного магнитного резонанса, масс-спектра или кругового дихроизма. Использование таких методов, как рентгеноструктурный анализ, дисперсия магнитного вращения или эффект Мессбауэра, поднимает работу на недосягаемую высоту, с которой, однако, обычно становится неразличимым ее первоначальный химический смысл.

§ 5. Конформации. Хорошим декоративным элементом статьи может служить использование конформационных соображений. Являясь прекрасным способом запутать читателя в элементарных вопросах стереохимии, эти соображения, вместе с тем, имеют два существенных преимущества. Структурные формулы конформеров, во-первых, красивы сами по себе и доставляют эстетическое удовольствие читателю, а во-вторых, — что несравненно более важно — абсолютно безопасны в обращении. Поскольку моноциклы и углеродные цепи конформационно лабильны, любые построения автора опровергнуть практически невозможно, а высказываемые оппонентами сомнения можно вежливо игнорировать, ссылаясь на непонимание ими указанных выше особенностей конформационного анализа.

§ 6. Кинетика. Выводы типа «изучены кинетические закономерности ис-

следуемой реакции» — одно из лучших украшений статьи. Для оправдания таких выводов, как правило, вполне достаточно установить через определенные промежутки времени соотношение исходного и конечного продуктов путем визуального сравнения интенсивности пиков на тонкослойных хроматограммах. При строго научном подходе к вопросу желательно при двух температурах определить константу скорости реакции и построить соответствующий график. Категорически не рекомендуется определять третью точку — она может оказаться в совершенно неожиданном месте, тогда как через две точки, как известно, можно провести одну и только одну прямую; это обеспечит высокую точность вычисляемых автором кинетических параметров реакции.

§ 7. Механизм. В органической химии соотношение так называемых механизмов реакций с объективной реальностью объяснить довольно трудно. Однако, по молчаливой договоренности химиков, именно они считаются наиболее ценными декоративными элементами статей. Кривые стрелки, изображающие смещение электронов, символизируют глубину проникновения автора в исследуемый вопрос и в то же время — высоту его общего научно-теоретического уровня. Опытный автор, зная строение начального и конечного продуктов и несложные правила рисования упомянутых выше кривых стрелок, без труда может изобразить 5—7 вариантов механизма реакции. Всестороннее обсуждение этих механизмов не оставит в сознании читателя места для понимания отсутствия или шаткости экспериментального их обоснования.

Механизмами реакций принято также называть последовательные ряды полу- и полностью мифических переходных состояний. Конструирование подобных рядов представляет собой увлекательное занятие для автора, производит сильное впечатление на читателя и поэтому находит повсеместное применение; экспериментальная обоснованность их аналогична предыдущему. Умело манипулируя кривыми стрелками и переходными

состояниями, можно теоретически истолковать любой полученный результат (или, в крайнем случае, признать изучаемую реакцию аномальной в соответствии с § 3).

§ 8. Эксперимент. Перечисленные выше декоративные элементы используются преимущественно в теоретической части статей. Однако прогрессивные методы оформления постепенно проникают и в экспериментальную часть. Существует, в частности, четкая тенденция увеличения преамбулы этой части за счет собственно эксперимента. В преамбуле указываются названия всех используемых приборов, адсорбентов для хроматографии и т. д. (желательно в иностранном исполнении). Весьма эффективно выглядят, например, обозначения вроде «Chromatop N-AW-HMDS» (носитель для РЖХ) или «HA/DP-60/100-JL/EL» (ЯМР-спектрометр); расшифровывать или пояснять их не следует.

