

ISSN 0032-474X

5

1985

ПРИРОДА



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Заместитель главного редактора
кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЦУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

На первой странице обложки. 40 лет великой Победы. В памяти всех народов Земли эта дата сохранится навсегда. У подножия мемориала на Мамаевом кургане, где происходили самые ожесточенные бои за Сталинград.

Фото Л. Е. Якутина.

На четвертой странице обложки. Гигантская тропическая губка *Gestasporgia* sp., по форме напоминающая вазу, — потенциальный источник физиологически активных веществ. См. в номере: Еляков Г. Б., Люцко А. М., Стоник В. А. Морские обитатели — источник новых лекарств и препаратов.

Фото М. В. Пропла.

40
лет
ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ



В НОМЕРЕ

- ОБРАЩЕНИЕ К УЧЕНЫМ ВСЕГО МИРА В СВЯЗИ С 40-ЛЕТИЕМ ПОБЕДЫ НАД ФАШИЗМОМ** 4
- Левшин Б. В.** Наука и некоторые продовольственные проблемы периода Великой Отечественной войны 6
- Война поставила сельскохозяйственное производство страны в чрезвычайно тяжелые условия. Советские ученые сделали все от них зависевшее, чтобы предотвратить угрозу голода.
- Созинов А. А., Новиков Ю. Ф.** Энергетическая цена индустриализации агросферы 11
- Чтобы производство сельскохозяйственной продукции не требовало столь гигантских, как в настоящее время, вложений энергии, оно должно основываться на достижениях генетики, селекции и агроэкологии, должно перейти к поликультуре и новым технологиям.
- Хлопов М. Ю.** Вселенная как лаборатория элементарных частиц 20
- Вселенная — это не только гигантский ускоритель элементарных частиц, но и уникальный детектор, позволяющий с помощью тонкого теоретического анализа определять свойства новых, во многом еще гипотетических частиц. Обнаружить эти частицы обычными земными методами вряд ли когда-либо удастся.
- Гурина Н. Н.** Древности с берегов Ледовитого океана 30
- Найденные на Кольском п-ове орудия труда и произведения искусства морских охотников свидетельствуют об интенсивном освоении этого региона еще в IV—II тысячелетиях до н. э.
- Монин А. С., Ясаманов Н. А.** От реконструкций климата — к реконструкциям океанических течений 32
- Картина изменения климатических условий на нашей планете за последние 570 млн лет может быть понята в рамках представлений о движении континентов. На этой основе удалось реконструировать и конфигурацию течений в океане, что существенно дополнило сведения о палеоклимате Земли.
- Агасян А. Л., Туниев Б. С.** Самая редкая в СССР змея 42
- Обнаружен 20-й за 90 лет экземпляр черноголового ринхокаламуса и сделана попытка изучить в террариуме его биологию.
- Еляков Г. Б., Люцко А. М., Стоник В. А.** Морские обитатели — источник новых лекарств и препаратов 44
- Морские организмы содержат природные соединения, отличающиеся высокой биологической активностью. Их изучение, сопряженное с трудностями экспедиционной работы, открывает путь к синтезу новых лекарств или получению их методом биотехнологии.
- Пономарев В. С.** Парадокс релаксации напряжений в горных породах 53
- Все твердые тела, в том числе горные породы, со временем способны «течь». По этой причине в зазор между блоками камня в древнейших сооружениях не входит даже лезвие ножа. Между тем Гималаи и другие горные массивы существуют десятки миллионов лет. Что же не дает им «растекаться»?
- Монастырский М. И.** Монополи и вихри: от Дж. Максвелла до наших дней 62
- Сложные объекты, изучаемые в различных областях физики, имеют между собой много общего. В ряде случаев эта общность становится очевидной при взгляде на проблему с математической, в частности топологической, точки зрения. Огромную роль математических аналогий в физических теориях предвидел более ста лет назад великий английский физик Джеймс Клерк Максвелл.

Троицкий О. А. Новая профессия электрического тока

71

Оказалось, что электрический ток помогает деформировать металлы. Открытый несколько лет назад в научной лаборатории, этот эффект сегодня успешно «трудится» в промышленности.

Редин Р. Ф. Семья Раевских. Не только войны, но и естествоиспытатели

74

Фамилия Раевских неотделима от истории Отечественной войны 1812 г. Родственными узами они были связаны с декабристами, дружескими — с общественными деятелями, литераторами. Однако мало кому известно, что эта семья сыграла большую роль в развитии садоводства на юге России, хлопководства и шелководства в Средней Азии, в основании обществ любителей садоводства, плодоводства и других, в издании трудов М. В. Ломоносова.

Бисноватый-Коган Г. С. Гамма-источник Геминга: белый карлик, вращающийся вокруг черной дыры?

86

Такая модель Геминги объясняет периодичность гамма-излучения орбитальным вращением тесной двойной системы, состоящей из двух «умирающих» звезд.

Успенская Н. В. «Природа» в годы Великой Отечественной войны

88

Из постановления Президиума АН СССР от 1 октября 1946 г.: «Отметить большую работу, проделанную редакцией в тяжелых условиях эвакуации и реэвакуации, выразившуюся в том, что журнал выходил без перерыва во все время Отечественной войны, сохранив свое лицо».

ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ**Несис К. Н. Подводные наблюдения за антарктическим крилем**

101

Бондырев И. В. Термитники

103

НОВОСТИ НАУКИ

104

Открыт новый внегалактический пульсар (104) • Спектральные линии в декаметровом диапазоне волн (104) • Оптические вспышки от источников γ -всплесков? (105) • Лед в оболочке кометы (106) • Поиски планетных систем (106) • Второй лунный метеорит (107) • Черенковское излучение от «сгустка» света (107) • Получение ультракоротких акустических импульсов (108) • Причина образования газов при разрушении твердых тел (109) • Экстракция металлов с помощью криптандов (109) • Биологическая мембрана из полимеров (109) • Экспресс-диагностика гриппа (110) • Лечебное действие РНК (110) • Стратегия зрительного восприятия (111) • Эмоции и восприятие времени (111) • Возможности внутриутробного обучения (111) • На пути к «замороженному зоопарку» (112) • Редкий случай симбиоза (112) • Странствующие гусеницы (113) • Иерархия у муравьев-«рабовладельцев» (114) • Переносимые ветром щитовки (114) • Если исчезнут леса... (115) • Проблемы освоения океанических руд (115) • Аномальное содержание изотопов гелия в алмазах (117) • Серые киты и геоморфология дна (117) • Тихий океан 18 тысяч лет назад (118) • Пульсирующий ледник (119) • Древнейший из австралопитеков (119)

РЕЦЕНЗИИ**Гольданский В. И. История науки, остающаяся современностью (на кн.: Я. Б. Зельдович. Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика)**

120

Горшков Г. П. Опыт «сейсмической прозы» (на кн.: А. А. Никонов. Землетрясения... прошлое, современность, прогноз)

121

НОВЫЕ КНИГИ

123

Современная теория элементарных частиц (123) • Астрономический календарь на 1985 г. Ежегодник. Переменная часть (124) • Наливкин Д. В. Смерчи (124) • Синергетика (124) • Нейфак А. А., Лозовская Е. Р. Гены и развитие организма (125) • Храмовских В. С., Никонов А. А. По следам сильных землетрясений (125) • Рихтер Г. Культура ландшафта в социалистическом обществе (125) • Красная книга Узбекской ССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Т. II. (125).

В КОНЦЕ НОМЕРА**Салин Ю. С. О «флере для збереження глаз» и муке из земляных яблок г-на Пармантье**

126

ОБРАЩЕНИЕ К УЧЕНЫМ ВСЕГО МИРА В СВЯЗИ С 40-ЛЕТИЕМ ПОБЕДЫ НАД ФАШИЗМОМ

Мы, советские ученые — участники Общего собрания Академии наук СССР, посвященного 40-летию исторической Победы над фашизмом, обращаемся к ученым всех стран с горячим призывом сделать все, что в их силах, для предотвращения ядерной войны.

Советский Союз на своих плечах вынес основную тяжесть второй мировой войны и потерял в ней двадцать миллионов своих сыновей и дочерей. Советские ученые вместе со своим народом внесли весомый вклад в разгром гитлеровской Германии и ее союзников. Научные работники разных специальностей целиком посвятили свои силы и знания справедливому делу защиты социалистического Отечества, самоотверженно трудились во имя спасения мировой цивилизации от фашистского варварства, во имя свободы и независимости всех народов мира.

Советские люди, испытавшие на своем опыте, что такое война, прилагают все усилия к тому, чтобы не допустить нового мирового пожара. Накопленные в мире арсеналы вооружений чудовищны по своей разрушительной силе, представляют угрозу всей жизни на Земле.

Положение в мире сегодня крайне сложное. Современные претенденты на мировое господство не скрывают своих планов достижения военного преобладания, делают новый и опаснейший виток в гонке вооружений, ведут подготовку к милитаризации космоса. В связи с этой агрессивной политикой активизируются неонацистские и реваншистские элементы. Ставится под вопрос вся система послевоенного устройства, принятая союзниками по антигитлеровской коалиции на Ялтинской и Потсдамской конференциях и подтвержденная на Совещании в Хельсинки.

Уроки победы над фашизмом имеют непреходящее, поистине всемирно-историческое значение. Нельзя предавать их забвению. Бесславный конец фашистских агрессоров — это суровое предупреждение нынешним застрельщикам «крестовых походов». Попытка завоевать мировое господство обернулась крахом для ее инициаторов сорок лет тому назад. Тем более авантюристична политика «с позиции силы» сегодня, когда ей противостоит неизмеримо возросшее могущество СССР, содружество социалистических государств, когда во всем мире поднялось неодолимое антивоенное, антиядерное движение.

На нас, ученых, лежит особая ответственность перед нынешними и последующими поколениями за будущее человечества. Научная общественность призвана активно содействовать тому, чтобы исследования атома были направлены не на конструирование новых образцов термоядерного оружия, а на использование атома в мирных целях, для увеличения энергетических ресурсов, чтобы космическая техника была употреблена не для «звездных войн», а для освоения космоса на благо всех людей, чтобы все достижения науки служили делу мира и прогресса.

Человечество стоит на пороге XXI века. Ученые могут и должны сделать все, что в их силах, для решения таких неотложных глобальных проблем, как ликвидация голода и нищеты, борьба с болезнями, продление жизни, сохранение среды обитания, рациональное использование природных богатств, сохранение высоких моральных и нравственных ценностей, выработанных человечеством. Решительное противодействие шовинизму и разжиганию недоверия между народами, воспитание людей в духе международного сотрудничества — благородная задача всех ученых планеты.

Уроки второй мировой войны говорят о том, что между государствами разных общественных систем может быть тесное и победоносное сотрудничество в борьбе против общего врага. Тогда таким общим врагом для стран антигитлеровской коалиции была фашистская Германия с ее союзниками. Ныне главным общим врагом всех народов является угроза термоядерной катастрофы. Соединенными усилиями народы могут победить и этого смертельного врага.

Полностью поддерживая миролюбивый внешнеполитический курс КПСС и Советского государства, мы убеждены, что он созвучен жизненным интересам всех народов, отвечает самой жгучей потребности нашего времени — предотвращению милитаризации космоса и прекращению гонки вооружений на Земле. Мы считаем, что мирные инициативы Советского Союза, социалистических стран и других миролюбивых государств открывают реальную перспективу для разрядки и разоружения.

Мы приветствуем советско-американские переговоры в Женеве по комплексу взаимосвязанных вопросов о космических и ядерных вооружениях. При строгом и честном соблюдении достигнутой договоренности во всех ее частях, на основе принципа равенства и одинаковой безопасности возможна и необходима выработка взаимоприемлемых соглашений, от которых во многом зависит состояние международных дел.

Мы, советские ученые, как и весь наш народ, все люди доброй воли, убеждены в том, что угрозе ядерной смерти может и должна быть воздвигнута непреодолимая преграда. Необходимо добиться замораживания арсенала ядерного оружия, прекращения его испытания, сокращения его вплоть до полной ликвидации.

Люди советской науки всегда были в первых рядах поборников мира. Приветствуя решение Организации Объединенных Наций о проведении Международного года мира (1986 г.), советские ученые и впредь будут отдавать все свои силы и знания делу сохранения и развития человеческой цивилизации. Они готовы идти рука об руку со своими зарубежными коллегами, со всеми, кто борется за достижение этой благородной цели. Мы поддерживаем важную в этом отношении деятельность ЮНЕСКО по координации мирных усилий разных стран в области просвещения, научного и культурного прогресса, в уставе которой записано, что «в сознании людей следует укоренять идею защиты мира».

В канун славного сорокалетия победы над фашизмом с новой убедительностью предстает перед всем миром та истина нашего времени, что у человечества достаточно мудрости для предотвращения собственной гибели. Его творческий разум сильнее ядерного безумия. Суровые уроки прошлого должны помочь построению общими усилиями государств и народов такого будущего, в котором исчезнет угроза истребительной войны, а прочный мир откроет широкий простор для созидания на благо человека.

Принято на Общем собрании Академии наук СССР,
посвященном 40-летию Победы советского народа
в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.,
18 марта 1985 г.

К 40-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ

Наука и некоторые продовольственные проблемы периода Великой Отечественной войны

Б. В. Левшин



Борис Венедиктович Левшин, кандидат исторических наук, директор Архива АН СССР. Занимается вопросами истории науки, источниковедения и архивоведения. Основные монографии: Академия наук СССР. Краткий исторический очерк (в соавторстве с Г. Д. Комковым и Л. К. Семеновым). М., 1974; Советская наука в годы Великой Отечественной войны. М. 1983. Неоднократно публиковался в «Природе».

В ходе Великой Отечественной войны наше сельское хозяйство оказалось в исключительно сложных условиях. Фашистская оккупация значительной части Европейской территории СССР привела к резкому сокращению посевных площадей. Особенно ощутима была временная потеря главных житниц страны — Украины и Северного Кавказа. В районах, свободных от оккупации, не хватало рабочей силы и сельскохозяйственных машин, снижались урожаи, уменьшалось поголовье скота. При всем том необходимо было бесперебойно снабжать продовольствием армию. Гражданское население испытывало нехватку продуктов питания. Ситуация обязывала советских ученых сделать все от них зависящее, чтобы помочь предотвратить угрожающей стране голод.

Работа велась широким фронтом. Достаточно сказать, что в нее были вовлечены учреждения Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина; биологических, химических и технических институтов Академии наук СССР и академий наук союзных республик; филиалов и баз Академии наук СССР; многочисленные опытные станции и отраслевые научно-исследовательские институты наркоматов земледелия и пищевой промышленности; значительное число сельскохозяйственных высших учебных заведений.

От работы ученых требовалась предельная интенсивность, оперативность, комплексный подход. Но и этого было бы недостаточно, если бы советская сельскохозяйственная наука и примыкающие к ней области не располагали высоким потенциалом, достигнутым в предвоенные годы. Благодаря выдающимся заслугам Н. И. Вавилова, Д. Н. Прянишникова, Н. В. Цицина, К. И. Скрябина, В. С. Пустовойта, А. Л. Мазлумова, А. П. Шехурдина, а также многих других ученых и селекционеров, в мирное время были разработаны научные основы ведения сельского хозяйства в колхозах и совхозах, созданы новые высокопродуктивные сорта зерновых и технических культур, организованы племенные станции и т. д. Все это сыграло свою роль в годы войны.

Главная задача заключалась в том, чтобы за счет подъема сельскохозяйственного производства в восточных районах компенсировать потери, понесенные в результате оккупации и военных действий. В осуществлении этой сложнейшей задачи важную роль играли комиссии Академии наук СССР: Комиссия по мобилизации природных ресурсов Урала (позднее также — Западной Сибири и Казахстана) на нужды обороны и Комиссия по расширению пищевых ресурсов при Отделении биологических наук.

В составе первой из них в сентябре 1941 г. стала действовать сельскохозяйственная группа, которую возглавил Л. И. Прасолов. Его непосредственными помощниками были И. Г. Эйхфельд и М. К. Расцветаев.

Работы начались с создания рациональной схемы сельского хозяйства Свердловской пригородной зоны. Составление этой схемы, которая должна была определить структуру хозяйства, объем производства и размещение культур, производилось при участии почвоведов, агроклиматологов, агротехников и экономистов. К 1942 г. были обозначены границы зоны, подготовлены ее физико-географические и экономические характеристики, впервые составлен агроклиматический очерк Урала с картами, даны указания с рекомендацией культур и удобрений и т. д.¹

Вслед за этим ученые приступили к детальному исследованию районов Урала с точки зрения возможностей свеклосеяния и строительства сахарных заводов. Например, было выявлено до 25 тыс. га площадей, пригодных для выращивания свеклы, и разработаны конкретные рекомендации. В мае 1942 г. они были обсуждены на специальном совещании и приняты Свердловским облисполкомом².

Помимо оперативной помощи областным земельным органам, сельскохозяйственной группой Комиссии по мобилизации ресурсов Урала на нужды обороны был составлен план неотложных мероприятий по механизации обработки овощных культур и картофеля в Свердловской области, который был направлен Свердловскому обкому ВКП(б) и Наркомзему СССР³.

Остро стояла проблема обеспечения кормами животноводческого хозяйства Урала. Комиссия предложила использовать для этих целей определенные виды сапропеля (органических отложений водоемов), запасы которого на Урале оказались весьма значительными. Решением этой задачи занималось несколько учреждений. Под руководством В. Н. Сукачева работала особая группа по сапропелю, развернувшая в 1942 г. интенсивные исследования его физико-химических, морфологических и биохимических свойств.

Сотрудники Института физиологии им. И. П. Павлова АН СССР экспериментально установили, что половинная замена

кормов сапропелем не только не вредит здоровью животных, но и способствует значительному жиронакоплению. Внедрение сапропеля в качестве корма для свиней нашло широкое применение в 400 колхозах Свердловской области и было рекомендовано всем колхозам и совхозам Союза⁴.

Увеличением пищевых ресурсов в другом важном районе страны — Поволжье занималась специальная Комиссия при Отделении биологических наук АН СССР во главе с Л. А. Орбели. Она разделялась на ботаническую и зоологическую подкомиссии, которыми руководили Б. К. Шишкин и Н. А. Ливанов.

Ботаническая подкомиссия совместно с отделом растительного сырья Ботанического института АН СССР провела ряд экспедиций в Татарской и Марийской автономных республиках для выявления дополнительного пищевого сырья. Полученные материалы были картированы. Зоологическая подкомиссия (она опиралась на Казанское общество естествоиспытателей) выявила неиспользуемые животные пищевые ресурсы, а также составила перечень ресурсов животного происхождения, которые могут оказаться полезными бойцами и партизанам в исключительных условиях окружения и т. д. Кроме того, группа сотрудников Комиссии под руководством Г. Л. Селибера занималась работой по повышению усвояемости трудно переваривающихся продуктов. Приготавливаемый из них путем воздействия дрожжей и молочнокислым бактериями питательный мусс нашел широкое применение в детских учреждениях Татарии.

Поволжье в качестве базы производства сельскохозяйственной продукции имело в годы войны очень большое значение. Чтобы повысить валовый сбор зерновых, ученые делали все возможное для внедрения высокоурожайных новых сортов сельскохозяйственных культур. Так, выведенные сотрудником Института зернового хозяйства Юго-Востока СССР А. П. Шехурдиным новые сорта пшениц, которые превышали стандартные по урожайности на 2—3 ц с гектара и обладали повышенной засухоустойчивостью, высевались в заволжских районах Саратовской и Волгоградской областей. Столь же высокие урожаи давала в 1943—1944 гг. пшеница «волжанка», выведенная сотрудником того же института А. А. Красноюком.

¹ Архив АН СССР, ф. 541, оп. 2, д. 20, л. 44—45.

² Там же, л. 46.

³ Там же, л. 47.

⁴ ЦГАНХ СССР, ф. 180, оп. 1, д. 179, л. 11.

Вообще благодаря прекрасным работам ученых-селекционеров, проведенным в предвоенные и военные годы, страна получила большие дополнительные ресурсы хлеба. Так, сортами озимой пшеницы, созданными одним из крупнейших селекционеров того времени Б. И. Лисицыным, в 1944 г. засеивалась площадь более 4 млн га.

Выдающуюся работу по выведению высокомасличных сортов подсолнечника выполнил сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института масличных культур В. С. Пустовойт. Двенадцать его сортов высевались к концу войны на площади свыше 200 тыс. га в Саратовской, Волгоградской и Чкаловской областях.

Комиссия по расширению пищевых ресурсов АН СССР распространила свою деятельность и на республики Средней Азии. Здесь она опиралась на научные учреждения Туркменского, Таджикского и Узбекского филиалов Академии наук.

Правительству Туркменской ССР были представлены исчерпывающие материалы о запасах дикорастущих пищевых растений, охотпромысловой фауны республики и путях их эффективного использования. На основании изучения этих материалов было предложено приступить к постройке завода в г. Мары для производства дубильных экстрактов из диких местных дубильных растений. Тогда же было решено организовать в ауле Багир производство витаминных концентратов из местных растений-витаминоносов⁵.

Лекарственные, витаминные, орехоплодовые, сахаросные, дубильные и другие полезные растения были выявлены также в Таджикистане.

При Узбекском филиале АН СССР действовала комиссия под руководством Е. П. Коровина, которая совместно с другими местными организациями провела работу по заготовке каучуконосов, витаминного и лекарственного сырья, плодовых и волокнистых растений, а также растений, дающих соду и поташ, и т. д. К этой работе здесь, как и в других среднеазиатских республиках, были привлечены пионерские и комсомольские организации. В помощь им при Институте ботаники и почвоведения Узбекского филиала АН СССР было организовано консультационное бюро⁶.

Большую роль в деле повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Средней Азии сыграли работы Д. Н. Прянишникова, который предложил вернуть на хлопковые плантации практиковавшиеся раньше посевы хлебов и занять ими 25—30 % площади. Такая перестройка севооборотов хлопчатника должна была повысить урожай хлопчатника на 100 % и дать населению Средней Азии зерно, которое до этого приходилось привозить из Сибири и Заволжья. Кроме того, после уборки озимых на тех же полях можно было выращивать второй урожай картофеля, джугары и других культур. В 1943 г. Госплан Узбекской ССР отвел 200 тыс. га хлопковых полей под хлеба⁷.

В отдельных районах Узбекистана для улучшения урожаев хлопчатника Д. Н. Прянишников разработал также схему севооборотов с введением посадок свеклы и озимых хлебов.

Всесоюзный научно-исследовательский институт сахарной свеклы предложил использовать в Средней Азии метод так называемого безвысадочного получения семян свекловицы, который позволял вдвое сократить обычный срок получения семян. Кроме ускорения темпа их размножения, получалась крупная экономия труда, так как совершенно отпадала надобность в течение целого вегетационного периода ухаживать за плантацией, выкапывать корни осенью, хранить их зимой и высаживать весной. Благодаря сохранению корневой системы на зиму, весенний рост начинался раньше, чем при высаживании корней весной, а созревание шло более дружно, что позволяло проводить уборку жнейками. Под безвысадочными посевами свеклы уже в 1942 г. было занято в Средней Азии свыше 4000 га⁸. Внедрение здесь одногодичного способа размножения семян вместо двухгодичного имело большое значение для снабжения семенами свеклы всего Союза, повышало производительность труда, а также освобождало площадь для получения добавочного урожая зерна.

Биологическими учреждениями Академии наук СССР в 1942—1943 гг. были изучены возможности посадки сахарной свеклы на засоленных почвах Средней Азии. В результате не только значительно расширилась площадь посевов, но и создавались условия для последующего использования земли под другие культуры. Ученые разработали и успешно применили

⁵ Архив АН СССР, ф. 534, оп. 1—1942, д. 36, л. 87.

⁶ Там же, л. 107.

⁷ Там же, ф. 541, оп. 2, д. 23, л. 35.

⁸ Там же, ф. 632, оп. 2, д. 55, л. 1.

метод удобрения сахарной свеклы минимальными дозами минеральных солей и бактериальных препаратов, вносимых вместе с семенами, который в десятки раз снизил расход удобрений.

Вместе с тем в 1942 г. по решению Совнаркома Киргизской ССР при участии сотрудников Института микробиологии АН СССР только для нужд Киргизии было подготовлено 25 тыс. погектарных доз нитрагина и 20 тыс. погектарных доз азотогена⁹.

Ученые плодотворно работали над созданием новых высокопродуктивных сортов сахарной свеклы с повышенной сахаристостью. Благодаря применению одного из таких сортов, выведенного сотрудником Центральной станции Главсахара А. Л. Мазлумовым, страна дополнительно получила 500 тыс. ц сахара.

Для повышения продуктивности каучуконосов большое значение имели работы сотрудников Института цитологии АН СССР, проводившиеся под руководством М. С. Навашина. Им удалось вывести устойчивые сорта кок-сагыза с большим выходом каучука. Каучуконосами занимался также Институт физиологии растений АН СССР. Исследования А. А. Ничипоровича доказали возможность их широкого культивирования в условиях Киргизии. В ряде районов этой республики были заложены промышленные плантации кок-сагыза и крым-сагыза. Над внедрением кок-сагыза в различных районах Средней Азии, подбором соответствующих почв и агротехнических мероприятий работали многие другие крупные ученые, в том числе Л. И. Прасолов, Б. Л. Исаченко, А. П. Виноградов, Н. А. Максимов и другие.

Огромное экономическое значение имели научные работы по выявлению ресурсов земельных фондов и районированию восточной части территории страны для сельскохозяйственного производства.

В январе 1942 г. Совнарком Казахской ССР обратился в Президиум АН СССР с предложением обязать Почвенный институт АН СССР взять на себя общее руководство составлением новой почвенной карты Казахстана и откомандировать для проведения этой работы Л. И. Прасолова и И. П. Герасимова. Президиум АН СССР принял соответствующее решение, и с лета 1942 г. началось картирование почв Казахстана.

При бездорожье и нехватке транспортных средств это было нелегкое мероприятие — ведь Казахстан занимает огромную территорию и богат степными пространствами. Работы проводились силами Почвенного сектора Казахского филиала АН СССР, Агротехнического отделения Казахского научно-исследовательского института земледелия и Почвенного института АН СССР.

Как выяснилось, в Казахстане в начале войны засеивалось только 1,6 % всей площади республики, что было значительно ниже возможностей, даже если принять во внимание засушливость и солонцеватость казахских степных земель.

Подсчет пахотных ресурсов Казахстана и создание карты урожайности по административным районам помогли Госплану СССР вовлечь в сельскохозяйственный оборот новые площади и спланировать агротехнические мероприятия, способствовавшие повышению производительности труда.

По поручению Наркомзема СССР для всего Казахстана были составлены карты возможного водоиспользования, порайонная гидрологическая и агроклиматическая карты. Одновременно ученые провели такие же работы в республиках Средней Азии.

Поскольку увеличение поголовья скота и повышение продуктивности животноводства Казахстана и Средней Азии зависело прежде всего от кормов, учеными были предприняты исследования растительности этих республик и даны рекомендации по освоению высокогорных районов в качестве пастбищ и сенокосов. Туркменский филиал АН СССР разработал систему использования пастбищ в пустыне. Его предложения нашли широкое применение в овцеводческих хозяйствах всех среднеазиатских республик и отчасти Казахстана.

Казахским филиалом АН СССР были выявлены неосвоенные кормовые площади, а также значительные территории, пригодные под богарные посевы, что позволило создать кормовую базу для круглогодичного содержания скота. Уже в 1942 г. колхозы отправили более 100 тыс. голов скота в новые районы выпаса¹⁰.

Коллектив Среднеазиатского государственного университета принимал участие в составлении планов рационального использования пастбищ Узбекистана для каракулеводческих совхозов и колхозов.

⁹ Там же, ф. 534, оп. 1—1942, д. 52, л. 40.

¹⁰ Архив АН СССР, ф. 188, оп. 3, д. 97, л. 31.

Еще одним источником повышения продуктивности животноводства явилась замена зерновых концентратов высокопитательными кормами, приготовляемыми из клевера и люцерны. Институт цитологии АН СССР вывел гибридный сорт кормовой вики, значительно превосходившей по урожайности все существующие. В 1942 г. он дал превосходный урожай. Исследования М. И. Дьякова позволили широко применять в производственных условиях новые комбинированные рационы. Их использование на молочных фермах давало повышение удоев молока на 10—12 %.

Чкаловский научно-исследовательский институт молочно-мясного скотоводства разработал агрокомплексную систему мер по созданию кормовой базы для колхозов и совхозов засушливых районов Юго-Востока СССР, дававшую возможность обеспечить животноводство в совхозах и колхозах всеми необходимыми кормами высокого качества на протяжении как стойлового, так и пастбищного периода.

Повышение продуктивности животноводства осуществлялось также за счет выведения новых высокопродуктивных пород. В результате применения разнообразных комбинаций сотрудники Государственной селекционной племенной станции С. И. Штейман, Н. А. Горский и другие создали новую швице-альгаузскую породу крупного рогатого скота. Приказом по Наркомату земледелия СССР 27 ноября 1944 г. ей было присвоено название «костромской». Средние удои молока от коров этой породы превышали обычные более чем в 2,5 раза¹¹. В качестве самостоятельной породы была признана выведенная директором Сибирского научно-исследовательского института животноводства М. О. Симоном сибирская порода свиней, приспособленная к климатическим условиям северных районов. Сотрудник Казахского научно-исследовательского института животноводства В. А. Бальмонт вывел новую породу тонкорунных овец путем скрещивания местной курдючной овцы с английской породой. Новые овцы имели тонкорунную шерсть и могли круглогодично содержаться на подножном корму¹².

В 1942 г. был применен разработанный М. М. Завадовским гормональный метод стимуляции многоплодия овец, и с помощью этого метода было получено дополнительно 75 тыс. ягнят.

Директор Всесоюзного института гельминтологии К. И. Скрябин предложил эффективные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний сельскохозяйственных животных.

С. Н. Муромцев внедрил в практику новые принципы культивирования микробов. Началось изготовление прививочных препаратов и вакцин. Ими было привито 30 млн голов крупного рогатого скота, что снизило потери от инфекций в 100 раз. Прививки от рожистых заболеваний, сделанные 14 млн свиней, сократили заболевания в 25 раз. В 1944 г. была создана надежная вакцина против бруцеллеза, которой было привито 60 тыс. голов крупного рогатого скота и 40 тыс. овец.

*

Здесь освещены лишь некоторые проблемы из тех, которыми занимались биологи в годы Великой Отечественной войны. Но и этот далеко не полный перечень фактов убедительно показывает, что труд ученых дал советскому крестьянству дополнительные силы, позволившие с честью выдержать тяжесть войны, расширить территориальные границы сельского хозяйства и осознать возможности его интенсификации. Многие из начинаний того времени получили развитие в послевоенные годы. Опыт, накопленный в период войны, был использован для дальнейшего расширения сельскохозяйственного производства, помог успешному освоению целинных и залежных земель Казахстана.

¹¹ ЦГАНХ СССР, ф. 180, оп. 1, д. 200, л. 113.

¹² Там же, д. 358, л. 52.

НАВСТРЕЧУ XXVII СЪЕЗДУ КПСС

Энергетическая цена индустриализации агросферы

А. А. Созинов, Ю. Ф. Новиков



Алексей Алексеевич Созинов, академик ВАСХНИЛ и АН УССР, директор Института общей генетики им. Н. И. Вавилова АН СССР. Основное направление научных исследований — разработка генетических основ селекции растений. Создатель ряда сортов озимой пшеницы, ячменя, люцерны. Иностраный член Академии сельскохозяйственных наук ГДР. Член редколлегии журнала «Природа».



Юрий Федорович Новиков, член-корреспондент ВАСХНИЛ, заведующий отделом производства кормовых белков Центрального научно-исследовательского и проектно-технологического института механизации и электрификации животноводства южной зоны СССР Министерства сельского хозяйства СССР. Занимается разработкой новых технологических процессов производства кормов и природоохранными аспектами сельского хозяйства.

Сколь бы парадоксальным это ни казалось, но современное сельскохозяйственное производство осталось столь же традиционным, как и тысячи лет назад, несмотря на насыщенность его техническими средствами. Технологический процесс в агросистеме по-прежнему сводится к традиционной обработке почвы, посеву, уходу за растениями и уборке урожая. Осталась ли прежней энергетическая стоимость сельскохозяйственной продукции? Во сколько теперь обходится человечеству эта продукция, меняется ли ее цена в зависимости от того, насколько механизировано сельское хозяйство?

В общем балансе прямого потребления энергетических ресурсов доля сель-

скохозяйственного производства относительно мала: например, в США на агропромышленный комплекс (АПК) приходится 16,5 % всей потребляемой энергии, если же учитывать и опосредованное ее использование в виде зданий, машин, сооружений, материалов и т. д., доля энергетических расходов на сельскохозяйственное производство достигает 25—40 % и более.