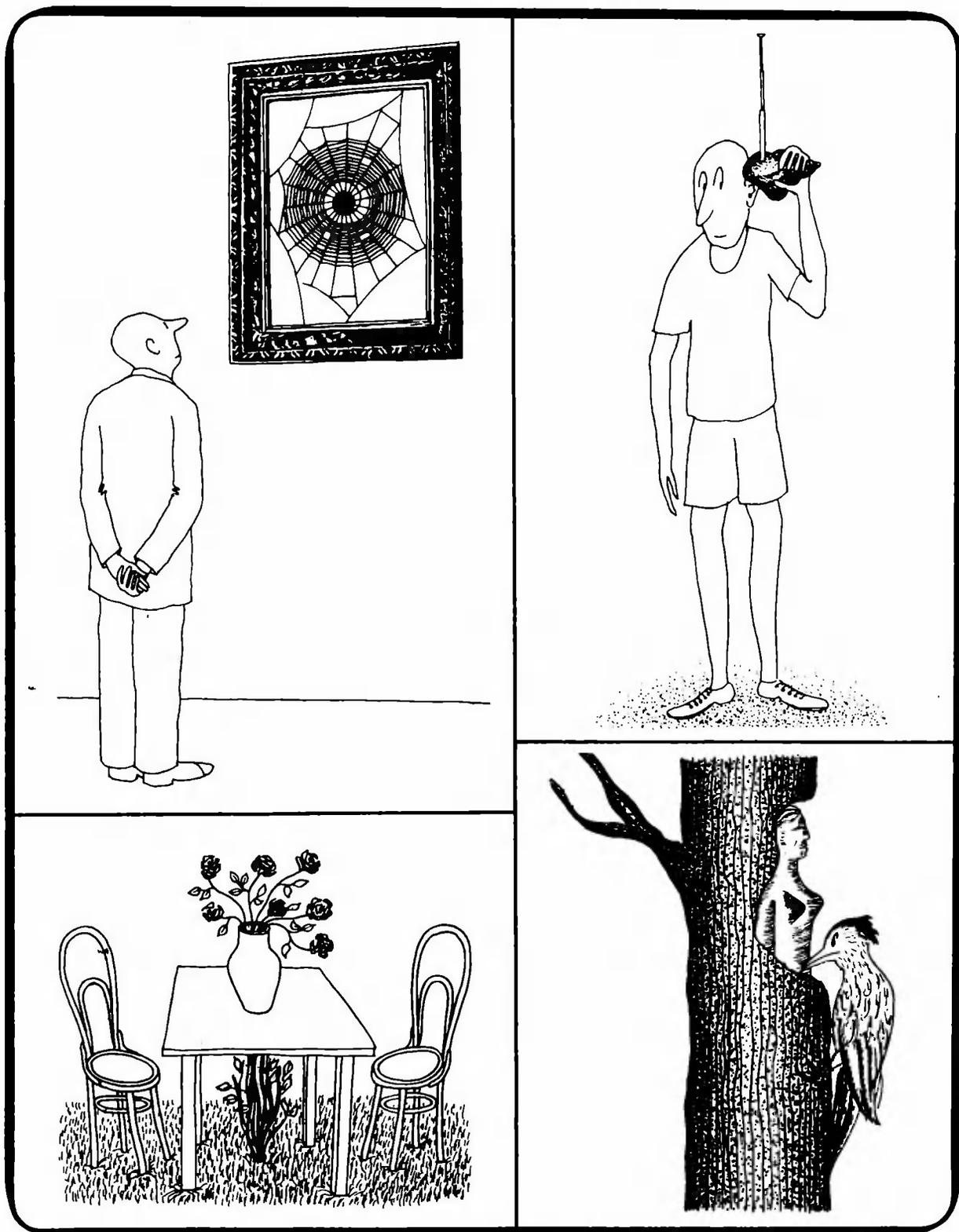
Показателем высокой точности работы считалось ранее указание выходов продуктов с точностью до сотых долей процента (47,34%). Введение в программу средней школы курса приближенных вычислений значительно снизило декоративную ценность подобных приемов.

§ 9. Литература. При составлении списка литературы настоятельно рекомендуется преимущественное (а в идеальном случае — исключительное) цитирование своих собственных работ. В небольшом количестве могут быть допущены также ссылки на опровергаемые автором работы его предшественников. Подобный прием создает впечатление, что либо данный раздел органической химии целиком создан автором, либо же сделанное всеми остальными не имеет решительно никакого значения; нужный эффект достигается при обоих вариантах.

*

Составитель считает своим приятным долгом принести глубокую благодарность авторам статей, послуживших незаменимым исходным материалом при разработке данной инструкции.

Зеркало «Природы»



Рисовал Ф. Куриц

Цена 50 коп.
Индекс 70707