Поскольку год от года индустриализация сельского хозяйства усиливается, а следовательно увеличивается и потребление энергии АПК, энергетическая цена пищевой калории также повышается. Чтобы понять, почему это происходит, рассмотрим структуру самого комплекса и его энергобаланс.

*

АПК производит продовольствие и некоторые виды технического сырья и фактически охватывает полностью или частично почти все отрасли общественного производства. Сюда входят: добывающая, перерабатывающая и строительная индустрии, отрасли промышленности по производству машин, орудий, материалов и оборудования для сельского хозяйства и пищевой промышленности, ряд обслуживающих отраслей, а также собственно сельское хозяйство, пищевая промышленность и, наконец, торгующая сеть.

Простейшая формализованная модель АПК состоит из трех подсистем: подсистемы, производящей средства производства, агросистемы и подсистемы, перерабатывающей продукцию сельского хозяйства и доставляющей ее потребителю. Технологическую деятельность в каждой из подсистем можно свести к энергоконверсии, т. е. рассматривать превращение потребляемой энергии в энергию, которая заключена в сельскохозяйственной продукции.

В общую систему АПК поступает в основном энергия ископаемого топлива и распределяется по всем подсистемам (энергия физического труда человека в общем балансе энергетических затрат АПК ничтожно мала). Кроме того, во вторую подсистему — агросистему — поступает дополнительная энергия почвы и солнечного излучения, которые мы тоже в дальнейшем не будем учитывать, поскольку источники этой возобновляемой энергии не связаны с деятельностью человека. Поступившая в подсистемы ископаемая энергия расходуется на собственные внутренние нужды и опосредованно через продукцию передается от одной подсистемы в другую. Поэтому чем больше число отраслей АПК, технологических процессов и операций, осуществляемых внутри них, тем больше сумма затрат энергии внутри них самих, и тем меньшая доля энергии используется для непосредственного производства сельскохозяйственной продукции¹. Поэтому зависимость между вложенной в АПК энергией и конечной энергией, заключенной в сельскохозяйственной продукции, не линейна, а описывается гиперболой.

Эффективность АПК выражается биоэнергетическим КПД, который рассчиты-

вается как отношение энергии получаемой продукции к совокупной энергии, затраченной АПК. Хотя значение КПД обычно меньше единицы (из-за неизбежных потерь энергии внутри любой энергетической системы), в расчетах этой величины для АПК он часто превышает единицу, поскольку учитывается не вся энергия, поступающая в систему (в АПК не учитывается энергия Солнца и почвы), а лишь та часть ее, для получения которой производятся реальные затраты.

Очевидно, что КПД будет высоким при низких затратах энергии на производство средств производства и различные технологические процессы. Поэтому, например, собирание продуктов дикой природы с помощью примитивных орудий, как это ни парадоксально, отличалось от индустриального производства продуктов сельского хозяйства значительно более высоким энергетическим КПД. Переход в ХХ в. к интенсивным методам растениеводства привел к развитию сельскохозяйственного машиностроения, производству минеральных удобрений, а позднее — пестицидов; неизмеримо выросли затраты на интенсивную обработку почвы, уборку, транспортировку, хранение и переработку сельскохозяйственной продукции. Все это привело к снижению КПД всей агросферы.

Индустриализация, несомненно, сыграла огромную роль в увеличении объема фактических благ, необходимых человечеству, но для этого обществу пришлось создать многоступенчатое сложное производство, каждая технологическая ступень которого потребовала больших энергетических вложений. Перенос энергии в любой технологической системе аналогичен этому же процессу внутри многоступенчатой трофической пирамиды. Чтобы на завершающей ступени такой пирамиды (например, в популяции человека) получить прибавку биомассы на величину, эквивалентную $8,3 \cdot 10^3$ кал, необходимо потребить $1,19 \cdot 10^6$ кал телятины (коэффициент энергоконверсии $K_1=0,007$); для этого в свою очередь нужна энергия в $1,49 \cdot 10^7$ кал, заключенная, скажем, в люцерне ($K_2=0,08$), а на ее выращивание требуется $6,3 \cdot 10^{10}$ кал солнечной энергии ($K_3=0,237 \cdot 10^{-3}$). Суммарный коэффициент энергоконверсии данной трофической пирамиды оказывается ничтожно мал — $0,133 \cdot 10^{-6}$ (данные Ю. Одума²).

При насыщении энергией АПК повы-

¹ Новиков Ю. Ф. — Вестник с.-х. науки, 1982, т. 10, с. 5.

² Одум Ю. Основы экологии. М., 1975, с. 107.

шается продуктивность агросферы и значительно снижаются затраты человеческого труда, которые заменяются овеществленными результатами прошлого труда. Этот процесс связан с опережающим развитием подсистемы производства средств производства, а следовательно, и с опережающим ростом потерь создаваемого общественного богатства. В результате все большего насыщения АПК энергией при неизменной системе производства снижается относительная величина фактического блага (выхода сельскохозяйственной продукции на единицу затрачиваемой энергии). Следовательно, без коренной ломки традиционных технологий производства продовольствия энергетическая цена этого производства будет непомерно возрастать, увеличивая энергетический голод человечества.

Биоэнергетический КПД примитивных агросистем земледельческого и скотоводческого типа с применением только ручного труда и силы тяги домашних животных зависит главным образом от климатических условий и вида возделываемых растений. Именно поэтому КПД может изменяться в довольно широких пределах. Так, африканские скотоводческие племена, обитающие в районе Сахели, на каждую затраченную калорию энергии получают 9,7 кал в виде пищевых продуктов, т. е. КПД равен 9,7. При использовании залежных систем земледелия КПД оказывается существенно выше, но по-прежнему зависит от вида возделываемых культур: в Новой Гвинее при выращивании ямса КПД равен 16,4; в Судане КПД культивирования сорго составляет 14,2; в Заире при выращивании маниока КПД равен 37,5. Таким образом, немеханизированные примитивные агросистемы характеризуются достаточно высокой величиной отношения «энергоотдача — энергозатраты» — от 10 до 40, но имеют очень низкий выход продукции с единицы земельной площади.

Биоэнергетический КПД агросистем развитых стран снижается по мере их насыщения энергией, несмотря на значительный рост получаемой продукции. Например, в США повышение урожайности кукурузы в 2,61 раза с 1945 по 1970 г. за счет внедрения индустриальных методов производства этой культуры потребовало десятикратного увеличения совокупных расходов энергии, при этом биоэнергетический КПД снизился в 4,4 раза³. Примеча-

тельно, что расход энергии на производство средств производства вырос за это время на 964,3 %, а непосредственно в сельском хозяйстве — на 318 %. В среднем КПД для механизированного сельского хозяйства колеблется от 0,3 до 4,0 в зависимости от климатических и хозяйственных условий.

Тенденции увеличения энергетической цены индустриализации одинаковы как для агросистемы в целом, так и для ее отдельных отраслей. Наиболее энергоемкие отрасли в сельском хозяйстве — животноводство и растениеводство в закрытом грунте, их КПД очень низок. Например, в 70-х годах биоэнергетический КПД голландского животноводства был равен 0,14, а тепличного хозяйства — 0,12; в 1974 г. в США затраты ископаемой энергии на животноводство составляли 45 % от всей энергии, используемой для производства продуктов питания, в этой отрасли скармливалось более 90 % всей продукции растениеводства. Примечательно, что по биоэнергетическому КПД различались отдельные направления (но все были низкими из-за малого коэффициента конверсии корма в животный белок): в птицеводстве производство бройлеров характеризовалось КПД, равным 0,12, в свиноводстве — 0,20, в производстве говядины — 0,07. Сходны данные и для ГДР: здесь КПД при выращивании бройлеров равнялся 0,10, в свиноводстве — 0,07, в получении говядины — 0,06, молока — 0,20. По подсчетам К. Боргстрема, чтобы получить бутылку молока, в США расходуются энергия, содержащаяся в половине бутылки нефти⁴. Сегодня на каждую пищевую калорию в США затрачивается около 9 кал ископаемой энергии.

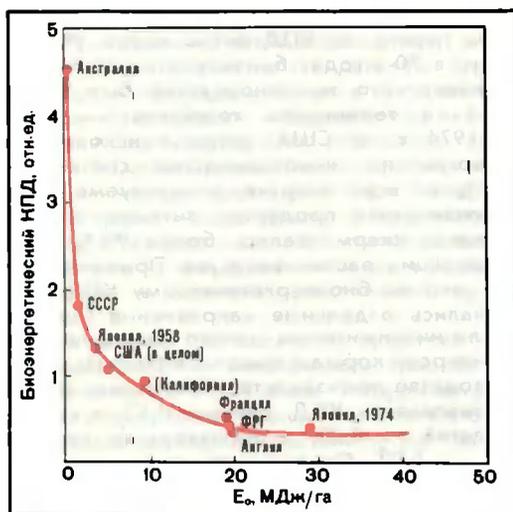
КПД снижается и из-за большого количества отходов и потерь на пути сельскохозяйственной продукции от поля к столу потребителя. Так, в 70-х годах коэффициент использования человеком всего биологического урожая в Великобритании составил всего 0,12, в США — 0,15. Этот коэффициент все время уменьшается: в Болгарии он снизился с 0,57 до 0,5; в Венгрии — с 0,48 до 0,46; в ГДР — с 0,34 до 0,30; в Польше — с 0,43 до 0,38; в Румынии — с 0,55 до 0,49; в СССР — с 0,49 до 0,46; в Чехословакии — с 0,42 до 0,33 (период 1960—1977 гг., данные М. Адамовича⁵).

³ Pimentel D.— Nutrition and Agricultural Development., 1976, v. 7, p. 179.

⁴ Borgström C.— Ambio, 1973, № 6, p. 87.

⁵ Адамович М.— Междунар. с.-х. ж., 1980, т. 2, с. 94.

При какой же насыщенности агросистем энергией можно добиться максимального биоэнергетического КПД? Обработав материалы К. Боргстрема и М. Адамовича по агросистемам США и стран СЭВ, мы получили значение суммарных затрат энергии на всю систему возделывания полевых культур на одном гектаре, равное 13 582 МДж. При таком насыщении энергией агросистемы КПД достигает максимального значения.



Зависимость КПД современного АПК от количества затрачиваемой в агросфере энергии (E_a) в разных странах и регионах (по Д. Пиментелю, 1976). Чем больше энергии вкладывается в АПК, тем меньше КПД всей системы (при одной и той же системе ведения сельского хозяйства).

Однако в настоящее время эти предельные значения уже превышены в США (29 743 МДж/га), ГДР (20 634 МДж/га) и Чехословакии (16 069 МДж/га). Дальнейший вклад энергии в агросистему будет приводить к резкому увеличению энергетических затрат, прирост урожая будет снижаться, а следовательно будет падать биоэнергетический КПД. Значит, новые энергетические вложения становятся все менее выгодными.

Посмотрим, к чему привело развитие сельского хозяйства в мире. Распахивая все большие и большие площади под сельскохозяйственные культуры, человек расширил земледельческую основу и получил возможность обеспечить продуктами

питания растущее население Земли. Но при этом оказались уничтоженными огромные лесные и степные массивы, ухудшилась экологическая обстановка на планете, стали высыхать целые географические районы. В ответ пришлось повышать энергетические затраты на агроомелиорацию.

За последние 100—150 лет обработка почвы становилась все более интенсивной. За счет этого мобилизовалось естественное плодородие почвы и повысилась урожайность, но в то же время снизилось содержание почвенного гумуса и усилились эрозионные процессы⁶. Для восполнения потерь питательных веществ, уносимых с урожаем из почвы, стали применяться искусственные удобрения, и, конечно, продуктивность сельскохозяйственного производства повысилась, но одновременно увеличилась энергетическая цена сельскохозяйственной продукции, а в некоторых районах мира это привело к ухудшению качества продукции и загрязнению среды. С помощью мощной сельскохозяйственной техники необычайно выросла производительность труда, но техника же стала причиной переуплотнения и нарушения структуры почвы.

Иными словами, хотя необходимость индустриализации сельского хозяйства совершенно неоспорима, очевидно, что она приводит к серьезным негативным последствиям, которые могут стать большой проблемой не только в будущем, но существуют уже и сейчас. Энергетическая цена, которую приходится платить, чтобы ликвидировать эти последствия, рекультивируя и восстанавливая эродированные земли, очищая водоемы, усложняя водозаборные и очистные сооружения и т. д., непрерывно растет. Это тоже приводит к дальнейшему снижению биоэнергетической эффективности агросистемы.

Попытки решить эти противоречия делаются сейчас самыми различными методами.

*

По затратам рабочего времени и общей энергоёмкости технологические процессы обработки почвы и посева занимают более 50 % в общем балансе затрат в сельскохозяйственном производстве. Поэтому в последние десятилетия резко вырос интерес к созданию систем ми-

⁶ Новиков Ю. Ф., Истрати А. К. Эволюция техники земледелия и проблема эрозии. Кишинев, 1983.

Биоэнергетическая эффективность сельскохозяйственного производства в ГДР, ЧССР и ВНР (по М. Адамовичу, 1980)

Страна	1960 г.			1977 г.		
	Е _о	Е _{вых}	КПД	Е _о	Е _{вых}	КПД
ГДР	8325	39 840	4,78	20 634	54 910	2,6
ЧССР	5170	26 570	5,74	16 069	40 270	2,5
ВНР	3358	20 500	6,10	12 911	33 250	2,5

нимальной обработки почвы и использованию комбинированных агрегатов. Прямые затраты времени и энергии на проведение всего цикла сельскохозяйственных работ при использовании этих принципов сокращаются более чем в 2 раза. Если же применять так называемую нулевую обработку, т. е. сеять прямо в необработанную почву, внося одновременно гербициды, затраты снижаются в 3,5 раза. Однако большое количество гербицидов, необходимое при минимальной и нулевой обработке, снова увеличивает энергетическую цену продукции. В результате выигрыш оказывается не столь велик: суммарные затраты на традиционную пахотную, минимальную и нулевую обработки относятся друг к другу как 1:0,8:0,7.

Что касается энергетического выхода, то доказано, что в засушливом климате (с уровнем осадков до 400 мм в год) минимальная обработка дает прибавку урожая до 20 %, в районах с нормальным увлажнением бесплужные технологии дают примерно такой же урожай, как и при вспашке (если почва при этом хорошо дренирована), а при избыточном увлажнении поле предпочтительно пахать.

Обсуждая преимущества минимальной обработки почвы, следует иметь в виду также проблему эрозии. В среднем во всем мире за 10 лет на каждом гектаре пашни образуется 3,75 т органического вещества (за счет естественных процессов и проведения агрономических работ), теряется же за счет эрозии 30 т, т. е. почти в 10 раз больше. За последние 8 лет потери гумуса в южных черноземных районах Европейской части СССР (в полуторфяном слое) составили 42 т/га, за 30 лет — 48 и за 67 лет — 85 т/га, т. е. исчезло 24,3 % почвенного гумуса от исходного количества⁷. На всей планете

за последние 100 лет эрозией уничтожена почва на 20 млн км², что составляет 28 % пахотной земли. Это еще раз показывает, что земледелие продолжает жить взаимно за счет ускоряющегося расхода энергии солнца, накопленной в пахотном слое, что интенсификация земледелия приводит к возрастающему обеднению почв.

При минимальных системах обработки почвы, применении комбинированных агрегатов и агрономических приемов удастся уменьшить эрозию почв, а следовательно, и потери гумуса. И если расчеты биоэнергетической эффективности таких систем охватывают достаточно большой промежуток времени, она оказывается значительно более высокой, чем при пахотной обработке.

*

В последние 10—15 лет в некоторых странах обсуждается «биологическое земледелие» как один из способов ведения сельского хозяйства, позволяющий получать «здоровую пищу». Сторонники «биологического земледелия» отвергают искусственные удобрения, пестициды, гербициды, предлагают использовать «чистую» энергию, т. е. энергию от солнечных коллекторов и ветряных мельниц. Безусловно, абсолютная биологизация агросферы — это утопия, но сама идея не лишена смысла, например в отношении химикатов. Конечно следует ограничить использование химических удобрений, и гербицидов, и пестицидов: излишнее и неправильное их применение приводит не только к загрязнению среды и ухудшению качества продуктов, но и существенно повышает энергетическую цену индустриализации агросистемы. Поэтому и обсуждается необходимость вернуться к севооборотам и парам, сочетать химические и органические удобрения, использовать биологические методы борьбы с сельскохозяйственными вредителями.

⁷ Рабочев И. С., Бахтин П. У., Аксененко В. Д., Говалов И. В. Минимальная обработка почвы и борьба с ее переуплотнением. М., 1980, с. 6.

Чтобы снизить энергоемкость АПК и одновременно увеличить количество биомассы, выращиваемой на каждом гектаре сельскохозяйственных угодий, необходимо рационально размещать культуры и перестраивать технологию использования урожая.

По скорости роста и развития культурные растения значительно различаются между собой в силу своих биологических особенностей: можно, например, получить до 100 т люцерны в год с каждого гектара, а пшеницы — только 10—15; в оптимальных условиях урожай кукурузы составляет до 20 т кормового зерна, а ячменя — вдвое меньше.

Сейчас структура сельскохозяйственных угодий в значительной степени определяется тем, что по сложившимся веками традициям используется в пищу в том или ином географическом районе. По многим причинам на данном этапе самые выгодные — это зерновые культуры: пшеница, ячмень, рожь, кукуруза. Действительно, если их использовать для непосредственного приготовления хлеба или других продуктов питания, а также комбикормов, трудно найти более ценные культуры; кроме того, они сравнительно неприхотливы, их достаточно легко убирать с полей, хранить, перевозить и перерабатывать.

Но семена злаков содержат не очень много (10—14 %) белка, причем не слишком хорошей биологической ценности — организм человека усваивает всего около 50 % таких белков, а белки животного происхождения усваиваются полностью. Бесспорно, необходимо увеличивать производство зерна и улучшать биологическую ценность содержащихся в нем белков, это очень важно и для повышения эффективности животноводства. Но вместе с тем нужно совершенствовать структуру посевных площадей и увеличивать долю более продуктивных культур, не требующих на выращивание слишком больших энергетических затрат. Среди таких культур особенно привлекательна люцерна. В климатических условиях СССР можно собрать до 10—12 т биомассы люцерны с каждого гектара, в то время как урожай сои обычно составляет около 2 т, зерна озимой пшеницы — 4, зерна кукурузы — 5, гороха — 2 т. Люцерна также превосходит другие культуры и по выходу белка — 2,52 т с гектара пашни (соя, озимая пшеница, кукуруза, горох дают белка 0,66; 0,588; 0,509; 0,444 т, соответственно).

Основная проблема с люцерной — это сложность переработки ее биомассы

в хорошо сохраняющийся и легко транспортируемый продукт. Сейчас затраты на получение полноценных кормов из люцерны чрезмерно велики, чтобы быстро высушить миллионы тонн сырой зеленой массы, нужны огромные количества энергии и множество аппаратов по переработке, которые, к тому же, могут быть загружены только 30—40 дней в году. В будущем, по всей видимости, удастся разработать экономичные технологические процессы, которые позволят намного эффективнее, чем сейчас, использовать урожай люцерны, и получать из нее белковые концентраты для животных и даже для человека.

Производство белков говядины с гектара сельскохозяйственных угодий по сравнению с количеством белков люцерны ниже в 25 раз и сои — в 7 раз, при этом такие растительные белки по биологической ценности не уступают белкам животного происхождения, обходятся же намного дешевле белков говядины.

Высокая энергетическая стоимость животных белков привела многих зарубежных специалистов к выводу, что после 2000 г. потребление продуктов животноводства для большинства населения планеты станет роскошью, а если во всем мире станет применяться американская модель высокоиндустриализированного производства животноводческой продукции, это приведет человечество к энергетической катастрофе. Поэтому во многих развитых странах планируется уже к 1985—1990 г. заменить 10—25 % мясо-молочных продуктов растительными белками и другими веществами, выпускаемыми частично в виде изделий, которые обычно приготавливают сейчас из мяса и молока.

В настоящее время перспективными считаются следующие белки, по пищевой ценности способные заменить белки животного происхождения: белковые экстракты из семян сои и других зернобобовых, подсолнечника, хлопка, рапса; белки, синтезируемые микроорганизмами; белки низших грибов и водорослей; белки из зеленой массы растений.

Для получения таких белков-заместителей разработаны различные биотехнологические методы, некоторые из них уже сейчас отличаются от традиционной технологии животноводства большей биоэнергетической эффективностью. Наиболее отработаны процессы получения пищевых продуктов из белковых экстрактов семян, лучше всего — сои. Перспективно также развивать технологии микробиологического синтеза белков, но существующие

пока способы требуют очень больших энергетических вложений, КПД процессов низок, а качество микробиосинтетического белка как пищевого продукта пока далеко от желаемого. Напротив, процессы производства белковых препаратов из сои и шротов масличных культур, хотя и могут повыситься в энергетической цене, если улучшить качество таких препаратов, но все же обходятся дешевле, чем белки животного и микробиологического происхождения. Еще более перспективна технология извлечения полноценных белков из зеленой массы растений, в том числе и люцерны. Относительно невысокую энергетическую цену этой биотехнологии обеспечивает ей бесплатная солнечная энергия.

Существует еще множество способов уменьшить энергетическую цену пищевой калории и повысить продуктивность сельского хозяйства, минимально загрязняя при этом природную среду. К числу таких способов относятся: минимальная обработка почвы, получение новых видов удобрений, наиболее полно используемых растениями (сейчас безвозвратно теряется больше 50 % внесенных туковых удобрений), создание высокоэффективных, короткоживущих, менее вредных, чем современные, пестицидов.

Но как бы хороши ни были эти способы, без генетических и селекционных работ ни в животноводстве, ни в растениеводстве не обойтись⁹. Все, что выращивается на полях и фермах, отобрано нашими предками из живой природы в основном за последние 10 тыс. лет. Человек отбирал, а затем совершенствовал только немногие виды, пригодные для хозяйственного использования при примитивном скотоводстве и земледелии. Совершив научно-техническую революцию, человечество до сих пор продолжает использовать фактически только те виды растений, которыми снабдили нас далекие предки. Безусловно, в окружающем нас мире существуют формы растений, которые после селекции могли бы быть использованы в индустриальном сельском хозяйстве. Яркий пример тому — достижения микробиологии. В настоящее время в ферментерах фабрик культивируются штаммы микроорганизмов, которые раньше в природе не существовали.

Конечно, микроорганизмы — очень благоприятный объект для селекции, по-

скольку, быстро размножаясь, они дают множество поколений за короткий срок, но и в селекции существующих видов культурных растений достигнуты блестящие результаты. Достаточно сравнить щуплые корешки дикой сахарной свеклы, способной накапливать на гектаре не более центнера сахара, и современные гибриды этой культуры, дающие с каждого гектара поля более тонны сахара; полудикий подсолнечник с содержанием масла в семенах, равным 20—25 %, и созданные В. С. Пустовойтом сорта с масличностью, превышающей 50 %. Безусловно, достойны внимания поиски и совершенствование селекционными способами новых видов растительных и животных организмов.

Достижения современной физико-химической биологии открывают практически неограниченные возможности совершенствовать и уже существующие виды культурных растений. Основу направленной модификации растений и животных составляют фундаментальные исследования строения и функционирования закономерностей их геномов. Успехи молекулярной биологии, молекулярной генетики, биофизики, биотехнологии сделали реальностью генетическую и хромосомную инженерию.

Возможность управлять наследственностью организмов качественно изменилась, и не только за счет прямого переноса нужных генов от одного организма к другому. Современные методы генетики, биохимии и генной инженерии — выделение и разделение белков, определение их аминокислотной последовательности, клонирование ДНК, культивирование клеток и органов *in vitro*, получение соматических гибридов и т. п. — открыли поистине новые горизонты в целенаправленном создании новых организмов с комплексом ценных признаков и свойств. Например, используя гены полиморфных белков растений в качестве генетических маркеров, можно достаточно быстро сконструировать генотипы, сочетающие в себе наиболее ценные ассоциации генов⁹. Среди таких форм можно отыскать объекты, обладающие высокой продуктивностью и, главное, устойчивостью к болезням и вредителям, а также неблагоприятным условиям выращивания. В настоящее время открылась возможность использовать в качестве генетических маркеров фрагменты геномной

⁹ Созинов А. А. — Ж. общ. биол., 1984, т. XLV, № 1, с. 28.

⁹ Созинов А. А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции. М., 1985.

ДНК или ДНК хлоропластов и митохондрий. Культивирование *in vitro* позволяет получать широкий спектр изменчивости признаков; совершенно новые перспективы управления наследственностью появились в связи с открытием и изучением мобильных генетических элементов.

Сейчас есть все основания утверждать, что, если развитию генетики и селекции будет уделено должное внимание, человечество сможет в короткое время создать множество форм растительных организмов, из которых можно будет сформировать высокопродуктивные и стабильные агроценозы. Такие агроценозы обеспечат высокие и устойчивые урожаи ценной биомассы при умеренных затратах энергии и минимальном загрязнении окружающей среды. Высокая эффективность селекции уже доказана историей развития современного сельского хозяйства. Так, например, вклад селекции в достигнутое за последние 30 лет удвоение урожайности основных сельскохозяйственных культур в Западной Европе (пшеница, ячмень, кукуруза, сахарная свекла) превышает 50 %.

Значительный, но пока трудно прогнозируемый прогресс может быть достигнут также в совершенствовании существующих и создании новых типов животных.

Очевидно, что совершенствование живых систем, как основного «средства производства» в сельском хозяйстве, должно сопровождаться качественными переменами в технологии получения биомассы и комплексом мер по рациональному развитию всего АПК (прежде всего, по качественному улучшению лежащего в его основе хозяйственного механизма).

В настоящее время первичная продуктивность некоторых природных растительных сообществ существенно выше продуктивности культивируемых растений. Задача состоит в том, чтобы добиться по крайней мере равной продуктивности этих двух групп фитоценозов.

Сопоставляя естественные и искусственные сообщества, следует учитывать, что растения в естественных условиях почти без остатка используются гетеротрофными организмами, а урожай культурных растений человек использует только на 10—20 %, остальное же (солома, ботва и другие части растений) утилизируется лишь частично.

Несомненно, искусственные агроценозы могли бы иметь значительно большую продуктивность, если бы существовала специальная технология, но ее еще предстоит разработать. Главной отличительной

особенностью такой технологии должны быть генетически разнородные, устойчивые, высокопродуктивные сообщества, сформированные из разнообразных, созданных человеком сортов и даже видов растений. Необходимо вернуться к многокомпонентным сообществам растений и животных, это избавит агроферу от однообразия и экологической неустойчивости. Возврат к такому рода эксплуатации природных ресурсов существенно снизил бы отрицательное влияние человека на окружающую среду, в хозяйственный оборот были бы вовлечены устойчивые многообразные сообщества растений и животных.

Как же нам видится будущий АПК? Как нужно развивать сельское хозяйство, чтобы сделать его менее энергоемким и более «энергосберегающим» и при этом снизить давление индустриальной агроферы на окружающую среду? По нашему мнению, сельское хозяйство должно перейти от высокоспециализированных монокультурных хозяйств к поликультуре — сложным сообществам множества различных форм растений. Сельскохозяйственный ландшафт будущего станет разнообразным, исчезнут огромной протяженности поля, которые сейчас радуют нас как символ нашего могущества. Поля возделываемых растений будут перемежаться водоемами для выращивания рыбы, лесонасаждениями, кустарниками, природными зонами, занятыми под разведение различных животных. Вернется многообразие природной среды.

Традиционная сельскохозяйственная технология, безусловно, должна сохраниться, несмотря на появление нетрадиционных технологий, но она должна быть усовершенствована за счет использования новых орудий, удобрений, пестицидов, биологических методов защиты растений от болезней и вредителей. И это вполне достижимо, если основываться на успехах генетики, селекции и агроэкологии.

Должна продолжаться и индустриализация АПК, полностью должны быть механизированы все процессы сельскохозяйственного производства. Необходимы также гигантские биофабрики с замкнутой экологической системой, в таких биофабриках должны сочетаться традиционные и нетрадиционные методы сельскохозяйственной деятельности, должно быть разработано безотходное производство.

В последнее время в СССР и за рубежом предложены несколько схем замкнутых агроэкологических систем для производства продуктов животноводства. По

Продуктивность естественных и искусственных растительных сообществ

Естественные сообщества		Продуктив- ность, ккал/м ² в год
<hr/>		
Смешанный лес среднего возраста (умеренный климат)		5 000
Молодой сосновый лес		7 500
Влажный субтропический лес		13 000
Влажный тропический лес		20 000
Открытый океан		1 000
Прибрежная полоса океана (средние широты)		2 500
Прибрежная полоса океана (низкие широты)		20 000
Степь (средние широты)		2 500
<hr/>		
Искусственные сообщества		
<hr/>		
Пшеница	Нидерланды	4 400
	Индия	900
	В среднем по планете	1 300
Рис	Япония	5 500
	Бразилия	1 700
	В среднем по планете	2 300
Картофель	США	4 100
	Индия	1 400
	В среднем по планете	2 200

одной из них, на верхнем этаже биотрона, выполненного в виде многоэтажного круглого здания под стеклянной крышей в полностью контролируемых условиях предлагается выращивать на гидропонике фуражные культуры. По мере созревания их урожай собирают и направляют в цех кормов. Здесь производят переработку растительной массы и обогащение ее получаемыми извне биотрона добавками, готовый полноценный корм направляют в цехи, где выращиваются крупный рогатый скот, овцы, свиньи и птицы. Сюда же поступает дрожжевой белок, полученный в цехе ферментации на отходах растениеводства и животноводства. Следующий, ниже лежащий этаж — это цех по выращиванию птицы, естественные отходы которого (помет) перерабатываются в кормовую добавку, используемую для подкормки свиней и рыбы.

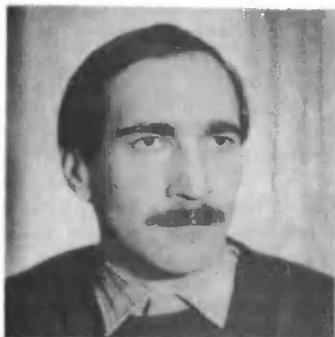
Их продукция и отходы, в свою очередь, перерабатываются в соответствующих цехах в пищевые полуфабрикаты, биогаз и удобрения. Такой же переработке подвергаются продукция и отходы цехов, где разводится крупный рогатый скот или овцы. Удобрения, полученные из отходов производства, поступают в специальный цех, обогащаются поступающими извне минеральными удобрениями и направляются в гидропоннику.

По расчетам специалистов, подобный биотрон при сметной стоимости 25—30 млн рублей может обеспечить животноводческой продукцией город с населением в 100 тыс. человек. Степень замкнутости этой системы существенно повышается при использовании городских стоков и пищевых отходов для получения кормов и удобрений, а энергетических отходов (теплых сточных вод теплоэлектростанций и т. п.) — для выращивания растений. Создание подобных биотронов и другого рода в той или иной степени замкнутых искусственных агроэкологических систем может оказаться экономически эффективным уже в ближайшие десятилетия в пригородных зонах, сейчас обеспечивающих крупные города продуктами растениеводства и животноводства. Именно здесь наиболее благоприятны условия для использования индустриальных методов в сельскохозяйственном производстве.

При всех этих изменениях в АПК он не потребует столь гигантских количеств энергии, которые сейчас вкладываются в сельскохозяйственное производство.

Вселенная как лаборатория элементарных частиц

М. Ю. Хлопов



Максим Юрьевич Хлопов, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института прикладной математики им. М. В. Келдыша АН СССР. Занимается вопросами теории элементарных частиц, космологии и астрофизики.

ЧАСТИЦЫ И ВСЕЛЕННАЯ

На всех этапах своего развития астрофизика и физика микромира были взаимосвязаны. Так, без ядерной физики нельзя было бы построить детальной теории эволюции звезд и образования химических элементов в астрофизических процессах, а без нейтринной физики невозможно себе представить теорию взрывов сверхновых звезд и образования нейтронных звезд — пульсаров. Современная теоретическая астрофизика строится на основе законов, проверенных в лабораторных экспериментах. Открытие новых законов микромира, новых частиц и взаимодействий немедленно ставит вопрос об астрофизических следствиях таких открытий.

Бурное развитие теории элементарных частиц, попытки создать единую теорию, объединяющую сильное, слабое, электромагнитное (и гравитационное) взаимодействия, несколько изменило ситуацию, выведя на первый план астрофизику. При анализе различных моделей единой теории исследователям приходится обращаться к области сверхвысоких энергий или сверхслабых взаимодействий, области, которая недоступна лабораторным методам исследования. Однако такие реакции (ли-

бо крайне маловероятные, либо характеризующиеся высоким энергетическим порогом) могут осуществляться в глубинах современной Вселенной или же могли происходить в ее недалеком прошлом. Анализ таких астрофизических процессов становится для теоретиков единственной, уникальной возможностью проверить свои теоретические схемы. Именно эту специфическую роль Вселенной как лаборатории элементарных частиц мы и хотим обсудить в статье.

Как известно, необходимым условием успешного физического эксперимента является изучение самой экспериментальной установки. Только в том случае, когда экспериментатор уверен в отсутствии «аппаратурных наводок», когда известна «систематическая ошибка измерения», возможна однозначная интерпретация наблюдаемых событий. Правомерен вопрос, насколько надежна интерпретация астрофизических данных, насколько однозначны получаемые с их помощью выводы о свойствах элементарных частиц. Ведь на астрофизические процессы нельзя воздействовать, в лучшем случае мы можем их наблюдать, но полностью процесс почти всегда ненаблюдаем, а проявляются либо его отдельные стадии, либо вообще только

конечный результат. На место контролируемой экспериментатором лабораторной установки в космическую лабораторию приходит теоретический анализ естественных астрофизических условий, их математическое моделирование. И если в лабораторных экспериментах обеспечиваются специальные условия, оптимальные для выявления изучаемого эффекта, то космическая лаборатория вместо этого представляет многообразные формы астрофизических объектов, что позволяет выбрать оптимальный для реализации данного эффекта астрофизический процесс.

Объекты, изучаемые астрофизикой, удалены от нас в пространстве и во времени. Это затрудняет детальное исследование далеких звезд, галактик, скоплений галактик. Однако на основе уже проверенных в лаборатории физических законов мы можем создать математическую модель эволюции этих объектов, указать способы наблюдательной проверки такой модели. Поэтому теоретическая астрофизика достаточно надежно представляет основные этапы эволюции астрофизических объектов, Вселенной в целом.

Наблюдение «разбегания галактик» (т. е. расширения современной Вселенной), наблюдение изотропного теплового микроволнового радифона естественным образом приводят к теории горячей расширяющейся Вселенной. В рамках такой теории объясняются и наблюдаемая пространственность легких элементов — продуктов первых трех минут ее эволюции, и образование наблюдаемых астрофизических объектов в результате длительной эволюции горячей, плотной и изначально почти однородной плазмы в ходе расширения Вселенной. В целом создается некоторая единая картина — сценарий эволюции Вселенной. Эта картина имеет определенные количественные характеристики, согласующиеся с наблюдениями. Поэтому если в создаваемых сейчас моделях единой теории появятся новые физические процессы, то это приведет к количественным изменениям параметров астрофизических моделей или даже к качественному изменению всей картины в целом.

Таким образом, анализ астрофизических следствий моделей элементарных частиц позволяет установить, допустимы ли подобные качественные или количественные изменения, и тем самым исследовать эти модели там, где невозможна их лабораторная проверка. Перейдем к конкретным примерам.

АКСИОНЫ И ЗВЕЗДЫ

Уравнения современной теории сильного взаимодействия (квантовой хромодинамики) содержат решения, которые приводят к нарушению CP-инвариантности в сильном взаимодействии, т. е. к резкому отличию сильного взаимодействия частиц и античастиц. Однако эти решения не реализуются в природе — в сильном взаимодействии CP-инвариантность не нарушается, поэтому широко обсуждаются теоретические возможности устранения таких решений. По мнению ряда теоретиков, проще всего освободиться от этих решений, если предположить, что имеется дополнительная симметрия, которая строго компенсирует эффекты нарушения CP-инвариантности. Однако такая новая симметрия неизбежно вызывает появление новой легкой слабовзаимодействующей частицы — аксиона, спин которой равен нулю.

Теория предсказывает связь между массой аксиона и константой его взаимодействия с остальными частицами: чем меньше эта константа, тем меньше масса аксиона. Наличие такой связи задается теорией жестко, а вот сами значения массы (или константы) — разные в различных моделях аксиона. Вообще же аксион должен быть подобен π^0 -мезону, но в отличие от π^0 -мезона, обладающего сильным взаимодействием, аксион должен взаимодействовать с веществом значительно слабее и масса его должна быть в тысячи раз меньше, чем у пиона. Слабое взаимодействие аксиона с веществом приводит к весьма малой вероятности его рождения в столкновениях адронов (меньше 10^{-7} — 10^{-5} от соответствующей вероятности образования пиона); возможно, поэтому, аксион не был обнаружен до настоящего времени. Как и π^0 -мезон, аксион нестабилен и должен распадаться на два фотона. Предсказываемое время его жизни оказывалось довольно большим, превышающим 10^{-2} с. Получалось, что если аксион и образовался бы в каком-нибудь процессе, он ускользнул бы из установки, не взаимодействуя с веществом детектора и не распадаясь. Поэтому поиск аксиона на ускорителях — достаточно сложная задача.

Но если существование аксиона могло не проявиться в лабораторных масштабах, оно неизбежно должно было бы обнаружиться в масштабах космических, радикально влияя на эволюцию звезд. Оказывается, само существование Солнца и других звезд позволяет весьма жестко

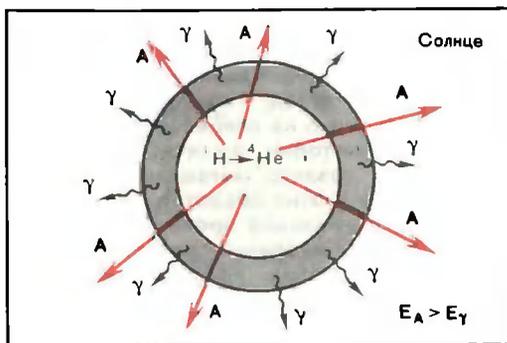
ограничить возможные свойства аксиона. Напомним, что основную часть своего жизненного пути звезда проводит в состоянии гидростатического равновесия, обеспечивающего баланс между потерей энергии на излучение и выделением термоядерной энергии в недрах звезды. Если скорость потери энергии звездой возрастет, за счет быстрого установления гидростатического равновесия произойдет соответствующее увеличение скорости термоядерных реакций. При этом запас термоядерного топлива в звезде исчерпывается за более короткое время. Именно это обстоятельство — зависимость темпа эволюции звезды от скорости потери энергии — и позволяет получить ограничения на допустимые свойства аксиона.

В звездах главной последовательности, к которым относится Солнце, основным механизмом потери энергии является электромагнитное излучение с поверхности. Наблюдаемая светимость Солнца L_{\odot} составляет около $4 \cdot 10^{33}$ эрг/с, а полная энергия E , которая может выделиться в недрах Солнца за счет цепочки термоядерных реакций превращения водорода в гелий, составляет $1,2 \cdot 10^{52}$ эрг; таким образом, запас водородного топлива может обеспечивать солнечную светимость в течение времени $t \sim E/L_{\odot} \sim 10^{11}$ лет. Это время и определяет для Солнца длительность его пребывания на стадии звезды главной последовательности; оно значительно превышает возраст Солнечной системы ($7,5 \cdot 10^9$ лет).

Существование аксиона привело бы к дополнительной потере энергии Солнцем за счет излучения аксионов. Ведь в этом случае в недрах Солнца происходили бы реакции образования аксионов, и хотя предсказываемая вероятность таких реакций мала, но, соответственно, мала и вероятность поглощения аксионов. Образующийся в недрах Солнца аксион мог бы беспрепятственно покинуть нашу звезду и унести сообщенную ему энергию. При этом соответственно уменьшилось бы время жизни Солнца как звезды главной последовательности.

Аксионная светимость зависит от величины сечения реакции образования аксиона и от величины его массы. При массе аксиона m_A , меньшей, чем характерная энергия частиц внутри Солнца ($m_A < 1$ кэВ), аксионная светимость не зависит от массы аксиона и определяется только сечением реакции его образования. В большинстве моделей аксиона это сечение составляет 10^{-35} см². В результате

получаемая аксионная светимость Солнца на 5 порядков величины превосходит его фотонную светимость, так что Солнце давно должно было прекратить свое существование как звезда главной последовательности и превратиться в красный гигант — звезду с гелиевым ядром и гигантской разреженной оболочкой размером с орбиту Земли. Полученное таким образом противоречие исключает существование легкого аксиона ($m_A < 1$ кэВ) с сечением взаимодействия, превышающим 10^{-40} см².



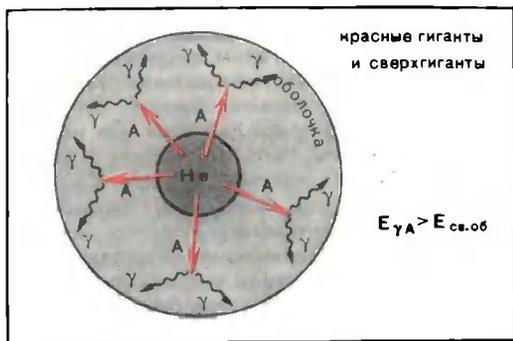
Испускание аксионов A и фотонов γ в Солнце. Скорость уноса энергии E_A за счет объемного излучения аксионов Солнцем превысила бы скорость потери энергии E_{γ} , обусловленную электромагнитным излучением из узкой области вблизи поверхности Солнца — его фотосферы.

Если бы масса аксиона превышала характерную тепловую энергию внутри Солнца (т. е. $m_A > 1$ кэВ), то в реакции с образованием аксиона смогли бы участвовать только такие частицы, энергия которых достаточно велика для преодоления энергетического порога реакции — $m_A c^2$. В тепловом равновесии при температуре T доля таких энергичных частиц пропорциональна $\exp(-m_A c^2/kT)$, где c — скорость света, k — постоянная Больцмана. Соответственно должна уменьшиться аксионная светимость Солнца. Расчеты показывают, что при $m_A \geq 25$ кэВ ожидаемая аксионная светимость Солнца становится малой по сравнению с его фотонной светимостью. Если бы такие аксионы и существовали, их излучение радикально не повлияло бы на эволюцию Солнечной системы.

Однако имеются звезды, для которых существование и более тяжелых аксионов (с массой вплоть до 200 кэВ) привело бы к трагическим последствиям. Речь идет о

красных гигантах и сверхгигантах. По современным представлениям, в этих звездах имеются горячие гелиевые ядра и массивная протяженная оболочка, в 10^3 — 10^5 раз превышающая размеры Солнца. Температура в гелиевом ядре на порядок величины выше, чем в Солнце. Соответственно и эволюция таких звезд «чувствительна» к существованию аксионов с массой, на порядок величины большей, чем в случае Солнца.

Для красных гигантов влияние аксионного излучения на темп эволюции



Испускание аксионов гелиевым ядром красных гигантов и сверхгигантов. Распад аксиона на фотоны в оболочке этих звезд приводил бы к передаче оболочке энергии $E_{\gamma A}$, превышающей энергию связи оболочки $E_{св.об}$.

инное, поскольку уже при $m_A > 10$ кэВ расстояние, которое аксионы пробегают до распада, становится меньше, чем размеры этих звезд. В результате образующиеся в звездном ядре аксионы распадаются, не успевая выйти за пределы оболочки гиганта. Интенсивное рождение аксионов в ядре и распад в оболочке — эффективный механизм передачи энергии в оболочку, так что равновесие оболочки в условиях такого дополнительного притока энергии могло бы осуществляться только за счет изменения структуры звезды.

При $m_A < 200$ кэВ поток энергии, переносимый аксионами в оболочку гиганта, превысит поток лучистой энергии и приведет к радикальному изменению структуры звезды. Более того, передача энергии с помощью аксионов оказывается столь велика, что равновесие оболочки становится вообще невозможным. Оболочка была бы «сдута» мощным потоком излучения, возникающего в результате распада аксионов. Таким образом, если бы масса аксио-

на была меньше, чем 200 кэВ, красные гиганты и сверхгиганты попросту не существовали бы — они бы лишились своих протяженных оболочек. При больших массах аксиона их влияние на эволюцию красных гигантов и сверхгигантов существенно ослаблено (вспомним экспоненциальный фактор $(-m_A c^2/kT)$ в выражении для интенсивности излучения).

Ограничение на массу аксиона ($m_A > 200$ кэВ) было получено независимо советскими¹ и американскими² учеными на основе совершенно различных моделей структуры гигантов и сверхгигантов, отличавшихся различными параметрами гелиевых ядер этих звезд. Так что ограничение фактически является модельно независимым³.

Этот результат исключил модели аксионов с сечением взаимодействия порядка 10^{-38} см². Теоретики стали склоняться к моделям «невидимого», т. е. очень легкого и крайне слабо взаимодействующего аксиона. Такие аксионы уже не могли бы распадаться в оболочках красных гигантов и сверхгигантов. Но чтобы излучение таких аксионов не ускорило темп эволюции этих звезд, необходимо, чтобы сечение взаимодействия аксионов было в триллион раз меньше, т. е. не превышало бы 10^{-50} см².

Приведенный пример показывает эффективность астрофизических методов исключения тех или иных труднопроверяемых в лабораторных условиях вариантов теории. Однако помимо таких «негативных» результатов астрофизические соображения могут приводить и к «позитивным» утверждениям.

ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ СКРЫТАЯ МАССА ВСЕЛЕННОЙ?

Еще 50 лет назад, вскоре после того, как было установлено, что слабо светящиеся туманности в действительности

¹ Высоцкий М. И., Зельдович Я. Б., Хлопов М. Ю., Чечеткин В. М. — Письма в ЖЭТФ, 1978, т. 27, с. 533.

² Dicus D., Kolb R., Teplitz V. — Phys. Rev., 1978, v. D18, p. 1829.

³ О высокой оценке, которую физика элементарных частиц дала вышеприведенным астрофизическим соображениям, свидетельствует включение астрофизической оценки $m_A > 200$ кэВ в «Таблицы свойств элементарных частиц». Эти таблицы издаются международной группой, обрабатывающей данные по элементарным частицам (Particle Data Group).

являются яркими галактиками, подобными нашей, и что многие галактики входят в скопления галактик, Ф. Цвикки обнаружил так называемый вириальный парадокс: полная масса скопления превышала более чем на порядок величины сумму масс входящих в скопление галактик. Так впервые был поставлен вопрос о скрытой массе Вселенной. В чем же суть вириального парадокса?

Ф. Цвикки предполагал, что скопления находятся в стационарном состоянии. Тогда справедлива теорема вириала: удвоенная кинетическая энергия галактик скопления равна взятой с обратным знаком потенциальной энергии гравитационного притяжения всех галактик. Эффект Доплера позволял определить скорость галактик в скоплении, а из теоремы вириала определялась гравитационная энергия и, следовательно, полная (вириальная) масса скопления. С другой стороны, массу отдельной галактики можно оценить по ее светимости. Суть вириального парадокса состояла в том, что вириальная масса скопления более чем в 10 раз превышала сумму масс галактик, рассчитанную по их светимости.

В течение последующих 50 лет делались различные попытки устранить вириальный парадокс. Предполагалось, например, что основную массу скоплений составляет нейтральный или ионизованный межгалактический газ, массу которого Ф. Цвикки не учитывал.

В альтернативном подходе вообще принималось, что скопления нестационарны, гравитационно не связаны и их кинетическая энергия есть кинетическая энергия разлета галактик. В таком подходе теорема вириала для скоплений просто несправедлива.

Скоплений наблюдалось все больше и больше, и если бы они не были гравитационно связаны, должны бы были существовать и уже разлетевшиеся скопления в самых различных фазах разлета. Однако таких объектов не наблюдалось. По-видимому, скопления действительно связаны. Но чем?

В последние годы было обнаружено рентгеновское излучение горячего газа скоплений. Спектр излучения позволял судить о температуре газа, которая характеризует гравитационный потенциал скопления, а по интенсивности излучения можно было определить полную массу газа в скоплении. Эти данные только обострили противоречие: газа оказалось явно недостаточно, чтобы обеспечить недостающую

массу скопления, а температура газа, напротив, свидетельствовала о большой скрытой массе.

Появились также данные о существовании невидимой массы и вокруг отдельных галактик. Вне видимой области галактик распределение по скоростям v их спутников (в основном — облаков газа) не подчинялось закону, ожидаемому для движения по орбите радиусом R вокруг изолированной массы. Это распределение должно было бы удовлетворять закону $v \sim 1/\sqrt{R}$, однако наблюдалась постоянная, не зависящая от радиуса скорость движения облаков, отвечающая увеличению массы с радиусом. Таким образом, вне видимой области галактики должны существовать невидимая скрытая масса!

Какова ее природа? Если это не газ, то, может быть, это маленькие (раз в 10—100 менее массивные, чем Солнце) слабо светящиеся звездочки? Возможно, это объекты типа планеты Юпитер — своеобразные «недоразвившиеся» звезды? Подобное предположение возможно. Но тогда возникает вопрос, как большая часть вещества во Вселенной «скрылась» в мало светящихся объектах. А этот вопрос относится уже к эволюции вещества во Вселенной. И привлекая теорию эволюции Вселенной, мы получаем два аргумента против отождествления скрытой массы с объектами из обычного вещества (т. е. вещества, состоящего из электронов и ядер).

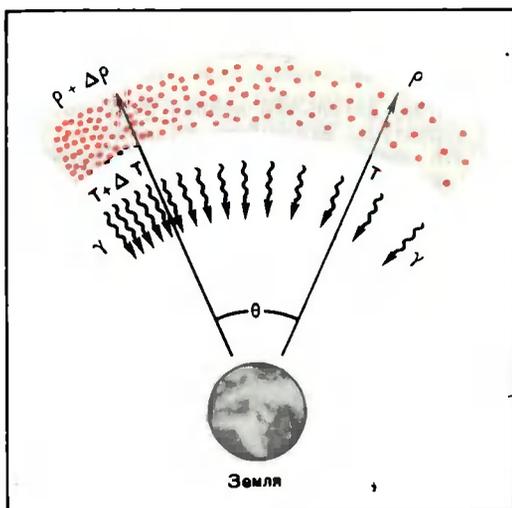
Первый аргумент связан с теорией образования неоднородностей в однородной расширяющейся Вселенной. В ранней Вселенной — в эпоху, когда не было звезд, галактик и скоплений галактик, вещество было почти однородно, не было нейтральных атомов, а электроны и ядра представляли собой горячую плазму, находившуюся в тепловом равновесии с излучением, плотность которого и определяла плотность Вселенной. Теория, объясняющая образование галактик, скоплений галактик, т. е. неоднородностей современной Вселенной, исходит из того, что эти неоднородности есть результат развития во Вселенной гравитационной неустойчивости почти однородного вещества, результат роста малых начальных возмущений его плотности.

Важнейшее достижение теоретической астрофизики последних лет — наблюдательное подтверждение существования крупномасштабной структуры Вселенной, предсказывавшейся в рамках этой теории. Оказывается, галактики и скопления галактик распределены во Вселенной не хаотич-

но, они образуют так называемую ячеистую структуру, формируют систему пересекающихся поверхностей и цепочек, окружающих огромные пустоты, в которых отсутствуют яркие галактики, а возможно и вообще нет галактик. Существенно, что, хотя масштаб структуры и велик (40—50 мегапарсек), он значительно уступает размерам наблюдаемой части Вселенной (6000 Мпс), так что на расстояниях, превышающих 100 Мпс, Вселенная весьма однородна⁴. Ее однородность на таких

излучения. Согласовать данные по поиску такой анизотропии с наблюдаемой неоднородностью распределения вещества нельзя, если считать, что формирование неоднородностей определяется только обычным веществом. Таким образом, мы должны предположить, что основная масса Вселенной в период формирования ее структуры была скрыта в форме, отличной от обычного вещества.

Второй аргумент связан с теорией космологического нуклеосинтеза — с теорией образования легких элементов в ранней Вселенной. Эта теория позволяет рассчитать концентрацию легких элементов (D, ³He, ⁴He) — продуктов первых трех минут расширения Вселенной. Расчеты показывают, что концентрация образующегося дейтерия существенно зависит от плотности барионов, определяющей плотность обычного вещества. Чем эта плотность выше, тем эффективнее «выгорает» дейтерий в реакциях космологического нуклеосинтеза, тем меньше его остается. Наблюдаемой концентрации дейтерия отвечает плотность обычного вещества, в несколько раз меньшая, чем требуется для объяснения скрытой массы. Если бы скрытая масса была связана с малосветящимися объектами, состоящими из обычного вещества, плотность барионов в первые три минуты расширения была бы столь высокой, что к настоящему времени дейтерия почти не осталось бы.



Схема, иллюстрирующая связь начальных возмущений плотности ρ и наблюдаемой под углом θ анизотропии температуры T реликтового излучения.

больших расстояниях подтверждается изотропией реликтового излучения.

Примечательно, что именно из-за высокой изотропии реликтового излучения в теории образования неоднородностей также возникла потребность в скрытой массе. Дело в том, что в рамках этой теории начальная неоднородность распределения вещества однозначно связана с неоднородностью реликтового излучения, а последняя должна была бы проявиться в анизотропии температуры этого

Безуспешные поиски источников дейтерия в современной Вселенной существенно усиливали второй аргумент. Анализ показал, что современные астрофизические процессы вряд ли могут обеспечить наблюдаемую концентрацию дейтерия. Более того, из-за эффективного выгорания дейтерия в звездах скорее следует ожидать, что его концентрация в ранней Вселенной была больше, чем наблюдаемая в настоящее время. Итак, анализ химической эволюции вещества также свидетельствует в пользу небарионной природы скрытой массы Вселенной.

Таким образом, наблюдательные данные о скрытой массе в свете теории эволюции Вселенной требуют привлечения новых форм материи, отличных от электромагнитного излучения и обычного вещества. Именно такие, невидимые формы материи должны определять плотность современной Вселенной, именно их эволюция должна была играть основную роль в формировании структуры Вселенной. От расширяющейся Вселенной, физическая картина которой исчерпывалась описанием эволю-

⁴ Подробнее об этом см.: Шандарин С. Ф., Дорошкевич А. Г., Зельдович Я. Б.— Усп. физ. наук, 1983, т. 139, с. 83; Зельдович Я. Б. Современная космология.— Природа, 1983, № 9, с. 11.

ции обычного вещества и излучения, космология обратилась к анализу эволюции скрытых форм материи. В таком анализе можно было определить характеристики частиц скрытой массы, создать их «фоторобот».

Если частицы скрытой массы слабо взаимодействуют с веществом и излучением, скрытая масса будет оказывать только гравитационное влияние и проявляться в таких объектах, где суммарная масса этих частиц велика, — в галактиках, их скоплениях и сверхскоплениях. Подобное предположение согласуется с наблюдениями. Более того, скрытая масса доминирует в неоднородностях большого размера. В неоднородностях малого размера — в звездах, звездных скоплениях — заведомо доминирует обычное вещество.

Недавно появились данные о наличии относительно небольшой скрытой массы в видимой области галактик и в карликовых галактиках. Но они пока противоречивы. В любом случае речь идет о скрытой массе, сравнимой с массой видимого вещества, а не о массе на порядок большей, чем видимая, как это имеет место в скоплениях галактик.

Чтобы образование структуры Вселенной не противоречило наблюдаемой изотропии реликтового излучения, воздействие скрытой массы на вещество и излучение должно быть только гравитационным. Только в этом случае рост возмущений плотности скрытой массы ведет к малой анизотропии излучения и усиливает рост возмущений плотности вещества.

Итак, кандидатов на роль частиц скрытой массы следует искать среди слабозаимодействующих частиц. В качестве таких кандидатов рассматривали массивные нейтрино, привлекали и новые гипотетические частицы (невидимые аксионы, гравитино и т. п.). И вот тут-то выявилась важнейшая роль наблюдаемой структуры Вселенной как уникального детектора частиц скрытой массы.

Казалось естественным полагать, что частицы скрытой массы одни и те же как в период формирования структуры, так и в современной Вселенной. В рамках этого предположения советские и зарубежные специалисты провели многочисленные детальные расчеты — и пришли к противоречию: большая скрытая масса в период формирования структуры Вселенной приводит к такой быстрой эволюции уже сформированной структуры, что сейчас она просто не могла бы наблюдаться.

Следовательно, большая скрытая мас-

са должна была находиться в формирующихся неоднородностях, а в уже сформированных она не должна полностью сохраняться.

Чтобы решить это противоречие, необходимо отказаться от стабильных форм скрытой массы. Частицы скрытой массы в период формирования структуры и в современной Вселенной — нетождественны⁵. Большая часть скрытой массы, формировавшей структуру Вселенной, должна быть нестабильной. Продукты ее распада также должны быть слабовзаимодействующими частицами и составлять однородную (т. е. равномерно распределенную по всему пространству) скрытую массу современной Вселенной.

Итак, детальный анализ формирования структуры Вселенной приводит к тому, что частицы скрытой массы должны быть нестабильными. При этом параметры наблюдаемой структуры Вселенной очень жестко фиксируют параметры этих частиц. Так, размеры наблюдаемых ячеек структуры (сверхскоплений) и пустот между ними определяются величиной массы частиц, формировавших структуру. Дело в том, что эти размеры определяются неоднородностью начального распределения частиц, сохранившейся в более ранних стадиях расширения Вселенной. В свою очередь, эта неоднородность определяется расстоянием, на которое эти частицы могут «разбежаться». Если на этом расстоянии где-то частиц больше, а где-то — меньше, то, «разбегаясь», частицы сглаживают неоднородность своего распределения, а на больших расстояниях неоднородность сохраняется.

Отсюда ясно, что, если частицы релятивистские, минимальный размер неоднородностей практически совпадает с размером космологического горизонта — области, охватываемой световым сигналом. А для нерелятивистских частиц этот размер определяется массой частиц, причем, чем больше масса, тем более горячей должна быть Вселенная в период, когда частицы становятся нерелятивистскими. Следовательно, при большей массе частиц этот период отвечает более ранним стадиям эволюции Вселенной — меньшим размерам сохраняющихся неоднородностей.

Когда в ходе формирования структуры Вселенной неоднородность распределения частиц растет, первыми вырастают

⁵ Дорошкевич А. Г., Хлопов М. Ю. — Ядерная физика, 1984, т. 39, с. 808.

и формируют структуры неоднородности минимального размера, а этот размер тем меньше, чем больше масса частиц. Поэтому масса частиц жестко фиксирует размеры наблюдаемой структуры. Основываясь на параметрах наблюдаемой структуры, можно заключить, что эта масса должна составлять 30—100 эВ.

Указанный диапазон масс частиц согласуется с результатами по измерению массы электронного нейтрино⁶. Поэтому если структуру Вселенной действительно формировали нейтрино, то лаборатория-Вселенная не только дает независимое определение их массы, но и устанавливает время их жизни, что в земных экспериментах сделать невозможно.

Если частицы распадутся слишком рано, структура Вселенной вообще не сформируется. Если же распады частиц произойдут слишком поздно, они не спасут сформировавшуюся структуру от слишком быстрой эволюции. Эти условия и определяют весьма узкий диапазон допустимого времени жизни частицы: 10^8 — $5 \cdot 10^8$ лет.

На что могут распасться нейтрино? Ответ дают модели, описывающие природу массы нейтрино. Оказывается, что в этих моделях, если мы хотим различить электронное, мюонное и τ -нейтрино, возможны распады более тяжелого нейтрино на более легкое и новую безмассовую слабовзаимодействующую частицу со спином 0. В зависимости от ее природы частицу называют или майороном, или фемилоном. В обоих случаях при разумных параметрах модели для распада нейтрино с массой 30—100 эВ его время жизни должно составлять 10^8 — $5 \cdot 10^8$ лет. И если мы не знаем пока, зачем природе, кроме электрона, понадобились еще мюон и τ -лептон, то, возможно, мы уже нашли ответ на вопрос, зачем нужно несколько типов нейтрино.

Конечно, астрофизика не может самостоятельно определить тип нестабильных частиц скрытой массы. Годятся любые частицы с указанными выше массой и временем жизни. Нестабильные нейтрино — наиболее естественный кандидат.

Еще шире оказывается выбор стабильных частиц, определяющих современную скрытую массу. В период формирования структуры эти частицы составляли не

более 10—20 % скрытой массы, но после распада нестабильной скрытой массы именно эти частицы обеспечивают скрытую массу в современных неоднородностях. Можно ожидать, что более подробный анализ наблюдаемой Вселенной позволит выявить характеристики и этих частиц.

РЕЛИКТОВЫЕ ГРАВИТИНО

Мы рассмотрели два примера того, как невидимые слабовзаимодействующие частицы могут непосредственно влиять на свойства видимой Вселенной. Сейчас мы обсудим еще одну возможность астрофизической лаборатории давать заключения о влиянии гипотетических частиц на физические процессы во Вселенной в более ранние эпохи. Эта возможность особенно важна для проверки предсказаний теории о свойствах нестабильных тяжелых слабовзаимодействующих частиц.

Наиболее ярким примером таких частиц являются гравитино, предсказываемые так называемыми локально суперсимметричными моделями теории элементарных частиц, предлагающими единое описание всех четырех фундаментальных взаимодействий. Эти модели основываются на суперсимметрии — симметрии между бозонами и фермионами: каждому известному фермиону (частице с полуцелым спином) соответствует новый гипотетический бозон (частица с целым спином), а каждому известному бозону — соответствующий гипотетический фермион⁷. При этом для кванта гравитационного поля — гравитона (частицы со спином 2) — предсказывается свой гипотетический партнер — гравитино (частица со спином 3/2).

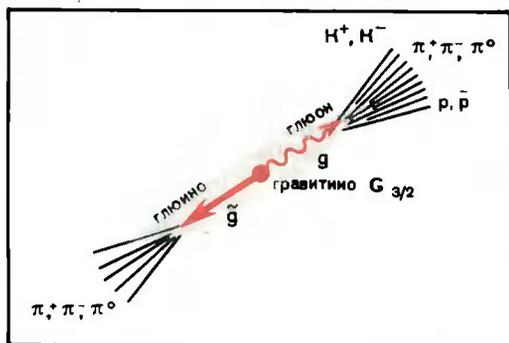
Суперсимметричные частицы пока не наблюдались. Это означает, что суперсимметрия нарушена и эти частицы имеют значительно большую массу, чем соответствующие им известные частицы. Однако многие теоретики полагают, что эта масса не должна значительно превышать массы W - и Z -бозонов. Тогда суперсимметрия обеспечивает различие на 13 порядков величины между массами W - и Z -бозонов слабого взаимодействия и массами гипотетических X - и Y -бозонов, вызывающих в моделях Великого объединения распад протона. Не привлекая суперсимметрию, модели Великого объединения не могли объяснить такого различия, требуемого из эк-

⁶ Подробнее об этом см., напр.: Зельдович Я. Б., Хлопов М. Ю.— Усп. физ. наук, 1981, т. 135, с. 45; Бисноватый-Коган Г. С. Нейтрино во Вселенной.— Природа, 1982, № 10, с.26.

⁷ Подробнее об этих моделях см.: Березинский В. С. Объединенные калибровочные теории и нестабильный протон.— Природа, 1984, № 11, с. 24.

спериментальных ограничений на время жизни протона⁸.

Если массы суперсимметричных партнеров известных частиц сравнимы по величине с массами W- и Z-бозонов, то уже в ближайшее время на ускорителях должны наблюдаться процессы рождения этих частиц. Жестко фиксируется в этом случае и масса гравитино (около 100 ГэВ), но наблюдать процессы рождения гравитино на ускорителях невозможно — слишком слабым предсказывается взаимодействие гравитино с остальными частицами.



Схемы распада гравитино $G_{3/2}$ на глюино \tilde{g} и глюон g , переходящие в струи адронов.

Только на очень ранних стадиях эволюции Вселенной гравитино могли образовываться в заметном количестве. И не просто в заметном — в столь заметном, что их присутствие во Вселенной не могло бы остаться незамеченным.

Каковы же возможные «эффекты присутствия» гравитино во Вселенной? Если бы эти частицы были стабильными, они составляли бы скрытую массу современной Вселенной и из анализа скрытой массы можно было бы получить верхний предел на величину их плотности. Но в большинстве суперсимметричных моделей гравитино нестабильны и распадаются на обычные частицы и их суперсимметричных партнеров. По оценке С. Вайнберга, время жизни гравитино обратно пропорционально кубу их массы; при массе гравитино 100 ГэВ оно должно быть не меньше 10^8 с. А за такое время от начала расширения во Вселенной уже давно должен был сформироваться тепловой спектр реликтового излучения, закончиться процесс

космологического нуклеосинтеза, так что наряду с протонами во Вселенной должны присутствовать также ядра ${}^4\text{He}$ (10 % по концентрации) и небольшая (около 10^{-4}) примесь ядер дейтерия и ${}^3\text{He}$. Взаимодействие продуктов распада гравитино с плазмой и излучением должно было бы привести к искажению спектра реликтового излучения, т. е. он должен сильно отличаться от планковского. Продукты распада гравитино разрушили бы ядра ${}^4\text{He}$, и в процессе разрушения образовались бы ядра-осколки — дейтерий и ${}^3\text{He}$.

Во всех имеющихся теоретических схемах с нестабильными гравитино эта нестабильность обусловлена переходом гравитино в глюино и глюон, которые должны формировать струи адронов, взаимодействующие с плазмой и излучением. Оценки для периода 10^8 с показывают, что пионы, образующиеся в распадах гравитино, успевают распасться и почти не взаимодействуют с ядрами, а заметная доля протонов, возникающих в распадах гравитино в паре с антипротонами, успевают замедлиться до малых энергий, при которых они уже не могут разрушить ядра ${}^4\text{He}$. Более эффективными были бы антипротоны от распада гравитино, поскольку даже после замедления из-за взаимодействия с плазмой антипротоны все равно могут разрушать ядра ${}^4\text{He}$, аннигилируя с одним из нуклонов ядра. Наблюдаемые концентрации дейтерия и ${}^3\text{He}$ являются поэтому наиболее чувствительным индикатором процессов распада гравитино. В самом деле, даже если бы только в 0,1 % случаев аннигиляции антипротонов с ${}^4\text{He}$ образовывались ядра дейтерия и ${}^3\text{He}$, количество вновь возникающих дейтерия и ${}^3\text{He}$ превышало бы их наблюдаемую концентрацию.

Заметим, что астрофизиков уже давно интересовало, сколько дейтерия и ${}^3\text{He}$ образуется при аннигиляции антипротонов с ядрами ${}^4\text{He}$. Интерес этот был вызван старым вопросом о существовании областей антивещества. Эта проблема приобрела совершенно новый аспект в связи с тем, что космологическим следствием целого ряда моделей Великого объединения является существование антипротонов или их источников в период после космологического нуклеосинтеза⁹. Теперь мы можем сказать, что распад гравитино — один из таких источников антипротонов.

⁹ Chechetkin V. M., Khlopov M. Yu., Sapozhnikov M. G. — Revista Nuovo Cimento, 1982, v. 5, № 10.

⁸ Там же.



Фотография типичного события — образования ядра ${}^3\text{He}$ в реакции аннигиляции $\bar{p} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^3\text{He} + \pi^+ + \pi^-$. Стрелками показаны треки начального антипротона \bar{p} и продуктов реакции ${}^3\text{He}$, π^- , π^+ .

И вот совсем недавно экспериментаторы из объединенной группы Дубна — Падуа — Павия — Турин — Фраскати исследовали по «социальному заказу» астрофизиков образование ${}^3\text{He}$ и дейтерия при аннигиляции антипротонов с ядрами ${}^4\text{He}$. Эксперименты велись в ЦЕРНе на пучках антипротонов ускорителя LEAR (Low Energy Antiproton Ring).

Полная обработка результатов еще не закончена, поэтому пока неясно, сколько дейтерия образуется в этой реакции. Но уже беглый взгляд на фотографии позволяет сразу же выделить в числе продуктов аннигиляции ядра ${}^3\text{He}$. Из закона сохранения электрического заряда легко получить, что должно образовываться четное число заряженных частиц. Астрофизики с нетер-

пением ожидают продолжения измерений \bar{p} ${}^4\text{He}$ -аннигиляции. Особенно важно измерить относительную вероятность образования дейтерия и ${}^3\text{He}$ в этом процессе, ведь \bar{p} ${}^4\text{He}$ -аннигиляцию можно рассматривать как источник дейтерия в эпоху после космологического нуклеосинтеза. Может ли такой источник объяснить все количество наблюдаемого сейчас дейтерия? Эксперимент позволит ответить на этот вопрос: если при \bar{p} ${}^4\text{He}$ -аннигиляции образуется хотя бы в пять раз большее количество ${}^3\text{He}$, чем дейтерия, то подобное «перепроизводство» ${}^3\text{He}$ противоречило бы наблюдениям. В этом случае ответ будет отрицательным.

Но даже из того факта, что в \bar{p} ${}^4\text{He}$ -аннигиляции образуются ядра ${}^3\text{He}$, следует, что допустимая концентрация нестабильных гравитино в период их распада ограничена так же жестко, как если бы они были стабильными. Средняя плотность числа гравитино в любом случае не может превышать среднюю плотность числа нуклонов во Вселенной. А это налагает очень жесткие ограничения на условия образования гравитино в ранней Вселенной и, в свою очередь, на локальные суперсимметричные модели, определяющие эти условия. Ограничения получаются настолько жесткими, что простейший вариант супергравитации можно считать исключенным по астрофизическим соображениям.

Итак, аналогично тому, как несколько лет назад анализ космологических следствий моделей Великого объединения привел к проблеме реликтовых магнитных монополей¹⁰, на новом этапе развития теории элементарных частиц космологические следствия единой теории всех четырех фундаментальных взаимодействий приводят к проблеме реликтовых гравитино.

Несколько лет назад Я. Б. Зельдович назвал Вселенную гигантским естественным ускорителем. В этой статье мы попытались показать, что Вселенная — не только ускоритель, способный рождать новые частицы, но и детектор, который позволяет всесторонне изучать свойства этих, во многом еще гипотетических, частиц.

Астрофизика вновь становится проблемным камнем теории элементарных частиц.

¹⁰ Хлопов М. Ю. Реликтовые магнитные монополии. — Природа, 1979, № 12, с. 90.

Древности с берегов Ледовитого океана

Н. Н. Гурина,

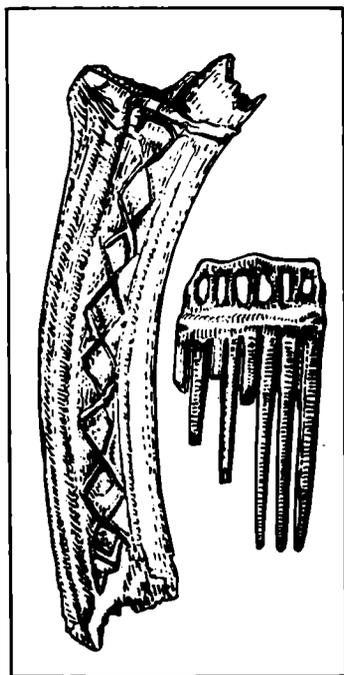
доктор исторических наук

Ленинградское отделение Института археологии АН СССР

Кольский п-ов, расположенный почти полностью за Северным полярным кругом, издавна привлекал к себе внимание ученых различных специальностей. Особенности рельефа, сохранившего на себе следы древнейших геологических процессов, явились предметом изучения геологов, а своеобразие быта населения, обусловленное экстремальными условиями жизни и, в известной мере, окраинным положением, вызвало заслуженный интерес этнографов. Но археологи начали изучать древнейшую историю Кольского п-ова сравнительно поздно. В то время как на юге уже в прошлые столетия развернулись широкие археологические работы, сама мысль о существовании древнего человека в столь суровых условиях Севера казалась нереальной. Первые раскопки были произведены здесь лишь в 1928 г. А. В. Шмидтом. Затем Б. Ф. Земляковым был обследован Рыбачий п-ов. Лишь с 1946 г. Ленинградское отделение института археологии АН СССР приступило (под руководством автора) к планомерным археологическим изысканиям в этом регионе.

За истекшие годы здесь обнаружено свыше 500 разнообразных археологических памятников времен мезолита (9000 лет назад), эпохи неолита (5500 лет назад), раннего металла (4000 лет назад) и раннего средневековья. Среди них — кратковременные стоянки и длительные поселения, могильники и одиночные захоронения, лабиринты и наскальные изображения.

Особое внимание ученых привлекает поселение Маяк II, расположенное на северо-вос-



Украшение рукоятки и гребень из рога.

точном побережье Кольского п-ова близ д. Дроздовки, являющееся жемчужиной среди памятников Севера. Оно исследуется уже 5 сезонов. Раскопана большая площадь, получен огромный чрезвычайно интересный материал. Необычность этого поселения в том, что на нем сохранились многочисленные остатки фауны IV—II тысячелетия до н. э., позволяющей не только выявить форму хозяйства его древних обитателей, но и воссоздать природную среду того времени.

Основная масса костей принадлежит морским животным: гренландскому тюленю (преимущественно), моржу, нерпе, нарвалу, морскому зайцу, водоплавающим птицам. Есть кости кита, белого медведя; из сухопутных — кости лося

и оленя, медведя, волка, зайца, россомахи. Кости бобра, ныне здесь не встречающегося, позволяют считать, что на месте современной тундры в то время были леса, росшие главным образом по берегам рек. Огромное количество костей гренландского тюленя свидетельствует, очевидно, о том, что именно он являлся главным объектом охоты.

На поселении найдены не только каменные, но и костяные орудия, редко сохраняющиеся в условиях севера: наконечники стрел (некоторые из них в колчане), копий, кинжалы, многочисленные приспособления для рыбной ловли и морского промысла: гарпуны (в том числе с поворотным наконечником), остроги, рыболовные крючки.

Состав орудий, огромное скопление костей морских животных, а также расположение поселка на мысу, окруженном с трех сторон морем, — все это, бесспорно, свидетельствует о том, что здесь жили охотники на морского зверя. Они били его не только на лежбищах, но и выезжали в море, в длинную Дроздовскую губу, на что указывают специальные гарпуны с поворотным наконечником. Вместе с тем определенное значение имела и сухопутная охота. В пищу древних людей входили и продукты собирательства — моллюски, раковины которых найдены на поселении, вероятно, птичьи яйца, ягоды и грибы.

На Маяке-II помимо вещей, свидетельствующих о хозяйственно-экономической деятельности людей, найдено много предметов быта. Это — тончайшие костяные иглы с ушками, положенные в йгольники, гребни с украшениями, ложки, орудия для переработки шкур и дерева, каменные лампы с ручками для освещения жилищ (жировики) и, наконец, прекрасные образцы первобытного искусства.

Если орудия труда позволяют восстановить материаль-

ную культуру человека того времени и условия его жизни, то предметы искусства раскрывают его духовный мир. Количество произведений, так или иначе относящихся к изобразительному искусству, найденных на поселении Маяк-II и соседних с ним памятников того же времени, достигает 80. Это — или круглая скульптура, или части бытовых предметов, а также — орудия труда, украшенные в основном сложным геометрическим орнаментом.

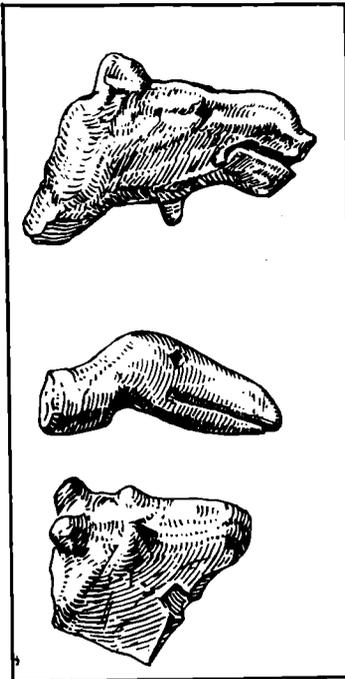
Разнообразные тонкие орнаменты на костяных предметах свидетельствуют о том, что обитатели северного морского побережья умели хорошо считать, — орнаментальные мотивы и композиции всегда строго чередуются и повторяются в определенном порядке, воссоздавая ритмичный, часто весьма сложный узор. Надо было иметь очень развитую, приспособленную к труду руку, чтобы сделать такое мелкое и точное изображение.

У художника того времени было высоко развито чувство формы, которую подчеркивает узор на сосуде или рисунке на предмете. При этом рисунки имели свои сюжеты. На одном из каменных предметов, найденных на соседнем с Маяком-II поселении того же времени, изображается река, на которой расставлена сеть. В реке видна стайка рыб.

Высокое мастерство и талант древнего художника особенно проявились в скульптуре. Этот вид искусства имеет для нас чрезвычайную ценность еще и потому, что благодаря ему мы можем расширить наши представления об окружавшем человека животном мире — изображении зверей существенно дополняют сведения, которые получают ученые, изучая кости убитых животных.

Поделочным материалом для скульптуры служили рог и мягкие породы камня: глинистый сланец и мыльный камень, легко поддающийся обработке. Вырезались фигуры крупных животных, в основном лося и белого медведя, реже — хищников. Найденны три скульптуры собаки, одна — морского зверя, видимо, нерпы. В изображении зверей древний художник достиг

значительного совершенства: обычно они узнаются без особого труда. Животное редко представлено целиком, «в рост», чаще вырезалась лишь его голова. Древний ваятель умело подчеркивал самые характерные



Головы животных из мыльного камня (сверху вниз): голова лося, птицы, белого медведя.

черты зверя. Горбатый нос, массивная, отвислая нижняя губа, серьга под шеей создают образ лося, а короткая, слегка округлая морда с маленькими глазками и ушами — белого медведя. Хищник, как правило, изображался с вытянутой мордой и оскаленными зубами.

Изображения людей менее совершенны, преимущественно это старческие лица.

Исследования ученых-этнографов свидетельствуют о том, что искусство любого народа неразрывно связано с его мировоззрением, религией, в частности с тотемистическими представлениями. Человек верил в свое родство с определенными животными и надеялся их особой сверхъестественной силой, поклонялся им, вос-

производил их образы в искусстве. Часто это были именно те звери, которые и в жизни человека играли большую роль; будучи источником пищи. Вероятно, и жители Заполярья, о которых мы ведем речь, также верили в чудодейственную силу зверя.

В прошлом среди северных народов Сибири были очень развиты культ лося, считавшегося «хозяином» всех зверей, и культ медведя. В честь медведя устраивались празднества, его торжественно съедали, а кости бережно собирали и хранили. У древних жителей Кольского п-ова, очевидно, также существовал культ лося, который воплощал в себе могущество всех сухопутных зверей, в то время как белый медведь являлся грозным хозяином морской стихии. Зависимость благосостояния человека от количества добываемого им морского зверя проявлялась, вероятно, и в особых обрядах, связанных с культом нерпы: об этом свидетельствует, во-первых, ее изображение на кости, а во-вторых, то, что на окраине поселения в углублении скалы были захоронены позвонки нерпы, засыпанные сверху красной натуральной охрой, которой обычно посыпали человеческие останки.

Так в мировоззрении древних обитателей Кольского п-ова причудливо переплетались реальные познания о мире с вымышленными, фантастическими идеями, отражающими сильную зависимость человека от природы, зависимость, порожденную слабым развитием производительных сил.

Показательно, что большинство скульптур имеет в нижней части углубления (или стержни), указывающие на то, что они насаживались на рукоять. Другие предметы снабжены отверстиями; очевидно, их нашивали на одежду или носили на шее.

По-видимому, изображение зверей и людей имели магическое значение и использовались в соответствующем церемониале, о сущности которого можно лишь гадать. Но ясно одно — найденные произведения искусства донесли до нас образы, окружавшие и волновали древнего художника.

От реконструкций климата к реконструкциям океанических течений

А. С. Монин, Н. А. Ясаманов



Андрей Сергеевич Монин, член-корреспондент АН СССР, директор Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР. Автор исследований по океанологии, климатологии, физике атмосферы, планетной геофизике, геофизической гидродинамике. Автор многих книг, в том числе: История Земли. М., 1977; История климата. Л., 1979. Неоднократно печатался в «Природе».



Николай Александрович Ясаманов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отделом экзогенных процессов и истории Земли Музея землеведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Занимается вопросами палеогеографии, палеоэкологии и стратиграфии. Автор монографий: Ландшафтно-климатические условия юры, мела и палеогена Юга СССР. М., 1978; Методы палеогеографических исследований (совместно с В. И. Славинным). М., 1982.

Реконструкции климата былых эпох привлекают в последние годы все большее внимание. С их помощью можно изучать историю Земли... и давать прогнозы на будущее. При этом прогнозы могут быть не только собственно климатическими, но и, например, геологическими. Другими словами, зная условия накопления осадков в том или ином районе Земли, можно с большей эффективностью вести поиски полезных ископаемых. В наши дни, когда мы все больше используем ресурсы океана, появляется необходимость воссоздать не только климат, но и конфигурацию древних поверхностных течений. От их расположения во многом зависела жизнь в океане, а значит, и формирование осадков определенного типа и накопление рудного

вещества. Такая реконструкция течений океана за последние 100 млн лет недавно была сделана авторами этой статьи на основе мобилистских концепций о развитии глобальных процессов на Земле. Этой работе предшествовал анализ климатической зональности материков в геологическом прошлом и причин изменений климата на Земле¹.

КЛИМАТ ФАНЕРОЗОЯ

Сегодня мы имеем возможность воссоздать климаты отдельных эпох фанеро-

¹ Монин А. С., Шихов Ю. А. История климата. Л., 1979; Ушаков С. А., Ясаманов Н. А. Дрейф материков и климаты Земли. М., 1984.

зоя, т. е. последних 570 млн лет развития Земли. В арсенале исследователей имеется достаточно средств для палеоклиматического анализа. Не останавливаясь специально на методике этих работ, отметим, что климатические пояса с определенным температурным режимом и области с различной степенью увлажнения выделяются с помощью многочисленных палеоклиматических индикаторов². Они могут быть не только палеонтологическими, но и геологическими. Так, зоны холодного (нивального) климата ограничиваются по распространению своеобразных ледниковых осадков (тиллитов), захороненного подледного рельефа, отсутствию следов выветривания. Области засушливого жаркого (аридного) климата выделяются по распространению залежей калийных и каменных солей, гипса и ангидрида, континентальной красноцветной гипсоносной и карбонатной формации и т. п.

Хорошо известно, что шарообразная форма Земли предопределила широтную климатическую поясность, и во все периоды геологической истории должны были существовать пояса экваториального, тропического и субтропического климата. В периоды сильнейших похолоданий возникал пояс нивального климата. Из-за разного количества атмосферных осадков формировались аридные и гумидные (увлажненные) зоны с переменным или равномерным увлажнением и, следовательно, соответствующие ландшафтные обстановки.

И действительно, следы существования климатических поясов обнаруживаются на протяжении всего фанерозоя. Однако их положение в ранние его периоды на современной географической карте долгое время выглядело достаточно странно. Например, во второй половине ордовикского периода (около 450 млн лет назад) климатические зоны располагались под углом почти 70° к современному и лишь в поздней юре этот угол уменьшается до 30°.

Однако все становится на свои места, если вместо современной карты взять мобилистские основы, созданные в рамках концепции новой глобальной тектоники, и нанести на них данные о климате. Расположение континентов и океанов на этих картах существенно отличается от современного. Так, в начале фанерозоя (570—

540 млн лет назад) крупным материковым массивом в Южном полушарии была Гондвана, которую составляли все современные южные материки. Гондване противостояли Северо-Американский, Восточно-Европейский, Сибирский и Китайский материки, а также ряд микроконтинентов (Западно-Европейский, Казахстанский и др.). Многие из них располагались в экваториальной зоне и частично в Южном полушарии³. На картах, показывающих именно такое распределение материков, климатические пояса, как и в современную эпоху, параллельны древнему экватору и кругам широты, установленным по палеомагнитным данным. Таким образом, палеоклиматические данные служат одним из критериев истинности мобилистских палеогеографических реконструкций.

Каким же был климат на протяжении фанерозоя? Не имея возможности здесь останавливаться на всей его долгой истории, рассмотрим две наиболее холодных эпохи палеозоя, когда на полюсах возникли обширные покровные оледенения, а также наиболее теплую эпоху в середине мезозоя, для которой был характерен парниковый климат и средние температуры в два раза выше современных.

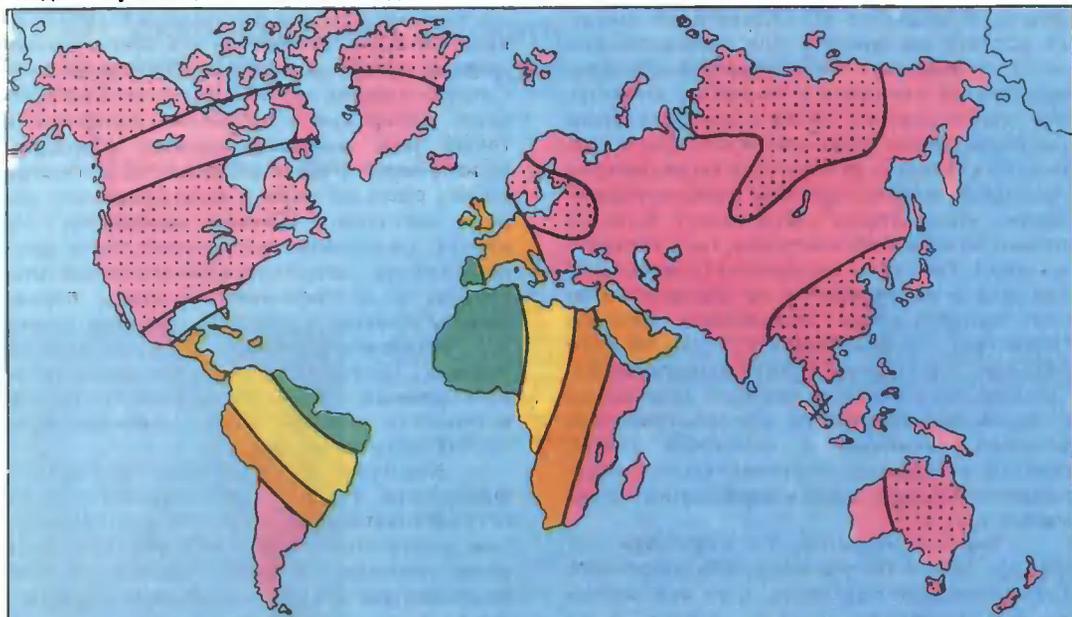
В начале фанерозоя на Земле климат был очень теплым, почти тропическим, но выделялись области более или менее увлажненные. Но во второй половине ордовикского периода похолодало, и уже появились пояса не только тропического и субтропического климата, но и умеренного и нивального. Затем температура на Земле повысилась, и на континентах, за исключением Сибирского, существовали только тропические и субтропические условия. Так, например, в пределах Северо-Американского континента в раннем карбоне средние годовые температуры достигали 30 °С, на Урале 26 °С, а в Закавказье они не превышали 27 °С (эти температуры определены изотопным и магнетитным методами — по отношению концентраций кальция и магния в раковинах беспозвоночных).

В конце карбонового периода (290 млн лет назад) наступило новое похолодание — одно из самых значительных в фанерозое. Резко меняется состав фауны и флоры, а также осадочных формаций. В это время все континенты, за исклю-

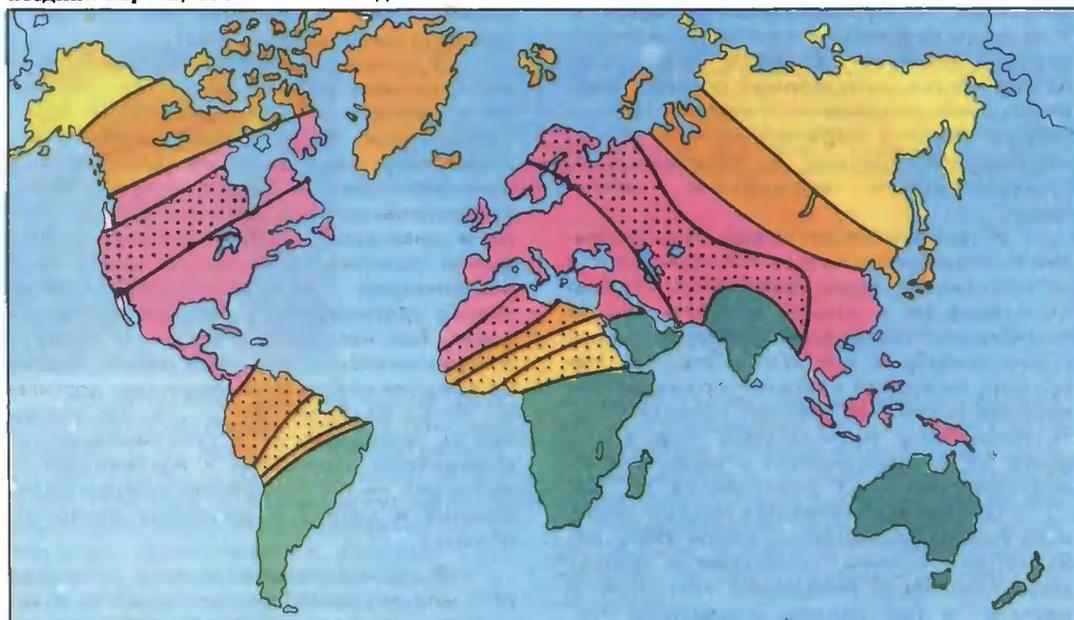
² Славин В. И., Ясаманов Н. А. Методы палеогеографических исследований. М., 1982; Ясаманов Н. А. — Известия АН СССР, сер. географ., 1983, № 3, с. 103.

³ Зоненшайн Л. П., Городницкий А. М. Палеоокеаны и движение континентов. — Природа, 1976, № 11, с. 74.

поздний ордовик, 460 млн лет назад



поздний карбон, 290 млн лет назад



Климатическая зональность материков 460, 290 и 160 млн лет назад.

Климатические пояса:

тропический и экваториальный

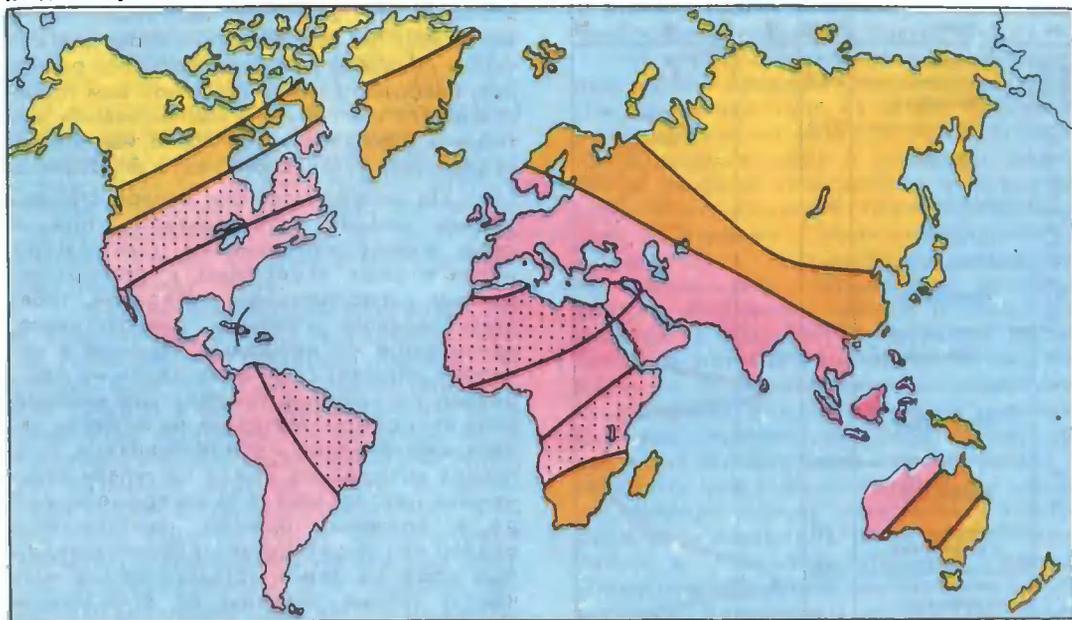
субтропический

умеренный

альпийский

Аридные области

поздняя юра, 160 млн лет назад



чением Китайского, составили единый сверхматерик — Пангею. Северный полюс располагался в центре крупнейшего океанического бассейна, а современные Антарктида, юг Южной Африки, Южная Австралия и Индия находились вблизи Южного полюса, где и возникло мощное покровное оледенение. В Северном полушарии его следы обнаружены главным образом на северо-востоке Евразии. Существование холодного, преимущественно материкового Южного полушария и более теплого океанического Северного полушария отразилось на распределении барических центров и развитии циркуляционных процессов в атмосфере. В связи с этим и климатические пояса обладали разными размерами.

В последующее время, в конце палеозоя и в мезозое, климат на Земле был значительно более теплым, чем в настоящее время. Средние температуры в 1,5—2 раза превышали современные. Небольшая разница между температурами поверхностных вод экваториальных и полярных районов (она составляла всего 10 °С, а в настоящее время достигает 30°) и обусловила слабую циклоническую деятельность атмосферы, а поверхностные океанические течения были маломощными.

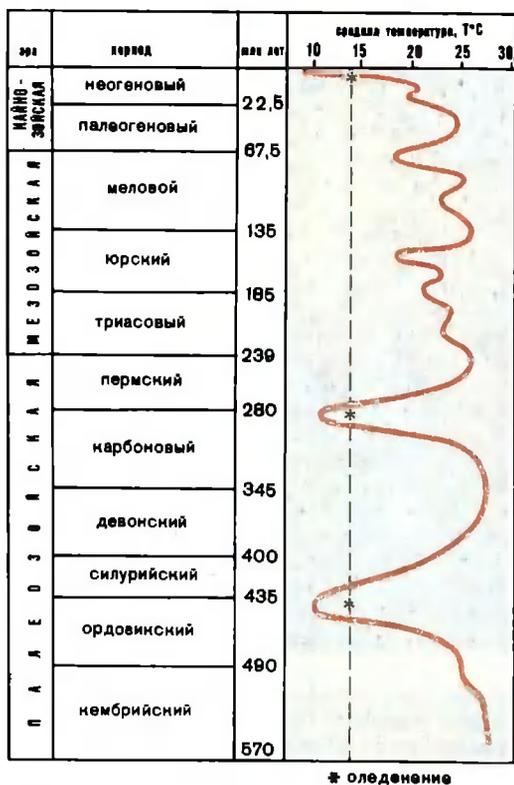
В юрском периоде климатическая зональность по сравнению с палеозойской сильно изменилась. Простирались климати-

ческих поясов стало приближаться к современному. В пределах обширного тропического пояса появились северная и южная аридные зоны, а между ними, так же как и в современную эпоху, должен был располагаться экваториальный влажный пояс. Всем признакам этого пояса отвечают ландшафты юрского периода Центральной Америки и территорий, прилегающих к Гвинейскому заливу, к Красному морю и т. д. В позднеюрскую эпоху (150 млн лет назад) на Земле появилось большое количество засушливых территорий и зон с переменным увлажнением. Для мелового периода характерно разрастание экваториального и тропического влажного поясов. В первой половине позднемеловой эпохи температуры на Земле были максимальными, но в конце мела они понизились на 5—8 °С.

В течение кайнозоя климатическая зональность постепенно приобретала широтное простираение, а сами климаты и природные зоны все сильнее напоминали современные.

ПОЧЕМУ МЕНЯЛСЯ КЛИМАТ?

Итак климаты в фанерозое испытывали колебания разной периодичности и изменялись с различной интенсивностью. Многократно потепления сменялись похолоданиями, но только некоторые из них



Колебания глобальной температуры в фанерозое. Пунктирной линией показана современная средняя температура на Земле (14,2 °С). На протяжении последних 570 млн лет истории Земли температурный режим атмосферы неоднократно менялся. Минимальные средние глобальные температуры на планете существовали во второй половине каменноугольного периода и в четвертичном периоде. Начиная с мелового периода температура снизилась почти в 2 раза. На фоне этого неуклонного падения температуры выделяется несколько кратковременных эпох со сравнительно высокими температурами. В неогеновом периоде температура на Земле понизилась настолько, что увеличилась площадь ледников в Антарктиде и впервые возникли ледниковые покровы в Северном полушарии.

приводили к появлению обширных оледенений. Особенно ярко эти изменения климата выявляются при сравнении между собой серии палеоклиматических карт и рассмотрении средних глобальных температур.

Начиная с девонского периода и до настоящего времени произошло почти двукратное снижение температур приземного слоя атмосферы, несмотря даже на то, что в поздне меловую и эоценовую эпохи температуры на Земле были значительно выше современных.

Каковы же причины этих колебаний климата? Их, вероятно, несколько, но в масштабах тех геологических периодов, которые показаны на одном из наших рисунков, наиболее важной причиной нам представляется изменение в расположении материков и океанов и, возможно, изменение содержания углекислого газа в атмосфере.

По многочисленным палеогеографическим данным устанавливается прямая связь между изменениями температуры нижнего слоя атмосферы и пространственным расположением материков, уровнем Мирового океана и, следовательно, занимаемой им площадью. Наличие в полярных областях суши было одним из мощнейших регуляторов температуры нижнего слоя атмосферы. Материки на полюсах являлись крупнейшими холодильниками, благодаря которым на Земле наступали сильнейшие похолодания. В те же времена, когда в полярных районах располагались океаны или обширные внутриконтинентальные моря, на Земле устанавливались мягкие и теплые климаты со сглаженным сезонным ходом температуры. Во время трансгрессий (наступлений) моря в связи с существенным возрастанием площади океана «смягчались» широтные изменения и сезонные колебания климата. В частности, расширение площади морей увеличивало перенос тепла течениями от низких к высоким широтам.

Примеров вышесказанного множество. Сошлемся только на один. Главными причинами глобального похолодания и возникновения оледенения в позднем карбоне, например, было длительное нахождение материковой суши в средних и особенно в высоких широтах Южного полушария и снижение количества атмосферной углекислоты, израсходованной на формирование карбонатов и переработанной бурно развивающейся растительностью и фитопланктоном в раннем карбоне.

Испытывала самые различные по масштабам и характеру перестройки и циркуляция вод Мирового океана в геологическом прошлом. Основываясь на закономерностях движения вод океанов и внутриконтинентальных морей в современную эпоху и используя многочисленные палеогеографические индикаторы, удалось реконструировать конфигурацию древних поверхностных течений.

ТЕЧЕНИЯ В ДРЕВНИХ ОКЕАНАХ

Известно, что движения в океанах возникают по двум причинам (если не учи-

тывать приливных колебаний): из-за трения ветра о поверхность океана и неравномерного нагревания поверхностных вод. Рельеф дна и распределение материковой и островной суши и зон мелководья вносят определенные коррективы в распределение современных течений Мирового океана. Если бы на пути течений отсутствовали какие-либо преграды, то Землю могли опоясывать только три замкнутые системы течений, которые вряд ли сообщались бы между собой.

В различные периоды фанерозоя, как и в современную эпоху, в Мировом океане господствовал широтный перенос поверхностных вод, а меридиональные течения вносили в такое распределение лишь некоторые коррективы. В те эпохи, когда наступали сильные похолодания и на полюсах возникали ледяные шапки, интенсивность водной циркуляции усиливалась. В такие эпохи контраст между температурами полярных и экваториальных вод был близким к современному. А в периоды глобальных потеплений, как, например, в позднем ордовике и позднем карбоне, а также в четвертичном периоде. Существование многочисленных данных об особенностях океанов, начиная с середины мезозоя, дает возможность довольно полно и определенно судить о накоплении осадков в океане и циркуляции вод.

Наиболее интенсивное перемешивание вод и высокая скорость течений характерны для отрезков времени, когда на Земле существовали обширные континентальные ледниковые покровы в позднем ордовике и позднем карбоне, а также в четвертичном периоде. Существование многочисленных данных об особенностях океанов, начиная с середины мезозоя, дает возможность довольно полно и определенно судить о накоплении осадков в океане и циркуляции вод.

В ранней юре из-за раскрытия Северной Атлантики образовалось и в дальнейшем развивалось циркумэкваториальное течение, переносящее воды с востока на запад через Тихий океан, древний океан Тетис, располагавшийся между Евразией и Африкой, Саргассово и Карибское моря и вновь в Тихий океан. В меловом периоде это течение отклонялось к северу, встречая преграды в виде Африкано-Аравийского и Северо-Американского материков. Через систему мелководных внутриконтинентальных морей, располагавшихся на значительной части Восточно-Европейской платформы и Западно-Сибирской плиты, воды проникали в Арктический бассейн. Прохладные воды уносились с севера течениями, которые проходили вдоль Гренландии, Уральской возвышенности и через Берингов пролив, в то время широкий.

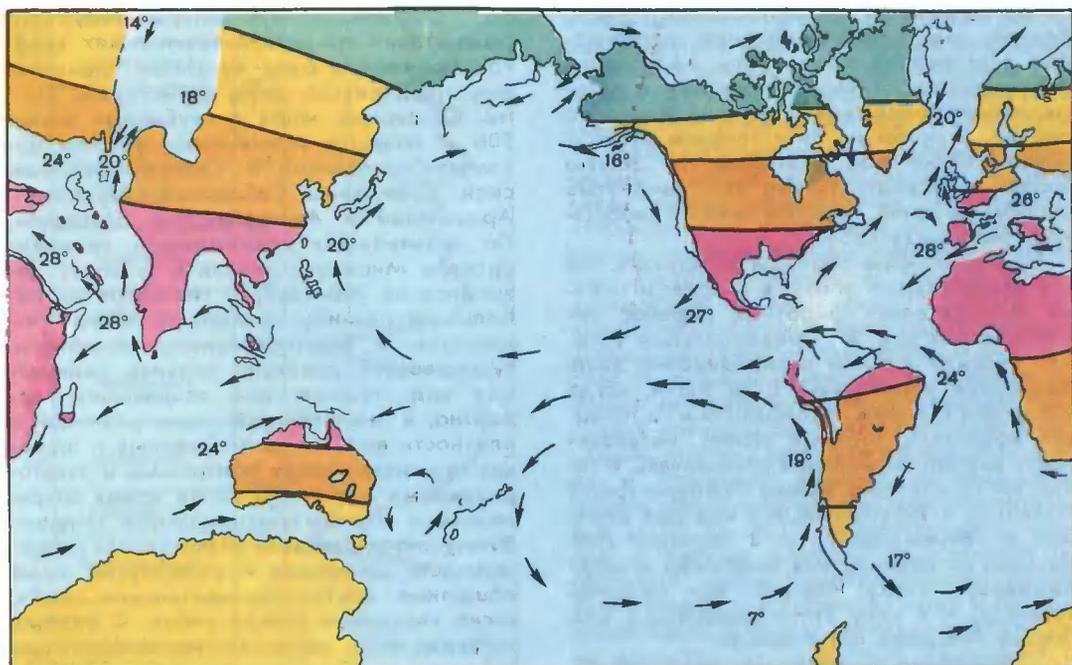
В это же время возникло течение, ставшее предшественником Гольфстрима.

В позднемеловую эпоху из-за бурного разрастания срединно-океанических хребтов произошла одна из самых грандиозных трансгрессий моря за историю Земли. Обширные моря с глубинами около 500 м покрыли пониженные участки Восточно-Европейской и Северо-Американской и окраины Сибирской, Африкано-Аравийской и Австралийской платформ. По сравнению с современным уровнем, уровень Мирового океана в ту эпоху повысился на 300—360 м. Несмотря на небольшую разницу температур между полярными и экваториальными широтами, существовала довольно сильная циркуляция вод, причем она создавалась, вероятно, в значительной мере разницей в плотности вод в многочисленных и широких проливах между полярными и экваториальными морями. В то же время сохранилось и циркумэкваториальное течение. Этому способствовали значительная разобщенность материков и упомянутые выше обширные внутриконтинентальные моря, тесно связанные между собой. С востока на запад воды переносились интенсивным пассатным течением, одна ветвь которого, попадая из океана Тетис в еще довольно узкую Атлантику, отклонялась на север и через Арктический бассейн (вполне возможно, что течение проходило в то время через Северный полюс) вливалась в Тихий океан.

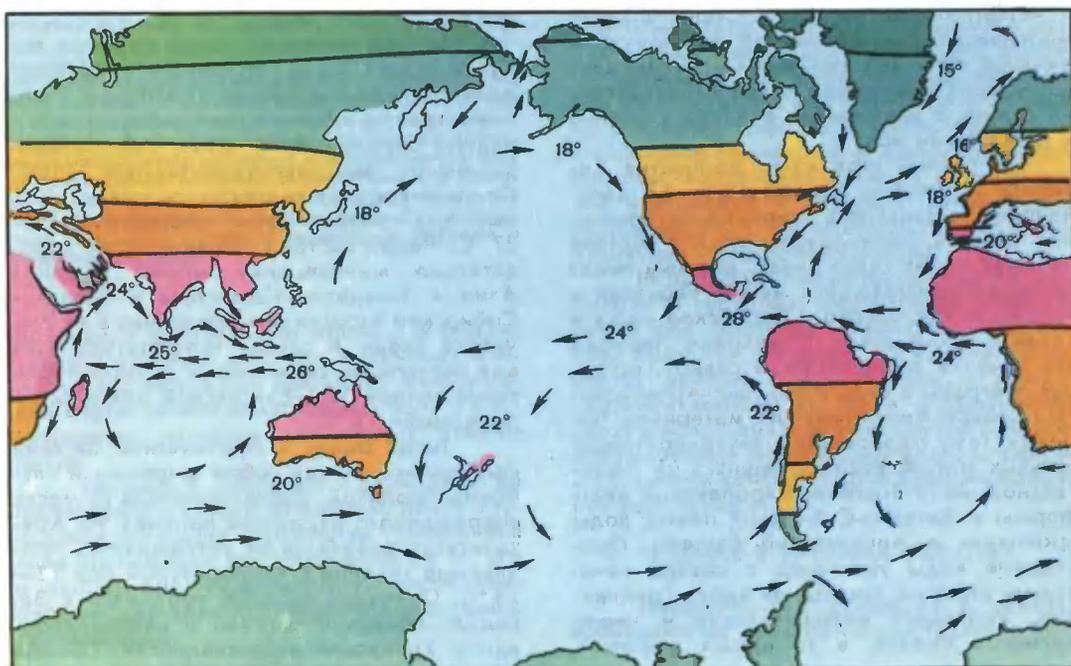
Теплые экваториальные воды из Атлантического океана проникали в Арктический бассейн не только благодаря течению, проходившему вдоль побережья Западной Европы, но и через Северо-Американское внутриконтинентальное море. Средние годовые температуры поверхностных вод океана Тетис составляли 25—27 °С. Через систему обширных, но относительно мелководных морей Средней Азии и Западного Казахстана и Западно-Сибирский бассейн они проникали в Арктический океан. К северу температуры этих вод постепенно снижались и на территории современной Усть-Енисейской впадины не превышали 15 °С.

Тихий океан и Арктический бассейн сообщались между собой широким и глубоким проливом, расположенным на месте современного Берингова пролива. Из Арктического океана на юг устремлялись прохладные течения с температурой вод 12—14 °С. Основное течение проникало в Западно-Сибирский бассейн и направлялось вдоль Уральской возвышенности. Пройдя

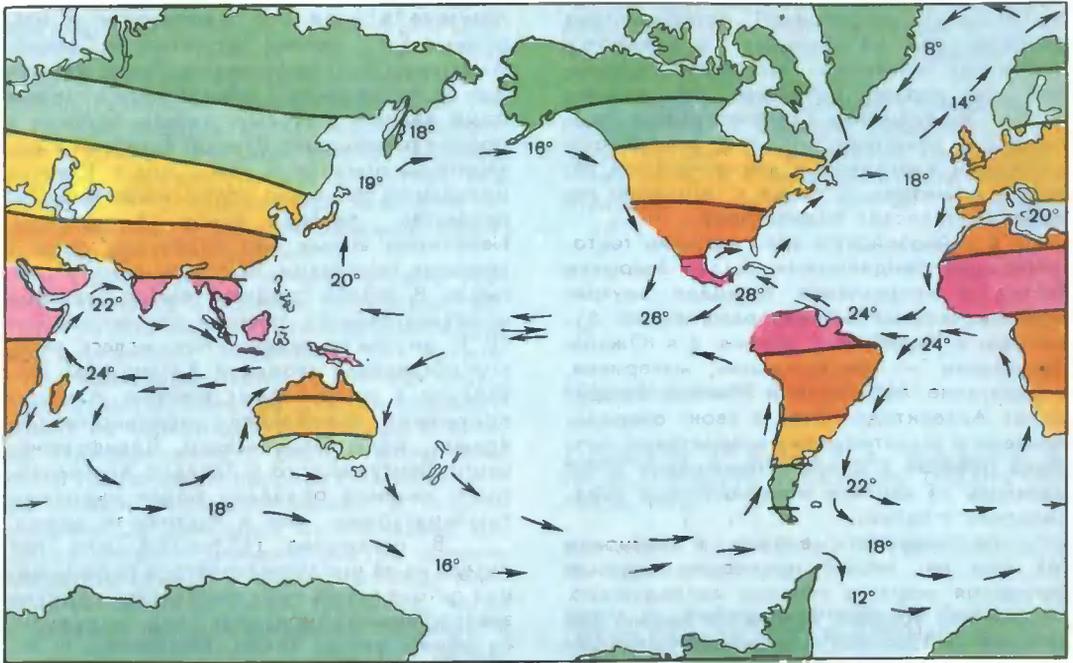
эоцен, 45 млн лет назад



миоцен, 20 млн лет назад



плиоцен, 5 млн лет назад



Положение материков, климатических зон и течений Мирового океана 45, 20 и 5 млн лет назад. 45 млн лет назад широкий пролив между Северо-Американским и Южно-Американским материками давал возможность беспрепятственно проходить водам из Атлантики в Тихий океан. Циркумэкваториальное течение пересекало Тихий океан, проходило через океан Тетис (в районе современных Ирана, Турции, Закавказья и стран Средиземноморья) и достигало Каспийского моря. 25 млн лет назад циркумэкваториальное течение в Атлантике и в океане Тетис распадается на отдельные звенья. Этот процесс усугубляется 5 млн лет назад. В это время окончательно формируются Северное и Южное пассатные течения в Тихом и Атлантическом океанах, а также теплое течение Гольфстрим. Возникают пассатные течения в Индийском океане. В Южном полушарии циркуляция вод сходна с современной.

-  Направление течений
-  17° Температура поверхностных вод
-  Суша и внутренние моря, покрытые древними океанами

Климатические пояса:

-  экваториальный
-  тропический
-  субтропический
-  умеренно-теплый
-  умеренный

через широкий в то время Тургайский пролив, воды нагревались до 18—20 °С и присоединялись к сильным циркумэкваториальным течениям Тетиса, направленным на запад.

В Тихом океане имелись два антициклонических круговорота вод, одно в Северном, а другое в Южном полушарии. Кроме них, по-видимому, имелись аналоги современных Калифорнийского и Перуанского течений.

Значительные изменения географических условий в кайнозое отразились на циркуляции вод океанов и морей и на климате в целом. Именно изменения распределения океанов и континентов и общей площади водной поверхности, происшедшие в течение кайнозойской эры, явились причиной, создавшей общую тенденцию глобального похолодания климата, который и привел в конце концов к ледниковым эпохам плейстоцена.

Для кайнозойской эры нами построена серия карт климатической зональности и основных направлений поверхностных течений, три из которых предлагаются вниманию читателей. Положение материков на картах показано по данным Л. П. Зоненшайна. Среднегодовые температуры поверхностных вод определены методами изотопной и магнезиальной палеотермометрии, а также с помощью палеоклиматических индикаторов.

В кайнозойскую эру главными тектоническими тенденциями были: закрытие Тетиса и сокращение площади внутриконтинентальных морей, расширение Атлантики и Индийского океана, а в Южном полушарии — расхождение материков, отодвигание Австралии и Южной Америки от Антарктиды. Это, в свою очередь, привело к значительному возрастанию площади океанов в Южном полушарии и отразилось на картине поверхностных океанических течений.

На границе мезозоя и кайнозоя (65 млн лет назад) произошла крупная регрессия моря: в течение последующих 10 млн лет уровень Мирового океана понизился на 150—200 м и сильно уменьшились внутриконтинентальные моря. Это сильно ослабило межконтинентальные связи. Общие черты циркуляции вод позднемеловой эпохи сохранились, хотя сократился обмен между экваториальными и арктическими водами. Наиболее сильными в Тихом океане были два антициклонических течения и, вероятно, экваториальное глубинное противотечение. Антициклонические круговороты имелись также в Индийском океане и Южной Атлантике. Еще сохранился единый Австралийско-Антарктический материк, пролив Дрейка был узким, поэтому единого течения, подобного современному Циркумполярному антарктическому течению, не существовало.

В эоцене (53,5—37,5 млн лет назад) продолжался активный обмен между водами Тихого и уже довольно широкого Атлантического океанов. Некоторые изменения в циркуляцию вод внесли столкновение Индостанской и Евразийской плит и постепенное сокращение океана Тетис. Все это приводило к ослаблению циркумэкваториального течения с температурой на поверхности более 25 °С.

Атлантический океан углублялся и продолжал расширяться. Возникли довольно обширные Норвежское и Гренландское моря, через которые шел обмен водами между Атлантическим и Арктическим океанами. Широкое и мощное циркумэквато-

риальное течение при выходе из Атлантики встречало в своей северной части препятствие в виде зон мелководья и островных дуг у южной оконечности Северо-Американского континента. Отход Австралии от Антарктиды с образованием между ними вначале довольно узкого пролива и полное разобщение Южной Америки и Антарктиды привели к тому, что в Южном полушарии возникло крупнейшее циркумполярное течение вокруг Антарктиды. Некоторое время оно сохраняло связь с теплыми течениями, проходившими у тропиков. В эоцене средняя температура вод циркумполярного течения составляла 8—10 °С, но она постепенно понижалась, чему способствовала изоляция Антарктиды. Поскольку в приполярных районах Южного полушария преобладал умеренно-теплый климат, воды Перуанского, Калифорнийского, Бенгуэльского и Западно-Австралийского течений обладали более высокими температурами, чем в настоящее время.

В олигоцене (37,5—22,5 млн лет назад) из-за продолжающегося перемещения литосферных плит прервалась циркумэкваториальная циркуляция вод, затруднился обмен между Тихим, Индийским и Атлантическим океанами, а океан Тетис, через который воды Индийского океана ранее беспрепятственно проникали в Атлантику, сильно сократился. Многочисленные барьеры в виде разнообразных подводных поднятий, обширных мелководных банок и крупных островов на юге Западной Европы разъединили течение на несколько мелких.

Возникновение в Южном полушарии Циркумполярного антарктического течения и начавшееся в связи с этим во второй половине олигоцена значительное климатическое похолодание привели к появлению в Восточной Антарктиде сначала горного, а затем и покровного оледенения. Немаловажную роль в этом сыграло расширение пролива Дрейка. Имеется несколько точек зрения на время образования этого пролива. По нашим данным, оно произошло во второй половине олигоцена, т. е. около 25—28 млн лет назад, и сопровождалось понижением температуры в Антарктиде. В неогене (22,5—1,8 млн лет) пролив Дрейка и моря между Австралией и Антарктидой еще более расширяются, формируется Циркумполярное антарктическое течение; оно постепенно утрачивает связь с теплыми течениями, что и приводит к оледенению. Однако в миоцене (22,5—5 млн лет назад) направленные на юг теплые течения продолжают обогревать при-

антарктические районы многих южных материков.

У южной оконечности Африки и Южной Америки от мощного холодного Циркумполярного течения отходила серия мелких течений, которые направлялись в сторону экватора. Одно из них, аналог Перуанского течения, вблизи южной оконечности Южной Америки имело среднюю годовую температуру поверхностных вод около 4—5 °С. Аналогичные холодные течения имелись у берегов Западной Африки и Западной Австралии.

Похолодание в начале неогена, особенно сильное в Южном полушарии, вызвало резкое усиление атмосферной и водной циркуляции. Ледниковый щит Антарктиды, возникший около 20 млн лет назад, продолжал активно нарастать и воздействовать на циркуляцию атмосферы и океана. Одновременно с ростом антарктического ледникового покрова стал понижаться уровень Мирового океана; в течение миоцена он понизился на несколько десятков метров. Особенно быстро уровень Мирового океана понижался в конце миоцена и на протяжении плиоцена, когда появились первые покровные ледники в Исландии, Гренландии и Аляске и ледниковые поля в Арктике.

В конце неогена циркуляция вод Мирового океана стала похожей на современную. Соединение Северо-Американского и Южно-Американского материков, частичная изоляция Арктического океана (с тех пор он может полноправно называться Северным Ледовитым океаном), возникновение Средиземного моря на месте ранее обширного океана Тетис и, наконец, исчезновение обширных мелководных внутриконтинентальных морей внесли существенные изменения в распределение океанических течений.

Таким образом, в геологические периоды с теплым климатом преобладала широтная циркуляция, главным образом в форме циркумэкваториального течения при слабом меридиональном перемешивании. Во второй половине неогена она сменилась меридиональной циркуляцией океана. Но наибольшей интенсивность океанических течений стала в четвертичном периоде.

Реконструкции океанических течений пока еще носят схематичный характер и нуждаются в значительной детализации. Вместе с климатическими реконструкциями они позволяют подойти к решению многих фундаментальных вопросов развития морских и континентальных ландшафтов и,

следовательно, к пониманию условий формирования таких полезных ископаемых, как фосфориты, марганцевые и железные руды, калийные соли, бокситы, россыпи благородных металлов и драгоценных камней и т. д.

Несомненно, большую роль изучение современных и древних океанических течений сыграет в правильном прогнозировании климата ближайшего и отдаленного будущего и также развития биосферы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Богданов Ю. А., Каплин П. А., Николаев С. Д. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОКЕАНА. М.: Мысль, 1978.

Борисенков Е. П. КЛИМАТ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА. М.: Наука, 1982.

Дрейк Ч., Имбри Ж., Кнауф Ж., Турекиан К. ОКЕАН САМ ПО СЕБЕ И ДЛЯ НАС. М.: Прогресс, 1982.

НАУКА ОБ ОКЕАНЕ. М.: Прогресс, 1981.

Монин А. С. ПОПУЛЯРНАЯ ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ. М.: Наука, 1980.

Монин А. С., Шишков Ю. А. ИСТОРИЯ КЛИМАТА. Л.: Гидрометеонаиздат, 1979.

Ушаков С. А., Ясаманов Н. А. ДРЕЙФ МАТЕРИКОВ И КЛИМАТЫ ЗЕМЛИ. М.: Мысль, 1984.



Самая редкая в СССР змея

А. Л. Агасян

Зоологический институт
АН АрмССР

Б. С. Туниев

Кавказский государственный
заповедник

Полевые работы 1983 г., на наш взгляд, были необыкновенно удачными. Отправившись в Шванидзорское ущелье (Армения), на южном отроге Мегринского хребта мы обнаружили самую редкую в СССР змею — черноголового ринхокаламуса (*Rhynchocalamus melanocephalus satunini*), занесенного в «Красную книгу СССР». Буквально под первым же перевернутым камнем оказался обычный для этого вида размеров (24,5 см) самец. Окрыленные успехом, мы надеялись поймать еще несколько экземпляров, и, хотя в течение двух следующих дней мы ни одного камня не оставили не потревоженным, поиски не принесли успеха. Трудно допустить, что где-нибудь поблизости не было бы ни одного ринхокаламуса, хотя вид и очень редок. Вероятнее всего, мы слишком «громко» переворачивали камни: ведь чувствительность ринхокаламуса, как и многих змей, к колебаниям почвы очень велика.

Удивительно было не то, что нам не удалось больше найти ни одного ринхокаламуса, скорее, его единственную находку нужно считать счастливым везением: ведь со времени, когда он был впервые найден К. А. Сатуниным в 1893 г. и до сего дня удалось отловить всего 19 особей.

Черноголовый ринхокаламус — один из самых редких и малоизученных видов змей семейства ужовых. Распространен он в Передней Азии: восточная область ареала доходит до западной половины Ирана, северная и северо-восточная часть ограничена Арменией и

Нахичеванской АССР. Типичный подвид — *R. m. melanocephalus* — встречается в Палестине и Сирии; в нашей стране, а также в восточной Турции, Иране и Ираке обитает *R. m. satunini*.

Змея этого подвида была впервые обнаружена К. А. Сатуниным в окрестностях села Мегри и описана А. М. Никольским только через 6 лет под названием *Contia satunini*. Однако почти через 40 лет систематическая принадлежность ее была пересмотрена С. А. Черновым, и змея получила новое название — *Oligodon melanocephalus satunini*. Только в 1977 г. ее отнесли к роду *Rhynchocalamus*.

Ринхокаламус — небольшая змея: длина ее тела всего около 40 см, считается, что она ведет подземный образ жизни, но изредка встречается под камнями. Верхняя часть туловища ринхокаламуса ярко-оранжевого, а брюшная сторона — розовато-белого цвета, на голове и шее характерный черный рисунок.

Обитает ринхокаламус в полупустынной зоне на сухих каменистых склонах, покрытых разреженной кустарниковой и травянистой растительностью. Свою находку мы обнаружили на крутом каменистом склоне на высоте 1300 м над ур. м. с обычной для таких мест растительностью, в верхнем ярусе которой преобладало держидерево и палласова крушина, а нижний ярус состоял из сухолюбивых теплолюбивых полукустарников и многолетних трав.

Биология ринхокаламуса изучена очень слабо, ничего неизвестно о его размножении, точно не установлена и численность, считается лишь, что она низка, но стабильна.

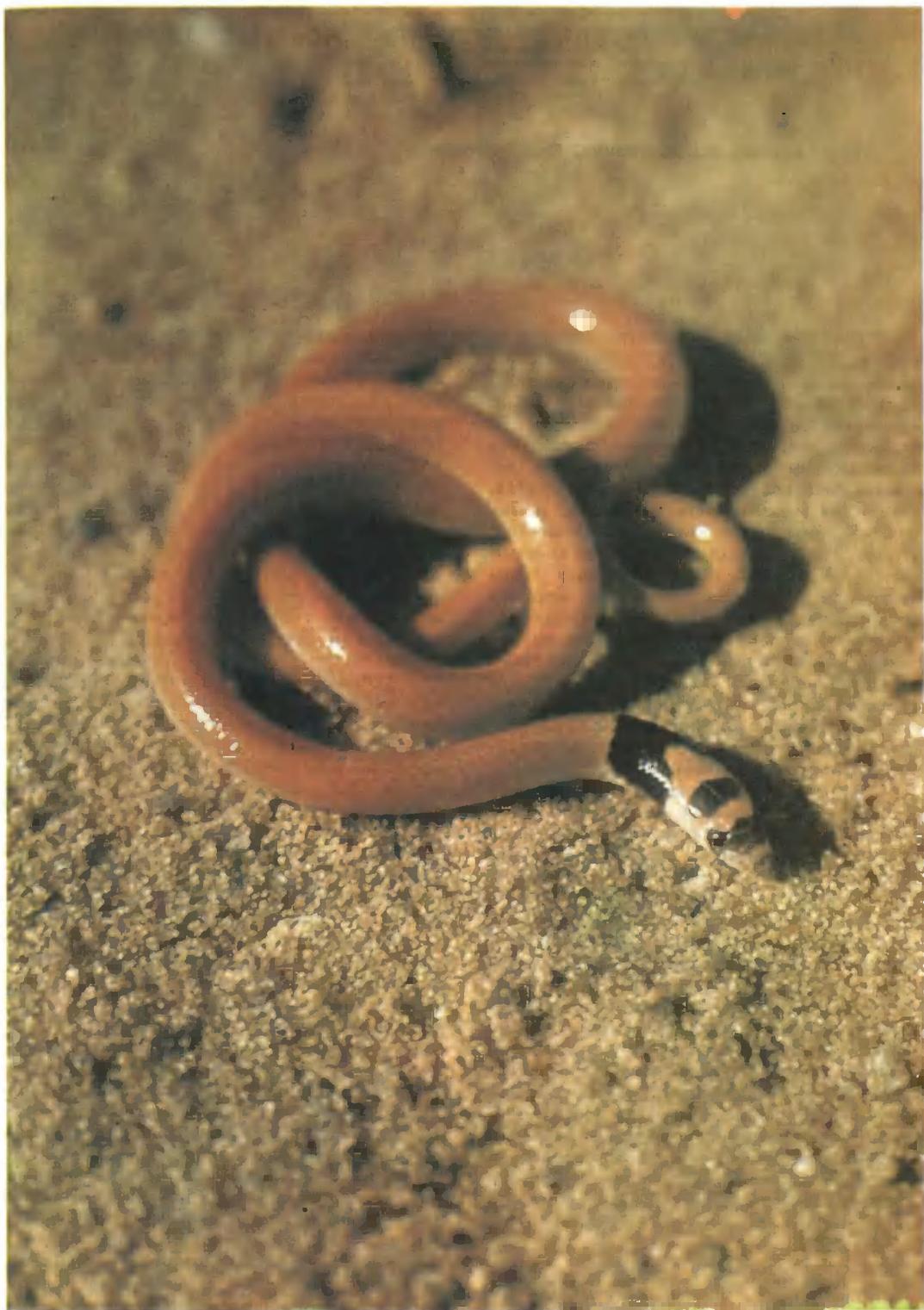
Пытаясь дополнить малочисленные биологические сведения о ринхокаламусе, мы держали найденного нами самца в террариуме (100×50×50 см) и создали там близкие к природным условия. Пол террариума засыпали десятисантиметровым

слоем земли, а под камнями устроили ниши — убежища для змеи. В террариуме поддерживали температуру в 20—25 °С, а чтобы увлажнить воздух, поставили фитокувету с влажным мхом.

Все пять месяцев, которые прожил в террариуме ринхокаламус, он лишь в очень редких случаях выползал из-под камней днем. Только с наступлением темноты он появлялся на поверхности и подолгу оставался во влажном мху, очевидно восполняя недостаток влаги. Нам ни разу не пришлось видеть, чтобы ринхокаламус пил поставленную для него в террариуме воду, не проявлял он и признаков рожущего образа жизни, даже в довольно рыхлой и сыпучей почве, покрывающей дно террариума, он никогда не пытался в ней спрятаться. Пищу ринхокаламуса — личинок муравьев и мокриц, которых он поедал с большой охотой, мы помещали в нишу под камнем. Почти через полтора месяца жизни в террариуме ринхокаламус поменял кожу.

Численность ринхокаламуса, по всей видимости, действительно стабильна, его редкость не связана с какими-либо внешними факторами, а обусловлена биологическими особенностями (о которых почти ничего неизвестно), ведь те 7 экземпляры, которые были найдены до 1983 г., сосредоточены на территории от Еревана до Мегри по долине р. Аракс, уже давно и успешно осваиваемой человеком. Судя по новой находке в Шванидзорском ущелье, ареал ринхокаламуса несколько обширнее, чем считалось до сих пор. Все это вселяет надежду на дальнейшее благополучие этой редкой змеи, которую, видимо, нельзя считать исчезающей.

Черноголовый ринхокаламус — самая редкая в СССР змея семейства ужовых.



Морские обитатели — источник новых лекарств и препаратов

Г. Б. Еляков, А. М. Люцко, В. А. Стоник

Еще недавно в центре внимания химиков и фармакологов, занимающихся поисками физиологически активных природных соединений, были исключительно наземные растения и животные. Научное изучение морской флоры и фауны как источника физиологически активных веществ началось лишь 20—30 лет назад, хотя идея использовать лекарства, добытые из моря, возникла давно. Известно, что медицинский иод добывают из водорослей уже с 1811 г., а в странах Юго-Восточной Азии экстракты из морских организмов применяются в народной медицине с незапамятных времен. Но только сейчас изучение физиологически активных веществ из морских организмов, как перспективного сырья для получения новых лекарств и биологических препаратов, выросло в новое научное направление — морскую фармакологию.

В начале 50-х годов американский биохимик В. Бергманн обнаружил в карибской губке *Thethya crupta* два необычных нуклеозида, названных спонготимидин и спонгоуридин (от латинского названия класса губок — *Spongia*)¹. Необычность этих соединений состоит в том, что их моносахаридный остаток представляет собой арабинозу, в то время как в нуклеозидах всех других живых существ содержатся либо рибоза, либо дезоксирибоза. Если спонготимидин или спонгоуридин ввести в биологический объект, интенсивно синтезирующий нуклеиновые кислоты (например, в опухолевые клетки), «неправильные» спонгонуклеозиды встраиваются в молекулы нуклеиновых кислот, при этом изменяют их свойства, или затормозят их синтез. В любом случае результат одинаков — клетки перестанут развиваться.

Используя спонготимидин и спонгоуридин как модель, химики США и Японии синтезировали серию арабинозосодержащих нуклеозидов и родственных веществ, два из которых стали эффективными противоопухолевыми препаратами. Так, арабиноцитозин и его производные успешно применяются в химиотерапии опухолевых заболеваний крови — лейкозов, а недавно синтезированный арабиноадеин оказался одним из первых в истории медицины действенных противовирусных средств. При лечении тяжелого вирусного энцефалита с помощью арабиноцитозина смертность удалось уменьшить более чем вдвое.

Обнаружение арабинозосодержащих нуклеозидов со столь интересной физиологической активностью в *Cryptothethya crupta* (единственный биологический объект, в котором они найдены) — дело случая и могло бы остаться в анналах научных курьезов. Практические результаты появились лишь при использовании синтетических возможностей современной химии. Синтез позволяет не только сделать доступными найденные физиологически активные вещества, но и искусственным путем получать более активные формы на основе недефицитного исходного сырья. В данном случае важна лишь идея синтетического построения препарата, подсаженная природой.

Другой аналогичный пример относится к созданию инсектицида падана. В Японии в качестве наживки для рыбной ловли издавна использовали морского червя *Lumbriconereis heteropoda*. Об инсектицидных свойствах червя было известно: еще рыбаки заметили, что садившиеся на него насекомые быстро погибали. Действительно, выделенный из экстрактов этого червя нерестиоксин имел чрезвычайно высокую инсектицидную активность, но при этом был токсичным и для теплокровных животных и поэтому не го-

¹ Bergmann W., Freaney R. J.— J. Org. Chem., 1951, v. 16, p. 981.



Георгий Борисович Еляков, член-корреспондент АН СССР, первый заместитель председателя Президиума Дальневосточного научного центра АН СССР, председатель Объединенного ученого совета по химическим наукам ДВНЦ, директор Тихоокеанского института биоорганической химии ДВНЦ.



Александр Михайлович Люцко, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией радиоизотопных методов исследований Тихоокеанского института биоорганической химии ДВНЦ. Основные труды — по прикладным методам ядерной физики. Автор монографии: Изотопная биомитроскопия. М., 1973. Участник нескольких экспедиций в тропические районы Мирового океана.



Валентин Аронович Стоник, кандидат химических наук, заведующий лабораторией биосинтеза того же института. Специалист в области химии природных и физиологически активных соединений. Участник и руководитель нескольких морских тропических экспедиций.

дился для практического использования. Этот недостаток удалось «исправить» химикам-синтетикам: искусственно полученное производное нереистоксина — падан — не только не ядовито по отношению к теплокровным, но и, в отличие от печально известного ДДТ, не накапливается органами и тканями, не уступая ДДТ по эффективности инсектицидного действия. Падан особенно губителен для вредителей риса и наиболее широко применяется сейчас в рисосеющих странах.

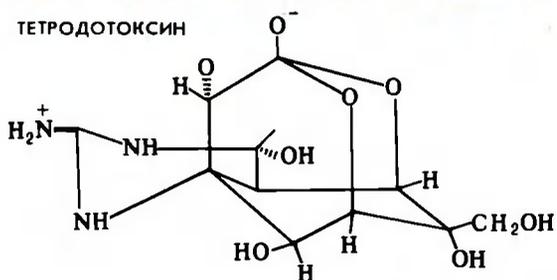
Несмотря на высокую стоимость разработки новых лекарств (по оценкам специалистов, создание нового противомонолевого препарата обходится по меньшей мере в 5 млн долл.), многие развитые государства и частные фармацевти-

ческие фирмы охотно финансируют развитие морской фармакологии. Объектами тщательного биохимического изучения становятся микроорганизмы, растения и животные, населяющие в основном морское дно. Среди них особого внимания заслуживают голотурии — донные беспозвоночные, содержащие вещества с широким спектром физиологического действия. В частности, выделенные из голотурий гликозиды обладают антигрибковыми свойствами. Так, активный компонент из мышечной ткани съедобной голотурии *Stichopus japonicus* (трепанга) голотоксин запатентован для лечения кожных грибковых заболеваний. Клинические испытания показали высокую эффективность голотоксина при отсутствии побочных действий. Получен-

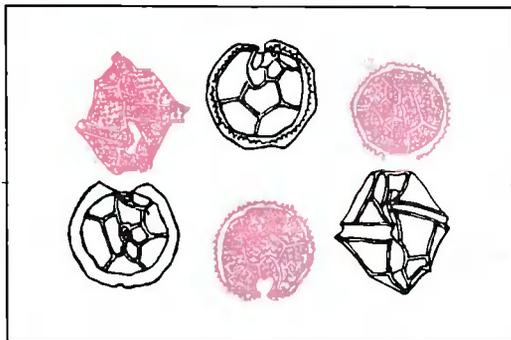
МОРСКИЕ ОРГАНИЗМЫ И СТРУКТУРЫ

Рыба *Fugu rubripes*

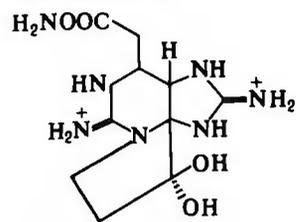
ТЕТРОДОТОКСИН



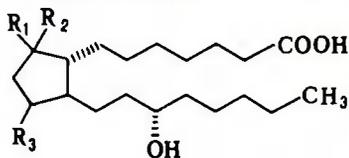
применяется в нейрофизиологии

Микроводоросли рода *Goniaulax*

САКСИТОКСИН

Мягкие кораллы *Plexaura homomalla*

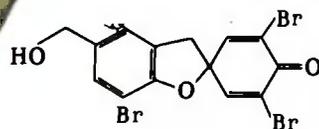
ПРОСТАГЛАНДИНЫ



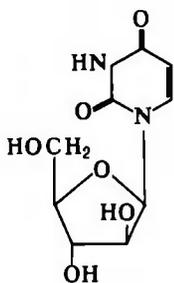
широко применяются в медицине

Полихета *Thelepus setosus*

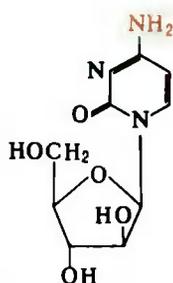
ТЕЛЕПИН



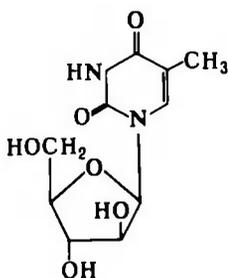
антигрибковая активность



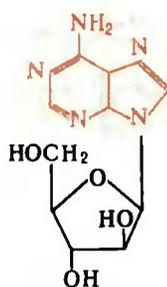
АРАБИНОУРИДИН
(СПОНГУРИДИН)
из губки *Tethya crypta*



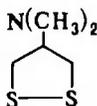
АРАБИНОЦИТОЗИН
(антилейкемический
препарат, применя-
ется также в иссле-
довательской рабо-
те по онкогенезу)



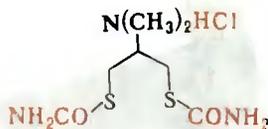
АРАБИНОТИМИДИН
(СПОНГОТИМИДИН)
из губки *Tethya crypta*



АРАБИНОАДЕНИН
(антивирусный
препарат)



НЕРЕИСТОКСИН
из полихеты
Lumbriiconereis
heteropoda



ПАДАН
(инсектицид)

ное из экстрактов красной водоросли соединение — каиновая кислота — применяется в качестве антиглистного (в основном, противоскаридного) препарата.

В тех случаях, когда нужно продлить действие лекарства или изучить биохимические процессы в организме при замедленном их течении, незаменимым оказался препарат дактилен, полученный из моллюска *Aplysia dactylomela*. Это вещество угнетает работу ферментов печени, участвующих в разрушении вновь появляющихся в организме соединений. Благодаря этому свойству дактилен может продлевать жизнь лекарствам, в том числе и снотворное действие барбитуратов. Дактилен обладает еще одним положительным качеством: он значительно менее токсичен, чем все известные синтетические ингибиторы ферментов, используемые в медицинской практике.

Большое внимание фармакологов в последние годы привлекают простагландины. Эти гормоны отличаются высокой физиологической активностью, проявляющейся при очень низких дозах: они понижают кровяное давление, изменяют в желательном направлении уровень липидов в крови, облегчают дыхание при бронхиальной астме, регулируют родовую деятельность и т. д. Простагландины найдены у млекопитающих, в том числе и у человека, но в очень низких концентрациях, что значительно затрудняло их изучение и обуславливало высокую стоимость столь нужного препарата. Положение изменилось, когда в конце 60-х годов был обнаружен новый природный источник простагландинов: им оказался один из представителей роговых кораллов — горгонария (*Plexaura homomalla*). В этих морских организмах содержится довольно много простагландинов по сравнению со всеми известными источниками этого вещества (1,5—2 % активного вещества на сухой вес). Кроме того, колонии горгонарий способны быстро восстанавливаться, что позволяет вести их промышленный сбор.

Вряд ли можно представить себе современную нейрофизиологию без такого тонкого инструмента изучения нервной проводимости, как тетродотоксин. Это один из самых сильных небелковых ядов, который накапливается некоторыми видами рыб из семейства *Tetraodontidae*, *Molidae Diodontidae*. Многие из этих рыб, в том числе знаменитый деликатес восточной кухни — фугу, требуют специальной кулинарной обработки, при которой

Природные соединения, полученные из морских организмов (слева) и препараты, синтезированные на их основе. Цветом выделены замещенные участки.

удаляют печень, икру, внутренние органы, где содержание токсина особенно велико. В Японии эти операции выполняют повара, имеющие специальные лицензии, и все же случаи острых отравлений, в том числе со смертельным исходом, довольно часты.

Тетродотоксин обладает не только печальной славой, но и уникальной способностью блокировать проницаемость мембран нервной клетки для ионов натрия, «закупоривая» натриевые каналы. При этом каждая молекула вещества отключает только один канал, что позволяет рассчитывать их число на единицу площади клеточной мембраны, уменьшить натриевый ток, не затрагивая калиевого, и проводить другие эксперименты, без которых современные знания о передаче нервного сигнала оказались бы намного скромнее. Кроме того, в малых концентрациях тетродотоксин — исключительно сильное обезболивающее средство, в десятки раз более эффективное, чем кокаин.

По свойствам и возможности применения близко к тетродотоксину другое вещество — синтезирующийся в микроводорослях-динофлагеллатах — сакситоксин. В отдельные годы динофлагеллаты размножаются особенно интенсивно. Из отмерших водорослей выделяется огромное количество каротиноидного пигмента перидинина, который окрашивает морскую воду в красно-коричневый цвет. Это явление получило название «красный прилив».

Примеры удачного использования физиологически активных веществ морского происхождения можно было бы продолжить. Уже создано несколько эффективных лекарственных средств, в том числе противоопухолевых, антигрибковых, противовирусных и других биологических препаратов. Многие физиологически активные вещества, полученные из морских организмов, в настоящее время проходят предклиническую и клиническую проверку. В недалеком будущем новые препараты найдут применение в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями, для ускорения роста растений, а также для исследований в различных областях биологии и медицины. Однако самым большим достоинством морских организмов как исходного сырья для новых физиологически активных веществ нужно считать не количество уже созданных биологических препаратов и лекарств и даже не их уникальные свойства, а то обстоятельство, что морские организмы по сравнению с наземными часто содержат совершенно новые структурные соединения.

Если учесть, что к настоящему времени уже известно свыше 180 тыс. видов морских животных (это вдвое превышает разнообразие видового состава фауны суши, исключая насекомых) и 30 тыс. видов растений и что это число ежегодно возрастает, простое тестирование всех морских организмов как потенциальных продуцентов физиологически активных веществ, очевидно, не принесет большой пользы. К счастью, общие направления поисков фармакологически полезных видов уже известны. Вещества с необычными структурными формами чаще встречаются в организмах, живущих в условиях обостренной борьбы за существование (неблагоприятной среды, высокой конкурентной борьбы).

Недавние исследования ископаемых останков морских организмов привели к неожиданному выводу о том, что образование новых видов идет быстрее в суровых условиях Арктики и Антарктики. Позднее они с холодными течениями мигрируют в умеренные широты, где попадают в условия обостренной межвидовой конкуренции. Таким образом, в тропическом поясе оказывается наибольшее видовое разнообразие, или, как мы говорим, максимум «биохимических идей». Особым многообразием видов отличаются Индо-Тихоокеанская зона, включающая острова Индонезии, Новой Гвинеи, Юго-Восточной Азии, бесчисленные острова и атоллы Тихого и Индийского океанов, а также Карибский бассейн, побережье Перу, Юго-Западной Африки. Поэтому искать новые источники физиологически активных веществ, по-видимому, нужно там, где имеется наибольшее видовое разнообразие и, следовательно, окажется больший выбор фармакологически перспективных веществ.

Мы пока еще не можем легко указать наиболее интересные районы исследований, однако основные закономерности географического и пространственного распределения морских организмов уже установлены. Хотя жизнь в той или иной форме существует даже в самых глубоких океанических впадинах, она в основном приурочена к мелководью.

Справедливости ради необходимо заметить, что внимание биохимиков привлекают в первую очередь те классы организмов, отдельные виды которых уже зарекомендовали себя как продуценты физиологически активных веществ, такие как губки, некоторые моллюски, голотурии, водоросли и т. д. Хотя по существу



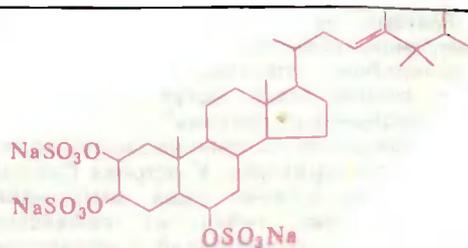
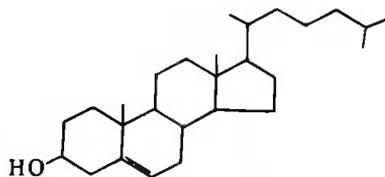
Голотурия *Thalenota ananus* (сверху) и губки *Halictona* — потенциальные источники физиологически активных веществ.

биохимический поиск только еще начинается, и соответствующие экспедиции пока немногочисленны.

При планировании морских экспедиций за новыми источниками физиологически активных соединений приходится учитывать и антропогенное влияние. Туристический бум, охвативший в последние годы островные государства, спрос на экзотические тропические сувениры серьезно отразился, например, на популяциях моллюсков. Растет число погибающих и мертвых коралловых рифов. Здесь важно заметить, что биохимики в своих поисках учитывают экологический фактор автоматически: для экспериментов добываются лишь ограниченное количество морских организмов, необходимое для проведения анализов, биологических испытаний и определения химической структуры. Только после того как обнаружена интересная активность и установлена фармакологическая перспективность вида, возникает вопрос о возможном промышленном сырье. Как правило, этот вопрос чаще всего решается в пользу синтетического или биотехнологического пути создания препарата, не приносящего ущерба живой природе.

Именно по такому пути ведутся исследования в Тихоокеанском институте биоорганической химии ДВНЦ АН СССР (ТИБОХ), в плане которого морская фармакология составляет одно из ведущих научных направлений. Институт был организован в 1964 г. во Владивостоке по инициативе директора Института биоорганической химии АН СССР академика М. М. Шемякина. Сегодня ТИБОХ — единственный из родственных институтов страны, расположенный на берегу океана. Это обстоятельство в значительной степени и определяет морскую тематику его исследований.

Сырьевой базой института является Морская экспериментальная станция, на-



Структура стерина, выделенного из губки *Halichondriidae* gen., отличающегося от холестерина разветвленной высокоалкирированной боковой цепью (справа).

ходящаяся в бухте Троицы, на юге Приморья. Бухты Японского моря в силу их географического положения на стыке холодных и теплых течений отличаются богатой подводной флорой и фауной, и в частности большим количеством редких эндемичных видов. Издавна широко распространенный здесь трепанг *Stichopus japonicus* называли морским женьшенем. Неудивительно, что он стал одним из самых первых объектов всестороннего изучения. Уже в начале существования ТИБОХ из трепанга были выделены тритерпеновые гликозиды — стихопозиды, похожие на панаксозиды, полученные из женьшеня².

При исследовании растительных организмов, населяющих прибрежное мелководье Японского моря, в составе морской травы зостеры был найден необычный пектин, названный зостерином. Оказалось, что это вещество прекрасно набухает в воде с образованием желе. Это свойство зостерина позволяет использовать его в кондитерской промышленности вместо агар-агара, сырье для которого в последнее время стало остродефицитным.

Интересные данные были получены при изучении пигментов некоторых иглокожих³. Представители этого большого типа беспозвоночных: морские ежи (класс *Echinoidea*), морские звезды (*Asteroidae*), голотурии (*Holothurioidae*) — широко распространены в дальневосточных морях.

Зачастую они имеют красивую окраску, которая обусловлена различными пигментами. Среди этих пигментов особенно выделяются своей структурой и свойствами хиноидные пигменты морских ежей — эхинохром и спинохромы. По строению они напоминают красящие вещества некоторых наземных растений, но с тем отличием, что в их нафтохиноновом ядре почти во всех положениях присутствуют гидроксильные группы. Благодаря такой высокой степени гидроксирования хиноидные пигменты обладают сильными антиокислительными свойствами и могут быть с успехом использованы в животноводстве и в других областях сельского хозяйства как эффективные консерванты.

Один из самых многочисленных типов беспозвоночных, живущих во всех морях, в том числе и в наших дальневосточных, — губки. По-видимому, не случайно именно губки часто продуцируют вещества с высокой физиологической активностью. Самим животным, ведущим неподвижный образ жизни, эти вещества, вероятно, нужны для того, чтобы успешно развиваться, защищаться от хищников, приспосабливаться к самым различным условиям подводного рельефа.

Как известно, проницаемость биологических мембран для различных веществ у клеток эвкариот, играющая важнейшую роль в жизнедеятельности животных, в том числе человека, связана с присутствием в них стероидных спиртов — стерinov. Как правило, это холестерин. Однако у морских беспозвоночных, и особенно у губок, его нередко заменяют другие соединения, у которых структура боковой цепи имеет необычное строение. Пока еще неясно, с чем это связано и как отражается на свойствах мембраны. Можно предположить, что замена холестерина другими стеринами вызвана необходимостью защищать клетки губок, как прикрепленных организмов, от действия веществ, нарушающих целостность мембран (так называемых цитолитиков), которые выделяют паразитирующими на губ-

² Стоник В. А., Шарыпов В. Ф., Калининский А. И., Еляков Г. Б. — Доклады АН СССР, 1979, т. 245, № 5, с. 1133; Elyakov G. B., Kalinovskaja N. I., Stonik V. A., Kuznetsova T. A. — *Comp. Biochem. Physiol.*, 1980, v. 65 B, p. 309; Калининский А. И., Шарыпов В. Ф., Стоник В. А., Еляков Г. Б. — *Биоорг. химия*, 1980, v. 6, № 6, с. 951.

³ Koltzova E. A., Boguslavskaya L. V., Maximov O. B. — *Int. J. of invertebrate Reproduction*, 1981, № 4, p. 17.

ках бактериями. Если это предположение верно, виды губок, содержащие токсичные для микробов и опухолевых клеток соединения, скорее всего могут быть источником необычных стероидов⁴.

Наша догадка о причине замены холестерина подтвердилась. У острова Сокотр в Индийском океане наша экспедиция обнаружила вид губки из семейства Halichondriidae, содержащий токсическое соединение — сокотрастерин сульфат. В стероидном ядре сокотрастерина содержится сразу три высокополярные сульфатные группы. Похожие соединения, также содержащие несколько сульфатных групп, но отличающиеся строением боковой цепи, — халицистол сульфат — незадолго до этого японские исследователи выделили из экстрактов губок. В клеточных мембранах губок, где присутствуют цитотоксины типа сокотрастерина или халистанола, холестерин заменен высокоалкилированными в боковой цепи стеринами. В малых концентрациях такие стерины нарушают проницаемость мембран обычных клеток и, несомненно, найдут применение в изучении работы клеточных мембран.

Полученные нами результаты — один из примеров комплексного анализа, позволяющего связать необычность структуры с биохимическими особенностями организма. Именно такой подход позволяет найти новое природное соединение и в конце концов получить новый лекарственный препарат. Сначала нужно найти интересную биологическую активность, затем экстракт, обладающий этой установленной активностью, неоднократно проверить по всем биологическим тестам. Следующий этап — последовательное разделение на фракции с помощью экстракции, хроматографии, электро- или ионофореза. Каждую фракцию, в свою очередь, снова проверяют на биологическую активность. Конечная цель разделения — найти молекулярную форму, ответственную за физиологическую активность, а затем выделить эту активную фракцию в чистом виде. В результате этих операций нередко получают лишь исчезающе малые количества активного вещества, а впереди главный этап — определение химической структуры. Только знание химической структуры позволяет сделать правильный вывод о возможностях и путях синтети-

ческого или биотехнологического способа создания биологического препарата.

Вся поисковая работа, естественно, начинается с экспедиции, а точнее, с ее подготовки. Прежде чем выйти в рейс, мы тщательно продумываем маршрут, обсуждаем возможные объекты, готовим приборы и реактивы, подбираем наборы необходимых биологических тестов. Однако все предусмотреть невозможно: один каприз погоды — и можно потерять ценнейшие вещества, полученные совместными усилиями водолазов, гидробиологов и биохимиков, с таким трудом выделивших и очистивших их в сложных экспедиционных условиях. С точки зрения академического наблюдателя, судовая лаборатория весьма экзотична. Здесь каждый инструмент, прибор, пробирка надежно закреплены: в тропиках нередки мгновенно налетающие циклоны, а качка в 2—3 балла обычна.

Качка, пожалуй, самое большое неудобство для научной работы. Из-за нее, например, чаще обычного выходят из строя приборы, не всегда надежны измерения, а взять навеску малого количества реактива — целая проблема, так как точные весы требуют прочной основы. По этим причинам экстракты с наиболее интересными свойствами частично подвергают лиофильной сушке; их дальнейшее изучение будет продолжено на берегу. Структурные исследования также в большинстве случаев проводятся уже на берегу, где для этого можно использовать самые современные методы: ЯМР- и масс-спектрометрию, радиоизотопную аппаратуру, рентгеноструктурный анализ.

Потребуется еще немало усилий, всесторонних физиологических и клинических испытаний прежде чем сделать окончательное заключение о полезности того или иного препарата, определить область его использования. Природные соединения, привлечшие внимание своей необычностью сегодня, могут внести принципиально новое в биотехнологию, медицину, науку завтрашнего дня.

⁴ Makarieva T. N., Shubina L. K., Kalinovskiy A. I., Stonik V. A., Elyakov V. B. — Steroids, 1983, v. 42, p. 267.

Парадокс релаксации напряжений в горных породах

В. С. Пономарев



Виталий Стефанович Пономарев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Занимается проблемами геомеханики, а также сейсмичности Земли в аспекте предсказания больших землетрясений.

Любые твердые тела, в том числе и горные породы, слагаящие геологические объекты, с течением времени утрачивают свое основное свойство — твердость. Рано или поздно под действием нагрузки они начинают «течь». Классические примеры — вар или битум. Если ударить кусок битума молотком, он разлетится на осколки. Но предоставленный самому себе, тот же кусок битума через некоторое время растечется в лужу. Физический процесс, который приводит к таким последствиям, называют релаксацией напряжений. Характеристическую же меру времени, по истечении которого вязкое поведение материала начинает преобладать над его способностью к устойчивому сопротивлению действию внешних сил, называют временем релаксации напряжений.

Время релаксации у разных веществ различно. У жидкости оно исчезающе мало. У вара или битума время релаксации близко к временному масштабу нашей повседневности. У горных пород оно гораздо больше: у гранита или базальта, например, время релаксации достигает 20—30 тыс. лет. Но и в этом случае в результирующем действии релаксации можно убедиться воочию. Например, блоки камня в мегалитических сооружениях пригнаны друг к другу удивительно плотно:

в зазор между ними не входит даже лезвие ножа. Обычно этот факт рассматривают как доказательство высокого уровня строительной техники в глубокой древности. Но результат здесь достигнут скорее природой, чем людьми: за истекшие тысячелетия в блоках камня уже успела заметно проявиться их ползучесть за счет релаксации.

Время релаксации — фундаментальная количественная характеристика вещества. По своему физическому смыслу она должна играть определяющую роль во многих геологических процессах. Однако сопоставление оценок времени релаксации с наблюдаемыми в природе явлениями нередко ставит исследователя перед неразрешимыми, на первый взгляд, противоречиями.

Несложные расчеты показывают: если оценки времени релаксации справедливы, в наши дни на Земле должны были бы существовать только те горы, которые возникли не более ста тысяч лет назад. Горы, возникшие ранее, успели бы «растечься» под действием собственного веса, подобно куску битума. Между тем Гималаи или базальтовые вулканические острова в океанах существуют десятки миллионов лет.

Более того. Известно, что средняя скорость вертикального воздымания гор-



Центральные горы на о. Врангеля. Разрушение горных массивов — результат не только выветривания, но и предшествующей ему самопроизвольной перестройки внутренней структуры пород вблизи поверхности горных сооружений.

ных массивов редко превосходит 1 см в год. И нет оснований думать, что в прошлом она была выше. Но соотношение скоростей воздымания со скоростями релаксации таково, что, будь оценки времени релаксации справедливы, горы вообще не могли бы образоваться: едва наметившиеся возвышенности сразу же начали бы растекаться.

Оценки времени релаксации входят в противоречие и с другими фактами. Так, горные породы, находящиеся в недрах Земли миллионы лет, в ряде случаев обнаруживают совершенно неизменную первоначальную структуру.

Местные особенности полей напряжений нередко обнаруживают связь с тектоническими деформациями, возникшими в очень отдаленном прошлом, например, с некогда образовавшимся изгибом слоев пород или с древним разрывом. Если

исходить из общепринятых оценок времени релаксации, получается, что такие напряжения, вызываемые остаточными тектоническими напряжениями, не могли сохраняться столь долго.

Далее. С течением времени вращение Земли замедляется. Однако современная фигура ее вращения соответствует не современной скорости вращения, а той, с какой она вращалась около 10 млн лет назад¹. Согласно же существующей оценке времени релаксации, фигура вращения Земли должна приходить в соответствие со скоростью ее вращения гораздо быстрее.

Время релаксации оценивают, исследуя поведение нагруженных образцов пород в лабораторных условиях. Сомневаться в достоверности оценок, полученных таким способом, не приходится. И все же анализ многих явлений, наблюдаемых в природе,

¹ Батугин С. А., Батугина И. М. Изменение напряженного состояния нетронутого массива горных пород в пространстве и во времени. — В кн.: Напряженное состояние земной коры. М., 1973.



показывает, что по каким-то причинам релаксация напряжений в больших блоках пород протекает гораздо медленнее, чем в небольших образцах. В чем же дело?

ВРЕМЯ РЕЛАКСАЦИИ И РАЗМЕР СИСТЕМЫ

Ответ на этот вопрос, вообще говоря, содержится в одном из положений статистической физики, согласно которому время релаксации возрастает с ростом размеров систем. Однако найти, как реализуется общий принцип в конкретном явлении, бывает не легче, чем этот общий принцип вывести.

Разберем существо проблемы более подробно.

В статистической физике всякое тело рассматривают как систему, характеризующую рядом таких физических величин (термодинамических параметров), как, например, температура, давление, плотность. В качестве таких параметров могут выступать и напряжения. Под релаксацией же здесь понимают процесс самопроизвольного достижения системой статическо-

го (термодинамического) равновесия — такого состояния, при котором значения параметров системы становятся одинаковыми во всех ее точках. Равновесие может быть частичным, если оно достигается по одному или нескольким параметрам, или полным, если оно достигается по всем параметрам. Соответственно, под временем релаксации понимают время установления полного или частичного равновесия. Рассматриваемая же нами релаксация, с точки зрения статистической физики, представляет собой частный случай, когда движение системы к равновесному состоянию оценивается по изменению только одного ее параметра — напряжения.

Процессы релаксации сложны даже в простейших системах. Так, в одноатомном газе равновесие устанавливается не одновременно во всем объеме, а сначала в относительно небольших участках. Эти локальные объемы взаимодействуют с окружением лишь на своей поверхности, поэтому внутренние их участки оказываются как бы частично изолированными. Все это приводит к тому, что процесс достижения общего равновесия постепенно

замедляется... Влияние размеров такой системы на время релаксации отражает выражение:

$$T \sim \tau(L/l)^2 \gg \tau,$$

где l — характерный размер локального объема, L — размер всей системы, τ — время установления локального равновесия, T — время установления равновесия во всей системе. Сходную форму имеет выражение и для времени релаксации в жидкости.

Релаксация в твердых телах протекает иначе, чем в газах или жидкостях. Но все же общее положение, согласно которому время релаксации зависит от размера системы, остается справедливым и для твердых тел. Это очевидно и из повседневного опыта: большое нагретое тело дольше «держит» тепло, чем маленькое. Однако пример этот относится к температурной релаксации, в отношении которой масштабный эффект известен давно и хорошо изучен. Нас же занимает вопрос, как происходит релаксация напряжений в больших объемах твердой среды.

Ключом к решению проблемы оказалась поведение массивов пород в условиях разгрузки, т. е. при полном или частичном уменьшении нагрузки, действующей на данный массив. Разгрузка может наступать как в результате деятельности человека, например при нарушении массива горной выработкой, так и естественным путем — при воздымании масс горных пород, при смене знака тектонических движений, когда условия сжатия сменяются условиями растяжения, при разрушении верхних слоев вследствие их эрозии и т. д. Особенностью реакции горных пород на разгрузку является самопроизвольное образование трещин вблизи поверхности, на которой эта разгрузка осуществилась. Определяющую роль в образовании этих трещин, поверхности которых обычно параллельны поверхности разгрузки, играет релаксация напряжений. Вследствие этого из кинетики образования зон ориентированных трещин можно извлечь интереснейшую информацию о том, как протекает процесс релаксации напряжений в больших геологических телах.

Прежде всего попытаемся разобраться в причине образования разрывов в процессе релаксации. Одно из объяснений этого явления, предложенное Г. И. Гуревичем² сводится к тому, что горная по-

рода — это смесь плотно упакованных и прочно сцементированных минеральных зерен с разными упругими свойствами и разным временем релаксации. Предельно упрощая структуру горной породы, ее можно представить как среду, которая содержит жесткие связи с большим временем релаксации («жесткий скелет») и относительно слабые связи, время релаксации которых мало. Если нагрузить такую среду, нагрузка распределится на все связи. С течением времени первой потеряет свою несущую способность, перейдя в состояние ползучести, та составляющая, время релаксации которой относительно мало. Нагрузка, ранее распределенная на все связи, сосредоточится на жестких связях. Такое перераспределение нагрузки эквивалентно тому, как если бы сечение нагруженного образца постепенно уменьшалось. В конце концов рост напряжений в жестких связях может превзойти их прочность и привести к их хрупкому разрушению, т. е. стать причиной появления трещин.

Во всяком случае, какова бы ни была причина рассматриваемого явления, оно установлено экспериментально. Кварц — наиболее распространенная составляющая горных пород земной коры — не обнаруживает склонности к сколь-нибудь заметному течению, даже в условиях весьма высоких температур и давлений, приводящих к его разрушению. Эксперимент показывает, что ползучесть пород в условиях высокого всестороннего давления завершается образованием трещин, сколь бы медленно этот процесс ни развивался. Это подтверждается и поведением пород при выработке речных долин. Трещины разгрузки, преимущественно параллельные рельефу долины, образуются даже в том случае, если это равнинные реки (например, Дон), формирование долин которых осуществлялось очень медленно³.

Обычно подразумевают, что релаксация напряжений в большом массиве пород в общих чертах протекает так же, как и в небольшом образце. Но тогда растрескивание, сопровождающее процесс релаксации и являющееся его выражением, должно было бы иметь место во всех частях массива. В действительности же вначале на разгрузку реагирует лишь сравнительно тонкий слой у разгружаемой поверхности. Более глубокие части массива остаются в прежнем напря-

² Гуревич Г. И. Деформируемость сред и распространение сейсмических волн. М., 1974.

³ Прочухан Д. П. — Сов. геология, 1964, № 7, с. 84.

женном состоянии. Процесс релаксации протекает только в указанном тонком слое — в зоне релаксации. И лишь затем, по мере появления ползучести и сопровождающего ее релаксационного растрескивания материала, процесс начинает медленно распространяться в глубокие части. Вследствие этого переход массива в новое равновесное состояние осуществляется не в течение времени, соизмеримого с временем релаксации в небольшом образце, а за гораздо больший срок⁴.

Наглядной плоской моделью процесса релаксации в большом массиве пород может служить лесной пожар.

В этом сравнении нетронутый лес соответствует начальному равновесному состоянию, а пожарище — новому. Саму же зону горения можно сравнить с зоной релаксации. Очевидно, что время горения ветки или дерева гораздо меньше того времени, в течение которого сгорит лес, и что пожар будет длиться тем дольше, чем больше лес. Процесс же собственно пожара (релаксации) протекает в виде сравнительно медленного продвижения огненного фронта в глубину не тронутого пожаром леса.

Если предположить, что зона пожара (фронт релаксации) распространяется с постоянной скоростью, то приближенной оценкой времени T , в течение которого сгорит лес (весь массив перейдет в состояние ползучести), будет выражение:

$$T \sim (L/l)t \gg t,$$

где L — протяженность леса (разгружаемого массива пород), l — ширина зоны собственно пожара (мощность зоны релаксации) и t — время горения отдельного дерева (время релаксации в небольшом образце).

Обращает на себя внимание, что это выражение сходно с приведенным выше выражением для одноатомного газа. Различие лишь в том, что в выражении для газа отношение L/l возведено в квадрат. Таким было бы и выражение для релаксации в массиве пород, если бы фронт релаксации двигался не с постоянной скоростью, согласно нашему предположению, а его движение постепенно замедлялось бы. Есть основания думать, что такое замедление имеет место и в действительности, т. е. форма выражения,

полученная для газа, вскрывает очень общую закономерность процесса релаксации в любых физических телах — жидких, газообразных и твердых.

Насколько это справедливо, покажут дальнейшие исследования. Но уже из предположения о постоянстве скорости фронта релаксации следует, что время T во столько же раз больше времени t , во сколько раз L больше l . В достаточно больших геологических объектах (протяженностью в сотни метров и километры) отношение L/l обычно составляет не менее 10^2 — 10^3 .

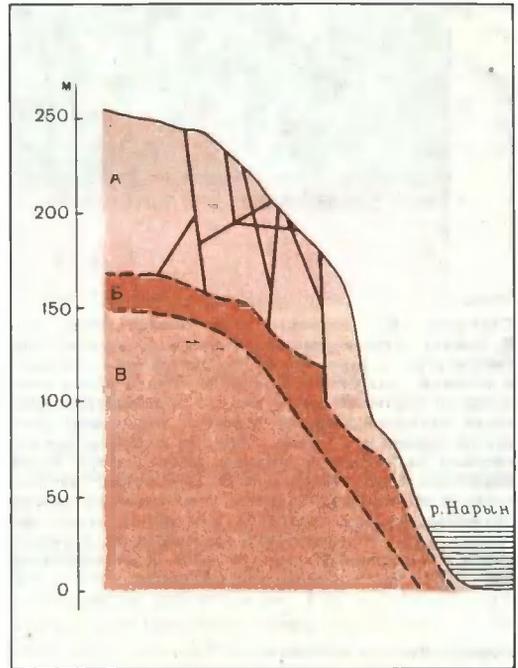
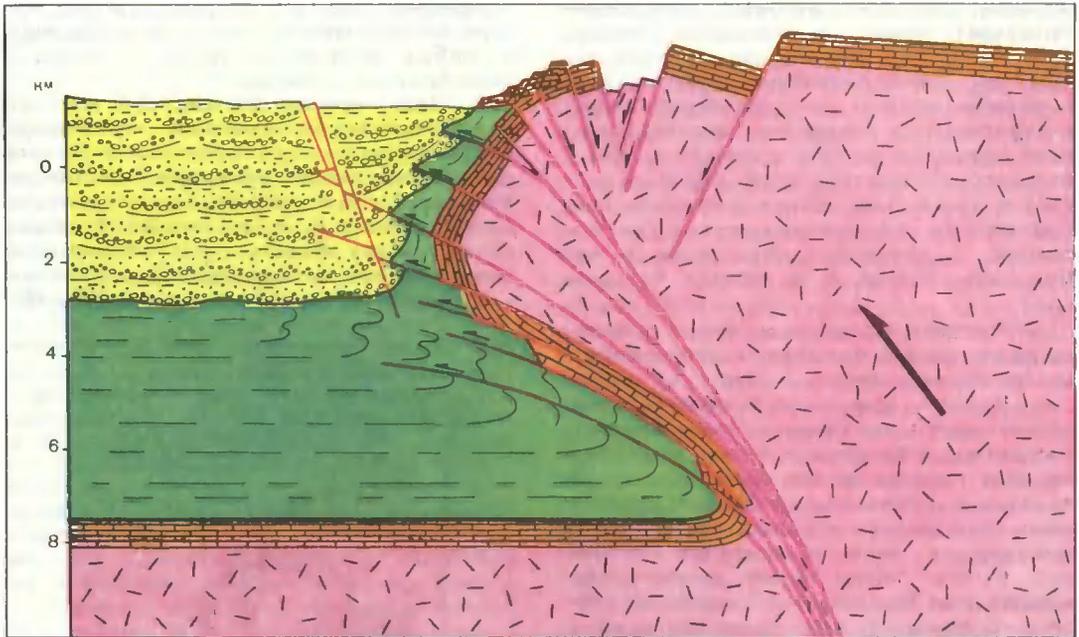


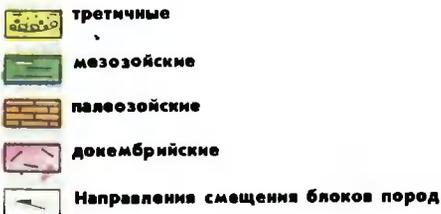
Схема распределения напряжений в породах каньона р. Нарын в месте створа Токтогульской ГЭС (по В. М. Кутепову): А — зона пониженных напряжений (соответствует горным породам, раздробленным в процессе релаксации); Б — зона наиболее значительных изменений напряжений (соответствует собственно зоне релаксации); В — зона неизменных напряжений (соответствует породам, еще не вовлеченным в процесс релаксации). Мощность зоны дробления определяется возрастом склона: в пределах современного вреза реки она составляет всего лишь 2—5 м, а в наиболее древних частях склона, относящихся к среднечетвертичному времени, постепенно достигает 60—100 м. Это значит, что за время около полумиллиона лет «фронт дробления» смог продвинуться в глубину массива не более чем на 60—100 м. Склон речного каньона в рассмотренном случае сложен известняками. В более прочных породах такое продвижение происходит еще медленнее.

⁴ Пономарев В. С. Упругая энергия горных пород и сейсмичность. — В кн.: Экспериментальная сейсмология. М., 1971; Он же. — Доклады АН СССР, 1981, т. 259, № 6, с. 75.



Строение зоны контакта двух блоков пород (по Д. Вайзу). Относительное смещение блоков по вертикали ведет к тому, что приподнятый блок попадает в условия разгрузки. В данном случае блоки смещены по вертикали на 10 км, что соответствует разности давлений в приподнятом и опущенном блоках примерно в 2,7 кбар. Переход к новому равновесному состоянию в породах приподнятого блока выразился в образовании зоны дробления на контакте с опущенным блоком. Этот переход длился по меньшей мере несколько миллионов лет и, как можно судить по мощности зоны дробления, осуществился к настоящему времени лишь в относительно небольшой части приподнятого блока.

Породы разного возраста:



Это значит, что при времени релаксации напряжений в образце породы порядка десятков тысяч лет время перехода в состояние ползучести большого массива геологической среды составит миллионы — десятки миллионов лет.

МОДЕЛЬ ЗОННОЙ РЕЛАКСАЦИИ И РЕАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

В свете представлений о зонной релаксации становится понятной причина расхождения между оценками времени релаксации, полученными в лабораториях, и аномально длительной устойчивостью горных сооружений. По мере воздымания горный массив попадает в условия разгрузки. При этом равновесное состояние массива нарушается не во всем его объеме одновременно, а вначале только вблизи поверхности разгрузки. Массив, теряя устойчивость в относительно тонком поверхностном слое, остается устойчивым в гораздо больших по объему внутренних частях. В целом массив устойчиво существует как структурная единица в течение времени, намного превышающего время релаксации в образцах того же вещественного состава.

Тем не менее горные массивы все же подвержены действию процессов релаксации. Об этом свидетельствует и густая сеть трещин в периферийных частях массивов, и каменные осыпи на склонах гор — продукты распада горных сооружений, и так называемые коры выветривания — разрыхленные, разуплотненные и метаморфизованные горные породы вблизи земной поверхности. В корках выветривания, в частности, образуются многие ценные руды, например бокситы.

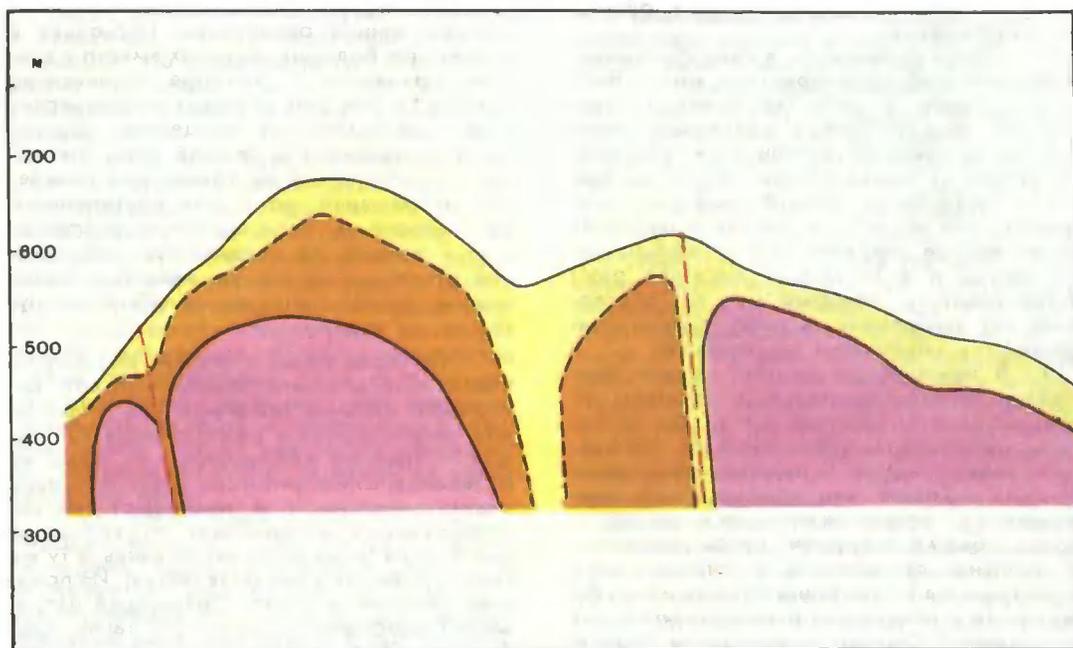


Схема строения верхней части земной коры на одном из участков трассы Байкало-Амурской магистрали (по Т. Ю. Плотровской и В. Е. Романовскому). Результаты получены методом электроразведки, основанным на том, что величина удельного электрического сопротивления в монолитных породах во много раз выше, чем в насыщенных трещинами обводненных породах. Своего рода шуба из таких разуплотненных пород как бы одевает менее измененные «ядра» монолитной породы.

- Сильно разуплотненные породы
- Менее разуплотненные породы
- Монолитные породы
- Разрывные нарушения

Конечно, в образовании структур типа кор выветривания большую роль играют вода, солнце, ветер и другие экзогенные факторы. Но их действие становится эффективным только после того, как в монолитных породах появятся трещины, обусловленные другими причинами. Например, гранитный массив, нарушенный взрывными работами, может разрушиться чрезвычайно быстро: в течение нескольких недель⁵.

В соответствии с данными такого рода, в процессе формирования кор выветривания выделяют две стадии: подготовительную, для которой характерно образование трещин, и основную, в которой главную роль играют химические превращения. Многие факты свидетельствуют, что причиной образования «первичных» трещин являются не сами экзогенные факторы, как это принято было считать, а процессы релаксации. Так, известно, что коры выветривания образуются в основном на приподнятых участках поверхности, испытавших в процессе поднятия разгрузку за счет смыва верхних слоев разрыхленных пород. И хотя скорость химической переработки пород в корях выветривания определяется экзогенными факторами, скорость продвижения процессов выветривания в глубину массива определяется скоростью движения «фронта релаксации».

Разгрузка влечет за собой изменение не только напряженного, но и термодинамического состояния пород, а это возбуждает в зоне релаксации множество связанных между собой физико-химических процессов. Вот почему релаксационное дробление сопровождается и химической переработкой вещества. Если областью разгрузки является земная поверхность, то говорят о корях выветривания. Если же разгрузка происходит в земных недрах — о различных трещинных структурах, образующих, например, зоны дина-

⁵ Талобр Ж. Механика горных пород. М., 1960.

мометаморфизма⁶ или жильные рудные месторождения.

Время релаксации, в силу фундаментальности этой характеристики, может быть использовано в качестве критерия при оценке правдоподобия различных точек зрения на природу тектонических сил, действующих на Земле. Например, не так давно был установлен удивительный факт: оказалось, что во многих шахтах и рудниках естественные напряжения в несколько раз (а иногда и в несколько десятков раз!) превышают те, которые мог бы обусловить вес вышележащих толщ. Какова природа этих избыточных напряжений?

В принципе, в земных недрах протекают сейчас и протекали в прошлом такие процессы, которые могли бы возбудить напряжения, избыточные по отношению к весу пород. К ним можно отнести многие фазовые или полиморфные превращения, сопровождающиеся возрастанием объема исходной массы вещества. В условиях стесненного малоподатливого пространства возрастание объема могло бы привести к появлению очень значительных напряжений. Однако на основании существующих оценок времени релаксации все эти объяснения отвергаются. Сопоставление скорости релаксации со скоростью изменений, возбуждаемых в таких процессах, показывает, что либо такие процессы протекали слишком давно, либо они протекают слишком медленно. В первом случае, возбужденные напряжения к настоящему времени успели бы релаксировать, во втором — они релаксируют по мере появления и вообще не могут достичь сколь-нибудь существенной величины. Из этого следует, что избыточные напряжения возбуждаются какими-то другими чрезвычайно мощными современными воздействиями, природа которых совершенно непонятна.

В общих чертах обсуждаемую задачу можно сравнить с задачей о ванне, наполняемой водой при открытом сливе. Обычное решение сводится к тому, что сливное отверстие слишком велико и струя воды, текущая из крана, никогда не сможет наполнить ванну. Поскольку же из фактов следует, что вода в ванне есть — и ее там довольно много, остается предположить, что ванна наполняется водой из какого-то другого, очень мощного источника, хотя и непонятно, из какого.

Иначе дело выглядит с точки зрения модели зонной релаксации. Поскольку в достаточно больших системах вместо t следует принимать T (которое значительно больше t), скорость обычных механических и физико-химических процессов, широко распространенных в земной коре, оказывается достаточной не только для появления напряжений, но и для постепенного их возрастания. Если вернуться к сравнению с ванной, то оказывается, что сливное отверстие не так уж велико, и ванна вполне может наполниться обычным путем — из крана.

Представление о зонной релаксации важно еще в одном принципиальном отношении. Обычно полагают, что напряжения, возникающие в разного рода локальных процессах, релаксируют по мере их появления. Следовательно, такие процессы квазиравновесны, т. е. протекают при незначительных отклонениях от состояния равновесия (вода вытекает из ванны в ту же минуту, как она в ней появляется). Из представлений же о зонной релаксации напряжений наоборот следует, что такие процессы существенно неравновесны. Несмотря на их медленный темп, они могут привести к постепенному росту напряжений вплоть до критических значений — тогда такие очень медленные процессы могут стать причиной внезапных разрушений.

К нарушению равновесного состояния может вести не только разгрузка, но и множество других причин, таких, например, как изменение тектонического режима, активизация метаморфических процессов, различные фазовые и полиморфные превращения, изменение положения масс пород в поле гравитации вследствие их изостатических перемещений, разогрев пород или их охлаждение.

Многообразные процессы, непрерывно сменяющие друг друга (или сосуществующие) в ходе геологической эволюции вещества земной коры, ведут к тому, что массивы пород, не успевая прийти в равновесное состояние, вовлекаются во все новые изменения. Но эти изменения все же не полностью стирают «память» среды о ее прошлых неравновесных состояниях. Частично она сохраняется в форме избыточных напряжений. В конечном счете, поле напряжений приобретает очень пестрый характер, что часто обнаруживается прямыми измерениями напряжений в массивах пород.

Время релаксации с ростом температуры быстро уменьшается. В верхних слоях земной коры, как наиболее холодных, оно значительно всего. Поэтому

⁶ Динамометаморфизм — структурное и частично минеральное преобразование горных пород под действием тектонических сил.

именно здесь дольше всего сохраняются наиболее древние реликтовые структуры и связанные с ними локальные поля напряжений. По мере роста глубины напряжения «рассасываются» быстрее, вещество становится более текучим, более подвижным.

Эту сторону явления хорошо отражают особенности сейсмического режима, т. е. пространственно-временного поведения большого числа землетрясений. Следует сказать, что помимо больших — разрушительных или просто ощутимых — землетрясений, случающихся относительно редко, специальной аппаратурой регистрируется неизмеримо большее количество слабых землетрясений. Если силу землетрясений представить себе как звездную светимость, то карта землетрясений в сейсмоактивном районе уже через несколько лет наблюдений станет похожей на карту звездного неба.

На такой карте, соответствующей площади большого сейсмоактивного района, можно выделить меньшие области, в пределах которых изменения активности землетрясений во времени носят единый характер. Вместе с тем временные изменения могут протекать по-разному даже в смежных областях: в одной из них число землетрясений может из года в год систематически возрастать, а в другой — убывать. В геологическом отношении такие области приурочены к структурам, различающимся историей своего геологического развития, а значит и характером локальных полей напряжений, возбуждающих землетрясения. По мере возрастания глубины, однако, такого рода локальные различия становятся все незаметнее. В более глубоких слоях отчетливее проявляется действие региональных или общепланетарных полей напряжений, завуалированное в верхних слоях действием местных напряжений.

В заключение я хотел бы еще раз уточнить, что дает учет размеров массивов горных пород при релаксации напряжений.

Во-первых, этим снимается противоречие между оценками времени релаксации напряжений в отдельных образцах горных пород и в целых горных массивах.

Во-вторых, в вопросе о природе тектонических сил — одной из самых острых проблем геодинамики — получает права гражданства взгляд, что причиной появления локальной составляющей в поле тектонических напряжений могут быть локаль-

ные нарушения равновесного состояния пород (например, за счет эрозии) или процессы, протекавшие и протекающие непосредственно в толще земной коры.

В-третьих, представление о зонной релаксации позволяет увидеть черты общности в развитии зон дробления в самых различных геологических ситуациях. В этой связи процесс релаксации предстает как важный фактор структурообразования.

И, наконец, в-четвертых: на основании существующих оценок времени релаксации, принято считать, что напряжения, возникающие в земной коре в разного рода локальных процессах, релаксируют по мере их появления. Отсюда следует, что такие процессы квазиравновесны, т. е. протекают при несущественных отклонениях от состояния равновесия. Из представления же о зонной релаксации напряжений наоборот следует, что такие процессы существенно неравновесны. Несмотря на их медленный темп, они могут привести к постепенному росту напряжений вплоть до критических значений, и в конечном счете такие очень медленные процессы могут стать причиной внезапных разрушений.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Гуревич Г. И. ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ СРЕД И РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН. М.: Наука, 1974.

Рейнер М. РЕОЛОГИЯ. М.: Наука, 1965.

Ландау Л. Д. и Лифшиц Е. М. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА. М.: Наука, 1976.

Монополи и вихри: от Дж. Максвелла до наших дней

М. И. Монастырский



Михаил Ильич Монастырский, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института теоретической и экспериментальной физики. Область научных интересов — математическая физика, в частности применение топологии и теории групп в физике. В «Природе» опубликовал статьи: Бернгард Риман (1976, № 9); Топология и физика (1979, № 5).

Что общего между тяжелыми векторными мезонами в единых теориях слабого и электромагнитного взаимодействий и точечными особенностями на поверхности жидкого кристалла, отчетливо наблюдаемыми в поляризованном свете?

Еще совсем недавно отсутствие связей между этими объектами, изучаемыми в столь различающихся между собой разделах физической науки, казалось бы вполне естественным. Сегодня же ситуация радикально изменилась, что связано с достигнутым в последние годы прогрессом в объяснении многих фундаментальных явлений физики твердого тела и элементарных частиц, основанном на некоторых общих идеях как математического, так и физического характера.

В этой статье предпринята попытка на двух примерах, взятых из недавних исследований, весьма фрагментарно проследить наметившиеся тенденции. Первый пример — монополь в теории калибровочных полей, второй — вихри в сверхтекучем гелии.

Небольшой исторический экскурс во времена создания классической электромагнитной теории поможет яснее представить те связи, о которых пойдет речь.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ И ГИДРОДИНАМИКА (XIX в.)

Теория Максвелла — первая полевая теория в физике. Однако сам Дж. Максвелл первоначально пытался свести действие электромагнитного поля к чисто механическому взаимодействию элементарных («молекулярных», по его выражению) вихрей. Его вдохновляла далеко идущая аналогия между электромагнитными и гидродинамическими явлениями. Подтверждением этого служит примечание, сделанное Дж. Максвеллом ко второй главе работы «О физических силовых линиях», в которой содержатся его знаменитые уравнения: «После того как была написана первая часть этой работы, я в *Crelle's Journal* за 1859 г. увидел статью профессора Гельмгольца о движении жидкости. В этой статье он устанавливает, что линии тока в жидкости распределяются соответственно тем же самым законам, что и магнитные силовые линии, причем линии электрического тока соответствуют осевым линиям элементов объема жидкости, которые находятся в состоянии вращения. Это — дополнительный пример физической аналогии, исследование которой может слу-

жить выяснению одновременно двух рядов явлений — электромагнетизма и гидродинамики»¹.

Действительно, аналогия между гидродинамикой и электродинамикой имеет большую эвристическую ценность. Например, одни и те же уравнения описывают стационарные течения несжимаемой идеальной жидкости, а также поверхностные распределения электростатического и магнитостатического полей.

Однако между уравнениями электромагнетизма и гидродинамики существует и фундаментальное различие, заключающееся в принципиальной несводимости воздействия электромагнитного поля к чисто механическим движениям. Напротив, нелинейные уравнения гидродинамики, в которых роль поля играет распределение скоростей частиц жидкости, в принципе, могут быть выведены из законов механики Ньютона.

Одна из особенностей уравнений электромагнитного поля, не имеющая аналога в гидродинамике, связана с их свойством локальной калибровочной инвариантности.

ЛОКАЛЬНАЯ КАЛИБРОВОЧНАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ

Электромагнитное поле характеризуется векторным потенциалом, который в четырехмерном пространстве-времени Минковского описывается четырьмя компонентами A_μ (индексы, обозначаемые греческими буквами, всюду в дальнейшем принимают значения 0, 1, 2, 3). Из этих величин нетрудно построить тензор напряженности электромагнитного поля:

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$$

(символом ∂ с индексами μ или ν обозначена частная производная по координате x_μ или x_ν соответственно). В каждой точке x четырехмерного пространства-времени Минковского, характеризующей тремя пространственными координатами и временем, значение этого тензора задается таблицей из 16 чисел — матрицей 4×4 .

Для свободного (без источников — электрических зарядов и токов) электромагнитного поля уравнения Максвелла в этом представлении выглядят наиболее просто:

$$\partial_\mu F_{\mu\nu} = 0. \quad (1)$$

Уравнения (1) инвариантны относительно



Примеры точечных особенностей в жидких кристаллах. Снимок получен с помощью поляризационного микроскопа в Институте кристаллографии им. А. В. Шубникова АН СССР. Концы темной линии, видимой на снимке, соответствуют точечным особенностям или сечениям нитей.

так называемых калибровочных преобразований, т. е. замены

$$A_\mu \rightarrow A_\mu + \partial_\mu f. \quad (2)$$

Здесь f — произвольная функция, зависимость которой от точки x и означает локальность преобразований (2).

Эти преобразования образуют, как говорят, коммутативную, или абелеву, группу калибровочных преобразований².

² Группа — фундаментальное алгебраическое понятие, тесно связанное с интуитивными представлениями о симметрии. Наиболее часто встречающиеся примеры групп — группы симметрии различных множеств, скажем, группа симметрии кристаллической решетки, группа изотопической инвариантности нуклонов и т. д. Один из простейших примеров такого рода — группа симметрии равностороннего треугольника, состоящая из вращений на углы 120° , 240° , 360° и зеркальных отражений относительно его высот.

Вообще же, произвольное множество G является группой, если:

- 1) для любых двух элементов G определено «произведение», также принадлежащее G ;
- 2) существует единственный элемент e в такой, что для любого элемента g из множества G $e \cdot g = g \cdot e = g$;
- 3) для каждого элемента g существует обратный g^{-1} , так что $g \cdot g^{-1} = g^{-1} \cdot g = e$;
- 4) для произведения любых трех элементов g_1, g_2, g_3 справедливо соотношение $(g_1 \cdot g_2) \cdot g_3 = g_1 \cdot (g_2 \cdot g_3)$.

Если, кроме того, для любых двух элементов группы произведение не зависит от порядка сомножителей, группа называется коммутативной, или абелевой (в честь знаменитого норвежского математика Н. Х. Абеля). Нетрудно убедиться, что группа вращений равностороннего треугольника коммутативна, а полная группа его симметрии, как и группа $O(3)$ вращений трехмерного евклидова пространства, уже некоммутативна.

¹ Цит. по: Максвелл Дж. К. Избр. соч. по теории электромагнитного поля. М., 1954, с. 107.

Инвариантность уравнений Максвелла относительно калибровочных преобразований имеет фундаментальное значение для теории электромагнитных взаимодействий.

Итак, взаимодействие электрически заряженных частиц на классическом уровне описывается калибровочным (удовлетворяющим условию калибровочной инвариантности) полем A_μ . Величина этого взаимодействия определяется константой взаимодействия e — хорошо знакомой каждому со школьной скамьи фундаментальной физической постоянной — зарядом электрона.

Идея описания взаимодействий всех элементарных частиц с помощью калибровочных полей лежит в основе современных теорий элементарных частиц. С каждым типом взаимодействия связано свое калибровочное поле, группа преобразований которого в большинстве случаев уже некоммутативна. Уравнения движения частиц в этих теориях оказываются нелинейными, и их решение представляет собой сложнейшую математическую задачу.

Полевая трактовка электродинамики резко отделила ее от гидродинамики и заметно повлияла на выбор актуальных задач. В частности, традиционные для гидродинамики задачи о движении вихрей потеряли всякое значение в теории электромагнетизма.

В начале нашего столетия теория электромагнитного поля обогатилась идеями специальной теории относительности, а затем и квантовой механики, что привело в конце концов к созданию квантовой электродинамики — наиболее полной и строгой теории электромагнитных взаимодействий.

Развитие же гидродинамики до самого последнего времени происходило в рамках классической физики. При этом упор делался в основном на трудные вопросы течения вязкой жидкости и проблемы механики сплошных сред.

«Развод» электродинамики и гидродинамики имел еще одно серьезное последствие, оставшееся незамеченным при «разделе имущества». К сожалению, практически прервались их связи с тем, что зародившейся математической дисциплиной — топологией. Между тем стоит напомнить, что работы г. Гельмгольца, посвященные уравнениям движения идеальной жидкости, среди прочих важных результатов содержали и гидростатическую интерпретацию уравнений Коши — Римана, определяющих условия аналитич-

ности функций на различных математических поверхностях³.

В трудах Б. Римана явственно прослеживаются связи топологии с физикой того времени. Среди немногих великих ученых, предчувствовавших будущий тесный союз топологии и физики, был и Дж. Максвелл. В статье о М. Фарадее, опубликованной в 1873 г. в журнале "Nature", он с исключительной интуицией предвосхитил роль топологии в физике: «Верно, конечно, что нельзя углубленно заниматься какой-либо точной наукой, не зная ее математического языка. Однако не следует думать, что выкладки и формулы, которые математики считают столь полезными, представляют собой всю математику в целом, ведь вычисления — лишь часть математики. Геометрия положения (Analysis Situs) представляет собой пример математической науки, созданной без помощи каких бы то ни было вычислений. Фарадеевы линии сил занимают в теории электромагнетизма такое же место, как пучки линий в геометрии положения. Они позволяют нам воспроизвести точный образ рассматриваемого объекта. Способ использования Фарадеем представления о силовых линиях для описания явления электромагнитной индукции свидетельствует о том, что он был математиком высокого класса — одним из тех, у кого математики будущего смогут черпать ценные и плодотворные методы»⁴.

Прошло немало лет, прежде чем стала окончательно ясна важная роль методов геометрии положения, получившей впоследствии название топологии, в решении ряда сложных задач теоретической физики. Интересно, что многие

³ Аналитическими называют функции, которые можно представить в виде степенного ряда.

⁴ Analysis Situs — старое название топологии, изучающей наиболее общие свойства фигур, сохраняющиеся при непрерывных преобразованиях. Так, с точки зрения топологии, круг, квадрат и треугольник тождественны, в то время как кольцо отличается от них по топологическим свойствам, ибо никакими непрерывными преобразованиями получить из кольца круг или из круга кольцо нельзя. В топологии эти полунитивные представления приобретают форму строгих математических утверждений. Топология — крупный раздел математики, в котором активно используются идеи, заимствованные из других математических дисциплин (алгебры, анализа, геометрии и т. д.) и который широко применяется в современной физике.

Высказывание Дж. Максвелла приведено по книге: Максвелл Дж. К. Статьи и речи. М., 1968, с. 69.

из современных приложений топологии связаны с проблематикой, восходящей еще к уравнениям Максвелла. Вот один из таких примеров.

МОНОПОЛЬ ДИРАКА (30-е ГОДЫ ХХ в.)

Еще на заре исследований электромагнитных явлений возникла следующая принципиальная проблема. Почему в природе наблюдаются электрически заряженные частицы и не встречаются изолированные магнитные полюсы? Исчерпывающего ответа на этот вопрос нет до сих пор. Проблема таких полюсов (магнитных монополей) рассматривалась в рамках классической теории Максвелла рядом выдающихся ученых, включая А. Пуанкаре, решившего задачу о движении заряженной частицы в поле магнитного монополя, но только П. Дирак придал этому вопросу новый смысл. Он связал задачу о монополе с другой принципиальной, с точки зрения квантовой теории, проблемой — целочисленным квантованием электрического заряда элементарных частиц. П. Дирак показал, что из гипотезы о существовании магнитного монополя следует и квантование электрического заряда. Его анализ базируется на основных принципах квантовой механики и существенно использует довольно простой, но фундаментальный топологический факт, который мы рассмотрим подробнее. Выберем обычную декартову систему координат и поместим в ее начале монополь с магнитным зарядом q . Окружим монополь сферой произвольного радиуса R . Тогда вектор-потенциал \vec{A} магнитного поля монополя обязательно будет иметь по меньшей мере одну точку разрыва на сфере. Линия, соединяющая монополь с этой точкой, представляет собой линию сингулярности вектор-потенциала (называемую также струной, или нитью, Дирака), однако напряженность магнитного поля и другие наблюдаемые физические величины не имеют особенностей, т. е. этой линии не должен придаваться реальный физический смысл. С этой целью П. Дирак ввел специальные правила обхода линий сингулярности — правила квантования. Пусть ψ — волновая функция электрона с зарядом e в поле монополя с магнитным зарядом q , обращаясь в нуль на линии сингулярности γ . При обходе этой линии по любому замкнутому контуру длиной L волновая функция преобразуется следующим образом:

$$\psi_1 = \exp(i e L) \cdot \psi, \quad (3)$$

где i — мнимая единица. Оказывается, что величина L , стоящая в показателе экспоненты, может быть связана с магнитным зарядом монополя простым соотношением:

$$L = 2q\vartheta$$

(ϑ — угол, определяющий положение точки на кривой L и принимающий значение 2π при полном обходе вокруг струны и возврате в исходную точку). Но значения волновой функции в произвольной точке до и после обхода линии сингулярности обязаны совпадать. Это возможно лишь в том случае, если выполняется условие квантования:

$$eq = n/2. \quad (4)$$

Целое число n , входящее в формулу (4), не меняется при любых непрерывных преобразованиях векторных полей и поэтому является топологическим инвариантом, как и соответствующий ему квантованный магнитный заряд, который в этом смысле можно назвать «топологическим зарядом». Подобные целочисленные характеристики, возникающие и в других разделах физики, также получили наименование «топологических зарядов».

П. Дирак доказал, что гипотеза о существовании магнитных полюсов, дополненная правилами квантования (4), не противоречит ни уравнениям Максвелла, ни современным представлениям квантовой теории. В заключение своей статьи он в присущем ему стиле восклицает: «С этой точки зрения было бы удивительно, если бы Природа не использовала такой возможности»⁵.

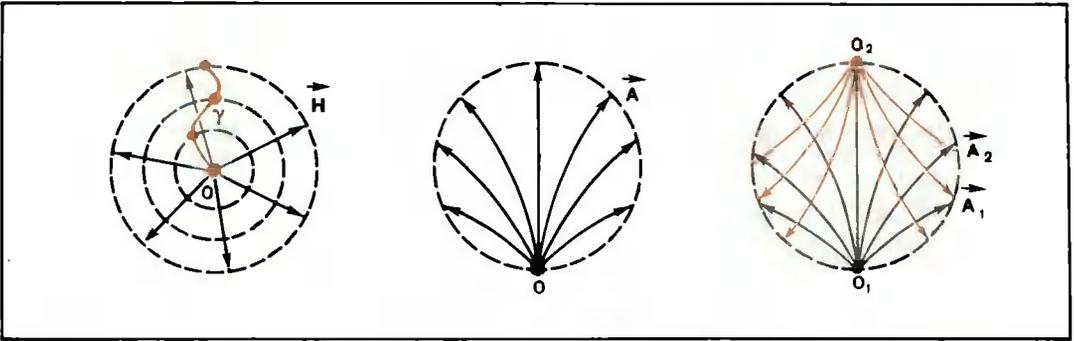
Тем не менее, несмотря на многолетние усилия, магнитные монополи до сих пор не наблюдались экспериментально.

МАГНИТНЫЙ МОНОПОЛЬ В КАЛИБРОВОЧНЫХ ТЕОРИЯХ ПОЛЯ (70-е ГОДЫ)

Проникновение в теорию элементарных частиц идеи калибровочной инвариантности позволило совершенно по-иному взглянуть на проблему магнитных монополей. Важный шаг в этом направлении удалось сделать в последнее десятилетие.

В ряде моделей, описывающих единым образом слабые и электромагнитные взаимодействия, были найдены статические (стационарные) решения с конечной энер-

⁵ Дирак П. А. Квантовые сингулярности в электромагнитном поле. — В сб.: Монополь Дирака. М., 1970, с. 40.



Магнитное поле \vec{H} монополя Дирака (слева). Силовые линии этого поля (тонкие прямые со стрелками) ориентированы вдоль радиусов любой из сфер, в центре O которых находится монополь. Такое поле нельзя охарактеризовать непрерывным асютю вектор-потенциалом \vec{A} : на произвольной эквипотенциальной сфере (изображены пунктирными окружностями) потенциал \vec{A} обязательно имеет хотя бы одну так называемую особую точку, где непрерывность нарушается. Геометрическое место (совокупность) всех этих точек представляет собой линию сингулярности γ вектор-потенциала (цветная кривая), называемую также струной (или нитью) Дирака. Струна может иметь произвольную форму и ориентацию в пространстве.

Поле вектор-потенциала \vec{A} (в центре), характеризуемое одной особой точкой O . Это же поле можно задать с помощью двух распределений (справа), одно из которых (цветные линии) имеет особенность в северном полюсе, а другое (черные линии) — в южном. Согласование полей \vec{A}_1 и \vec{A}_2 в области перекрытия (соответствующее некоторым условиям квантования) позволяет описать поле \vec{H} векторным потенциалом, уже не содержащим особенностей (в окрестности особой точки O_1 поле определяется потенциалом \vec{A}_2 , и наоборот). С топологической точки зрения этот эффект очевиден: точку на сфере нельзя задать одной системой координат, не имеющей особенностей, но всегда можно это сделать с помощью двух систем, например параллелей и меридианов.

гией, интерпретируемые как частицы. Их массы M_r значительно превышают массу M_w заряженного W -бозона — переносчика слабого взаимодействия⁶: $M_r \sim \sim M_w \cdot C/a$, где $a \approx 1/137$ — константа электромагнитного взаимодействия, $C \approx 1$. Интересная особенность найденных решений — появление магнитного заряда.

Посмотрим, как возникает магнитный монополь в одной из таких моделей, так называемой модели Джорджи — Глешоу. Пример носит чисто иллюстративный характер, поэтому для наших целей нет

необходимости выписывать гамильтониан (оператор плотности энергии) этой модели. Достаточно сформулировать лишь свойства полей, используемые при нахождении решений. В модели присутствуют два типа полей: векторные поля Янга — Миллса W_μ^i (аналоги поля A_μ) и скалярное поле Хиггса ϕ^i , значения которых принадлежат изотопическому (связанному с внутренними степенями свободы частиц) евклидовому пространству R^3 . Группа калибровочных преобразований $SO(3)$ представляет собой некоммутативную группу вращений в пространстве R^3 . Пространственный индекс μ принимает, как и ранее, четыре значения, а изотопический индекс i — лишь три: 1, 2, 3. Так как нас будут интересовать только стационарные решения, временную компоненту для определенности положим равной нулю. Плотность потенциальной энергии системы в этой модели имеет вид:

$$u(\varphi) = \chi^2/2(\varphi \cdot \varphi) + \lambda/4(\varphi \cdot \varphi)^2, \quad (5)$$

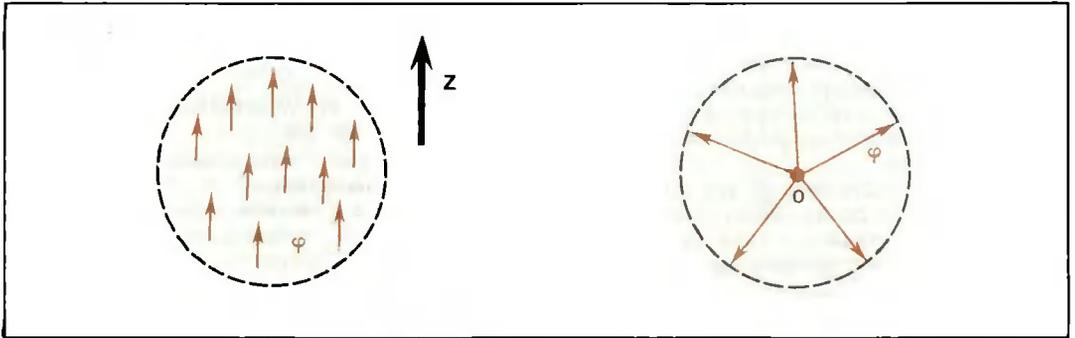
где $\chi^2 < 0$ и $\lambda > 0$ — постоянные, а скалярное произведение

$$(\varphi \cdot \varphi) = (\varphi^1)^2 + (\varphi^2)^2 + (\varphi^3)^2.$$

Функция $u(\varphi)$ в теории поля называется потенциалом Хиггса. Аналогичный потенциал в теории фазовых переходов получил наименование потенциала Гинзбурга — Ландау⁷.

⁶ Подробнее о W -бозоне см.: Смондырев М. А. Промежуточные векторные бозоны. — Природа, 1983, № 12, с. 21.

⁷ В последние годы наблюдается бурное развитие теории фазовых переходов, основанное на использовании идей теории поля. Важные результаты, полученные в этой области, отмечены Нобелевской премией (см.: Мигдал А. А. Лауреаты Нобелевской премии 1982 г. По физике — К. Вильсон. — Природа, 1983, № 1, с. 90). Подробнее изложение теории фазовых переходов можно найти, напр., в монографии: Паташинский А. З., Покровский В. Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. М., 1982.



Схематическое изображение калибровочного монополя. Скалярное поле Хиггса φ в вакуумном состоянии на поверхности сферы бесконечно большого радиуса направлено параллельно оси Z (слева) — соответствующий этому решению магнитный заряд равен нулю, так что топологическая структура решения характеризуется нулевым топологическим зарядом. Вакуумное решение типа «ежа» (справа). Поле φ в этом случае радиально и вместе с векторным полем W_μ определяет поле монополя, расположенного в точке O , силовые линии которого также направлены вдоль радиусов сферы. Топологической структуре такого решения сопоставляется топологический заряд, равный единице.

Множество точек минимума потенциала (5) задает пространство вакуумов Ω и определяется соотношениями:

$$\partial u / \partial \varphi = 0, \quad \partial^2 u / \partial \varphi^2 \geq 0.$$

В простейшем случае пространство вакуумов представляет собой обычную сферу. Зафиксировать вакуумное решение можно, выбрав некоторую точку на этой сфере. Наиболее простое решение, называемое хиггсовым вакуумом, выглядит следующим образом:

$$\varphi^i(x) = x / \sqrt{\lambda} e_3, \quad W_\mu^i(x) \equiv 0 \quad (6)$$

(e_3 — единичный вектор в пространстве R^3 , направленный вдоль оси Z).

Но существует и другой класс вакуумных решений, которые асимптотически (при $|x| \rightarrow \infty$) выражаются простыми формулами:

$$\varphi^i = x^i / |x|, \quad W_\mu^i = \varepsilon_{\mu ij} x^j / |x|, \quad (7)$$

где $\varepsilon_{\mu ij}$ — единичный антисимметрический тензор. Решение такого типа полу-

чило название «еж». Его «иголки» образуют радиальное векторное поле. Понадобится совсем немного рассуждений, чтобы понять, почему решение вида (7) интерпретируется как монополь. Для этого обратимся к формуле (6). Поле φ в этом состоянии направлено по оси Z и, следовательно, остается инвариантным при вращениях вокруг этой оси. Оказывается, что с полем φ в этом случае можно связать безмассовую частицу, отождествляемую с фотоном. По аналогии с электродинамикой такой фотон задается тензором $F_{\mu\nu}$, который, в свою очередь выражается через поля φ^i и W_μ^i . Этот тензор определен для любых вакуумных решений, в том числе и для «ежа». Прямое его вычисление приводит к поразительному результату:

$$F_{\mu\nu} = -1/\tilde{e} \cdot \varepsilon_{\mu\nu\rho} \cdot x_\rho / |x|^3 \quad (8)$$

С точностью до знака это выражение совпадает с выражением для напряженности радиального магнитного поля точечного магнитного заряда $q = 1/\tilde{e}$

$$H = x/\tilde{e} |x|^3, \quad (9)$$

где $\tilde{e} = 2e$. Таким образом, у «ежа» появились все основания, чтобы называться магнитным монополем.

Приведенным рассуждениям соответствует весьма интересная топологическая интерпретация, допускающая, например, сравнительно простое объяснение появления струны Дирака. В конструкции П. Дирака, как уже отмечалось, существует линия сингулярности (получившая название струны), которая выходит из монополя и на которой терпит разрыв вектор-потенци-

* Компоненты единичного антисимметрического тензора принимают значение 0, 1, -1.

Если значения хотя бы двух индексов совпадают, соответствующий элемент тензора обращается в нуль. Из шести отличных от нуля составляющих три ($\varepsilon_{123}, \varepsilon_{312}, \varepsilon_{231}$) равны единице, а остальные три ($\varepsilon_{213}, \varepsilon_{132}, \varepsilon_{321}$) — минус единице.

ал A_d . Требование конечности значений наблюдаемых физических величин, в частности напряженности магнитного поля, приводит к введению специальных правил квантования магнитного потока при обходе струны. В связи с этим возник вопрос о ее наблюдаемости.

При топологическом анализе калибровочных полей сразу видно, что переход от вакуумного решения типа «ежа» с отсутствующим ему магнитным монополюм к хиггсовому вакууму, где монополя нет, возможен только сингулярным калибровочным преобразованием. Дело в том, что эти вакуумные решения имеют различную топологическую структуру (как говорят, принадлежат к разным топологическим типам). Линии разрыва вектор—потенциала и представляют собой струны Дирака, которые в общем случае могут иметь произвольную форму и направление в пространстве. Таким образом, в современной интерпретации монополя с «участием» только вектор—потенциала (в отличие от подхода Дирака, основанного на использовании волновой функции) линии сингулярности связаны с разрывами калибровочных преобразований потенциала, так что вопрос об их наблюдаемости вообще оказывается лишенным смысла.

Экспериментально подтвердить существование в природе калибровочных монополей, по-видимому, удастся лишь на ускорителях нового поколения. Масса монополя, по оценкам, примерно в 100 раз превышает массу уже упоминавшегося знаменитого W -бозона, обнаруженного весной прошлого года в протон-антипротонных столкновениях на ускорителе Европейского центра ядерных исследований — ЦЕРНа (это открытие отмечено Нобелевской премией по физике за 1984 г.)⁹. В стандартной модели, объединяющей слабые и электромагнитные взаимодействия, для монополя, по топологическим соображениям, вообще нет места. Однако в теориях с более высокими группами симметрии (модели так называемого большого объединения) монополи вполне могут существовать.

Есть, между тем, совсем другая, очень далекая, на первый взгляд, от затронутых выше проблем область науки, в которой монополям «удается проявить се-

бя» в более «земных» (менее экзотических) условиях. Речь идет о физике конденсированного состояния.

ВИХРИ И МОНОПОЛИ В СВЕРХТЕКУЧЕМ ^3He

Уравнения гидродинамики сверхтекучего ^4He , выведенные Л. Д. Ландау, являются чисто классическими уравнениями, дополненными предположениями о двух компонентах скорости: нормальной и сверхтекучей. Квантовые же эффекты проявляются в своеобразных особенностях вихрей, образующихся при вращении сверхтекучей жидкости. Такие вихри оказываются квантованными, т. е. минимальное изменение их циркуляции равно постоянной Планка \hbar , деленной на массу атома¹⁰. Это условие квантования выводится из тех же соображений, что и дираковские правила квантования (обход линий сингулярности), но при этом имеет реальный физический смысл. Существуют и другие физические эффекты, в частности квантование магнитного потока, которые, по сути, связаны с проблемой монополя и условиями квантования полей с коммутативной калибровочной группой преобразований.

С топологической точки зрения, обнаруживающей прямую связь физики конденсированного состояния с теорией калибровочных полей, большой интерес представляет открытое в 1972 г. явление сверхтекучести в жидком ^3He . Экспериментальное открытие сверхтекучести ^3He при температуре около $2 \cdot 10^{-3}$ К — блестящее достижение современной физики низких температур. Среди ряда поразительных свойств, присущих сверхтекучему состоянию ^3He , следует отметить наличие нескольких термодинамических фаз (их принято обозначать символами A , B и A_1)¹¹.

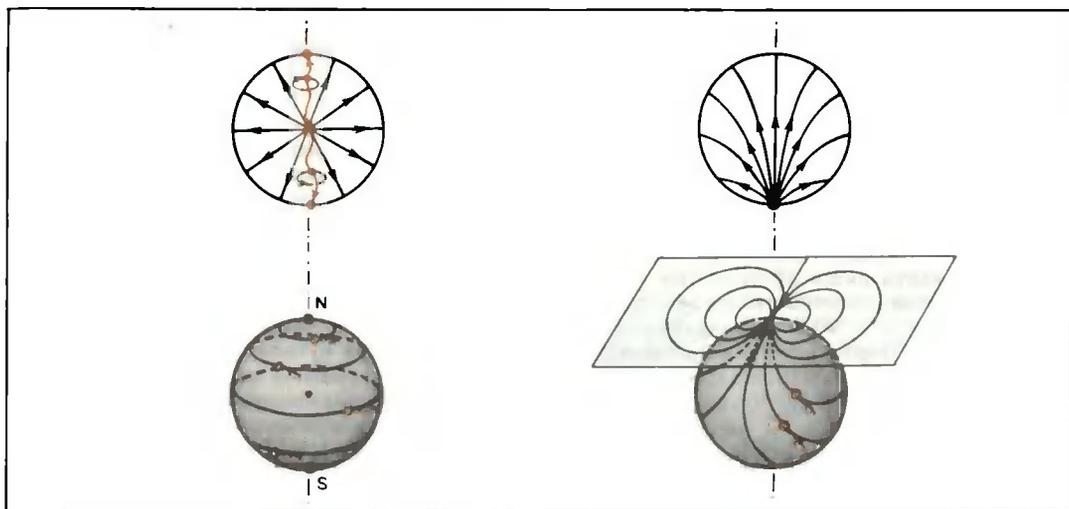
Сверхтекучий ^3He обладает сложной топологической структурой, отличающейся особенностями, которых нет в сверхтекучем ^4He . Одна из них — монополь в A -фазе сверхтекучего ^3He .

¹⁰ Циркуляцией векторного поля $\vec{a}(\vec{r})$ вдоль замкнутого контура длиной L называется контурный интеграл вида $\oint_L \vec{a}(\vec{r}) d\vec{r}$, или в координатном представлении: $\int_C a_x dx + a_y dy + a_z dz$.

Работа, совершаемая полем $\vec{a}(\vec{r})$ при перемещении пробного тела (единичной массы, заряда и т. д.) вдоль кривой L , равна циркуляции поля вдоль L .

¹¹ Подробнее о сверхтекучих фазах и других особенностях жидкого ^3He см.: Цакадзе Д. С. Сверхтекучесть в природе. — Природа, 1984, № 2, с. 3.

⁹ Михайлов А. С. Лауреаты Нобелевской премии 1984 г. По физике — К. Руббин и С. ван дер Meer. — Природа, 1985, № 1, с. 94.



Точечные особенности в А-фазе сверхтекучего ^3He . На поверхности сферического сосуда, заполненного сверхтекучим ^3He , образуются две вихревые точечные особенности (слева вверху) с циркуляциями, равными одному кванту (тонкими прямыми со стрелками изображено поле сверхтекучей компоненты скорости). Это явление допускает простую топологическую интерпретацию: поле касательных векторов на сфере имеет по меньшей мере одну особую точку. В случае вращения вокруг оси можно, например, задать это поле с помощью системы параллелей, в каждой из которых касательные векторы (цветные стрелки) строятся во всех точках. Особыми точками при этом будут северный и южный полюсы (слева вверху). Векторное поле касательных на сфере, обладающее одной особой точкой, называемой буждом (справа вверху), аналогично полю вектор-потенциала \vec{A} для монополя Дирака. Его объемное изображение и проекция на плоскость, касающуюся сферы в особой точке (справа внизу), помогают понять, как строится такое поле и почему изменение циркуляции в этой точке равно двум квантам.

вается, эта особенность может возникать из монополюльной сингулярности, расположенной в центре сосуда. Монополь перемещается к стенке сосуда, превращаясь в конце концов в точечную особенность на его поверхности. Такой монополь похож на рассмотренный выше магнитный, связанный с вакуумным состоянием типа «ежа», однако, в отличие от него, неустойчив. Он движется в сверхтекучем ^3He до тех пор, пока не достигнет стенки сосуда, где образует уже устойчивую точечную особенность.

Подобные особенности (дефекты) существуют и в других вполне классических объектах, скажем, в жидких кристаллах, где они значительно доступнее для наблюдения.

ДЕФЕКТЫ В ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

Эти дефекты обусловлены специфической расположения молекул в жидких кристаллах. Как и сверхтекучие жидкости, жидкие кристаллы можно описывать макроскопической величиной — параметром поряд-

Представим себе сферический сосуд, заполненный сверхтекучим ^3He , находящимся в А-фазе. Параметр порядка, описывающий состояние системы, в этом случае задается набором векторов $\vec{\Delta}_1, \vec{\Delta}_2, \vec{k}$, первые два из которых касательны к поверхности сосуда, а последний, представляющий собой их векторное произведение, перпендикулярен этой поверхности. Из топологической теоремы, доказанной А. Пуанкаре, следует, что поле касательных векторов на сфере всегда имеет особенность¹². Оказы-

торчат, как у ежа, произвольным образом иглы. Спрашивается, можно ли «причесать» подобного «ежа» так, чтобы ни одна игла у него не торчала. Оказывается, на сфере этого сделать нельзя. По меньшей мере в одной точке такая «прическа» будет нарушена. Поле касательных векторов на сфере, образованное «причесанными» иглками ежа, может иметь либо одну особую точку, получившую название буждом (загадочный персонаж Л. Кэрролла), либо две — хорошо всем знакомые северный и южный полюсы.

¹² Суть этой теоремы можно наглядно проиллюстрировать следующим примером. Представим себе, что из каждой точки сферы

ка. Дефекты жидкокристаллической структуры — это особенности параметра порядка. Поэтому, как и в сверхтекучих жидкостях, в жидких кристаллах изучение структуры сводится к рассмотрению топологии пространства значений этого параметра, определяющего выхождение системы. Общие топологические принципы, позволяющие классифицировать дефекты, уже излагались ранее в «Природе»¹³. В связи с этим упомянем здесь лишь об аналогии между точечными поверхностными особенностями в А-фазе ${}^3\text{He}$ и в холестерическом жидком кристалле, характеризуемом слоистым расположением молекул вещества. Центры тяжести этих молекул распределены хаотически, а сами молекулы ориентированы вдоль локальной оптической оси, направление которой задается единичным вектором \vec{n} . Состояния, определяемые векторами \vec{n} и $-\vec{n}$, неразличимы (это обстоятельство весьма существенно при топологической классификации дефектов). Определенный с точностью до знака вектор \vec{n} принято называть директором. Директор, непрерывно изменяясь при переходе от одного слоя молекул к другому, описывает в пространстве кривую, напоминающую спираль. Параметр порядка в холестерическом жидком кристалле задается, как и в А-фазе сверхтекучего ${}^3\text{He}$, тройкой векторов \vec{n} , \vec{d} и \vec{r} (\vec{d} — вектор, направленный по оси спирали, а \vec{r} — векторное произведение \vec{n} и \vec{d}), описывающей состояние системы в данной точке пространства. Сопоставляя наборы векторов, задающих параметры порядка в А-фазе ${}^3\text{He}$ и жидком холестерическом кристалле, нетрудно убедиться в аналогии (довольно оче-

видной из топологических соображений) между образованием точечных особенностей в этих двух случаях. Конечно, реальные наблюдения подобных особенностей требуют учета многих дополнительных факторов, однако сравнительно простой топологический анализ позволяет установить необходимые условия самой возможности существования таких дефектов.

Топологические особенности ярко проявляются даже в космических масштабах. Возникновение и разрушение вихревых структур в сверхтекучей нейтронной жидкости ядра пульсара приводит к удивительному, на первый взгляд, результату — внезапным изменениям угловой скорости вращения нейтронной звезды¹⁴.

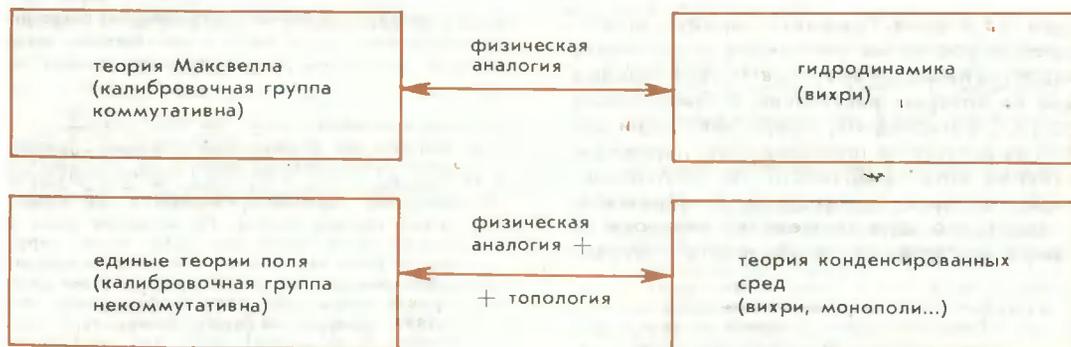
*

Приведенные примеры иллюстрируют единый подход к изучению структуры особенностей в квантовой теории поля и физике конденсированного состояния. Он основан на существенном использовании топологических методов и, безусловно, является одной из отличительных черт прогресса наших представлений о строении материи, наметившегося в последнее десятилетие.

В заключение попытаемся кратко подытожить содержание статьи схемой, верхняя часть которой относится к концу XIX в. — временам Максвелла, а нижняя — к нашим дням. Их сопоставление еще раз показывает, как далеко ушла в своем развитии за это время наука и как поразительно много было заложено в трудах одного человека — Джеймса Клерка Максвелла.

¹³ Монастырский М. И. Топология и физика. — Природа, 1979, № 5, с. 55.

¹⁴ См. сноску 11.



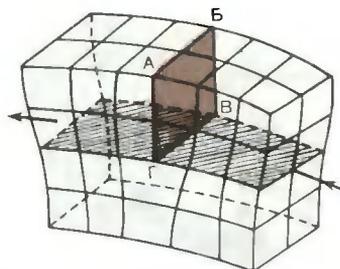
Новая профессия электрического тока

О. А. Троицкий,
доктор технических наук
Институт физической химии
АН СССР

Москва

Тепловое действие тока было открыто в середине прошлого столетия и сейчас известно каждому школьнику как эффект Джоуля — Ленца. Выяснилось, однако, что электрический ток может оказывать прямое силовое воздействие на среду, помогая деформировать ее. Такой эффект был открыт в Институте физической химии АН СССР в 1962 г. и назван авторами электронно-пластическим эффектом¹. Суть явления состоит в том, что поток электронов, созданный внутри металла электрическим током или облучением, увеличивает пластичность металла и тем самым снижает его сопротивление деформированию. Происходит это без особого нагрева, иными словами, нетермическим путем.

Недавно был открыт² и получен теоретическое истолкование³ еще один эффект, названный электронно-деформационным. По своей сути он противоположен электронно-пластическому эффекту. Оказалось, что при быстрой деформации металла внутри него возникает собственный (электродеформационный) ток. Это происходит из-за того, что движущиеся внутри металла зоны деформации и отдельные дисло-



Краявая дислокация (ВД) в кристалле есть не что иное, как край лишней атомной плоскости [АВВГ], вставленной в данном случае в верхнюю часть кристалла. Скопление дислокации происходит по горизонтальной плоскости (заштрихована) в направлении, указанном стрелками. При этом не происходит переноса масс, поскольку лишняя плоскость фактически не перемещается сама по кристаллу, а просто передает свои функции посредством переключения атомных связей соседним плоскостям. Именно поэтому дислокации могут двигаться по кристаллу с высокими скоростями.

кации увлекают за собой электроны и создают тем самым электрический ток (без приложения к образцу разности потенциалов!).

Открытие нового эффекта укрепило позиции прямого эффекта, однако не устранило необходимости в постановке уточняющих экспериментов. Прежде чем остановиться на их описании, напомним, как происходит деформация твердого кристаллического тела, в частности металла.

Деформация любого кристаллического тела происходит за счет рождения, перемещения и взаимодействия дислокаций. Основное усилие обычно затрачивается на зарождение дислокаций, а их перемещение идет уже намного легче — при механических напряжениях в несколько граммов на 1 мм² и даже меньше.

Скорость дислокаций может достигать скорости звука в твердом теле — 10^5 см/с, однако из-за различного рода препятствий они большей частью движутся с меньшими скоростями — порядка 10^{-2} — 10^2 см/с. В чем же причина столь легкого перемещения дислокаций? Ведь твердое тело — это плотная конденсированная среда. Оказывается, что при движении дислокаций не происходит существенного перемещения масс. Поясним это на примере движения краевой дислокации, которая есть не что иное, как край лишней атомной плоскости в кристаллической решетке. При внешнем воздействии эта плоскость сама не перемещается по кристаллу, а лишь передает свои функции другой, соседней плоскости (слева или справа от себя, в зависимости от направления движения дислокации). Сама же она становится нормальной плоскостью, «забрав» на себя все атомные связи, расположенной снизу атомной плоскости. Проход сквозь кристалл сотен тысяч и миллионов дислокаций приводит к значительной деформации.

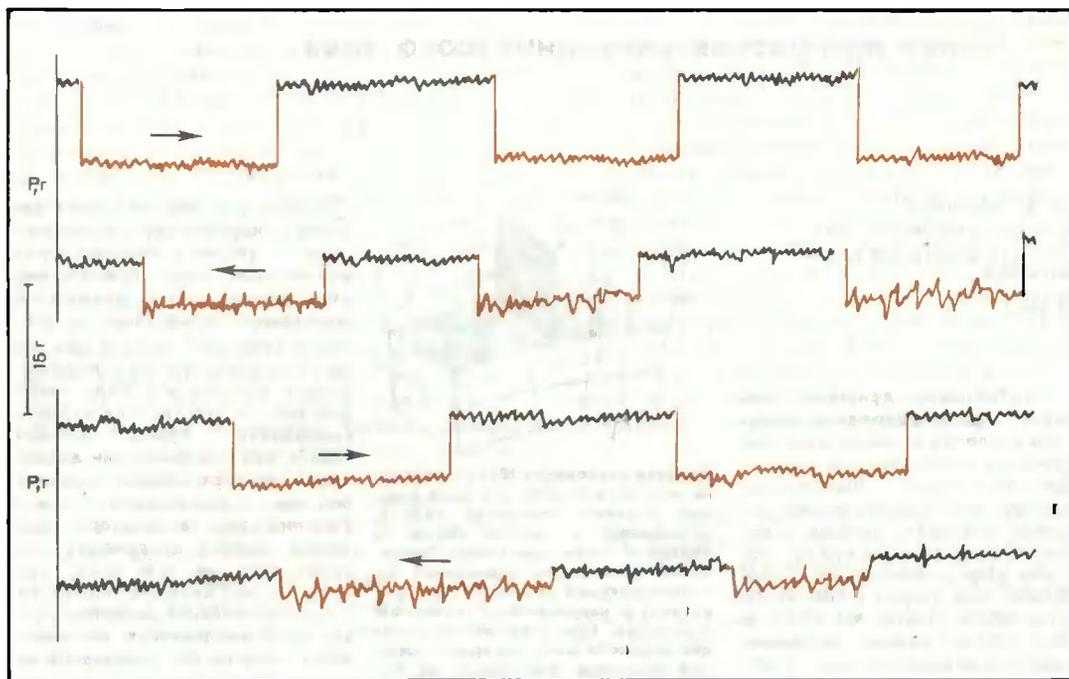
Дислокации можно уподобить складкам на большом ковре, лежащем на полу. Целью его сдвинуть трудно. Однако, прогнав по коврику несколько складок, можно достичь желаемого результата. Он будет сдвинут, причем без особых усилий. Таким образом, деформация кристалла — это зарождение и перемещение своего рода «складок» в кристаллической материи.

Свободные электроны в металле, если они не приведены в движение какой-либо внешней силой, действуют на дислокации, как тормозящая среда. Электроны поглощают энергию упругих волн дислокаций, тормозя тем самым их движение. Однако при быстрой деформации дислокации увлекают за собой электроны — в результате возникает специфический, электродефор-

¹ Подробнее см.: Спицын В. И., Троицкий О. А. Электрическая деформация металла. — Природа, 1977, № 7, с. 30.

² Троицкий О. А., Рыжков В. Г. — Письма в ЖЭТФ, 1977, т. 3, № 14, с. 680; Бобров В. С., Лебедин М. А. — Там же, 1980, т. 38, № 7, с. 334.

³ Фикс В. Б. — ЖЭТФ, 1982, т. 83, № 5, с. 1864.



Диаграммы, демонстрирующие уменьшение усилий волочения (P) медной проволоки при включении тока [цветные участки кривой]: вверху — ток импульсный, внизу — постоянный, плотность тока в обоих случаях — $3,5 \cdot 10^3 \text{ А/мм}^2$, скорость волочения $v=27 \text{ м/мин}$. Эффект наблюдается как в случае импульсного тока, так и постоянного; его величина зависит от направления тока (указано стрелками).

мационный ток или компенсирующая его разность потенциалов. Таков механизм электронно-деформационного эффекта. Иная ситуация складывается, если свободные электроны вовлечены в направленное движение приложенным внешним электрическим полем или пучком ускоренных частиц. Поглощение упругих волн дислокаций, сменяется вынужденной отдачей энергии от электронов к дислокациям, причем происходит это лишь в том случае, когда скорость электронов превышает фазовую скорость упругих волн дислокаций (или просто скорость дислокаций, если они движутся с постоянной скоростью). Иными словами, эффект носит ярко выраженный пороговый ха-

рактер, напоминая процесс передачи энергии в эффекте Вавилова — Черенкова. Экспериментально это было продемонстрировано в 1976 г.⁴, а теоретическое обоснование получило в работах В. Б. Фикса и В. Я. Кравченко⁵.

Итак, с помощью электрического тока или пучка заряженных частиц можно ускорять движение дислокаций, стимулируя тем самым холодную пластическую деформацию металла. Механические напряжения, которые создаются при этом в металле, зависят от плотности тока линейно.

Линейная зависимость напряжений и, соответственно, деформаций от плотности тока была экспериментально установлена еще в 1969 г. в опытах с кристаллами цинка⁶. Однако

измеряемые свойства кристаллов в той постановке опытов, которая была применена, могли сами линейно зависеть от нагрева кристаллической решетки. В результате не было возможности полностью отделить исследуемый эффект от эффекта Джоуля — Ленца. Нужна была новая методика, которая позволила бы четко выявить причины наблюдаемых изменений свойств металлов, полностью отделив нетепловое действие тока.

При постановке уточняющих экспериментов решено было исследовать влияние полярности тока на пластическую деформацию металла. Для эффекта Джоуля — Ленца изменение направления тока роли не играет, поскольку выделяемая мощность зависит от плотности тока квадратично.

Первый эксперимент был поставлен в 1976 г.⁷ Для его реализации нужно было создать в металле зоны деформации, движущиеся преимущественно в одну сторону. Тогда спе-

⁴ Троицкий О. А., Лихтман В. И. — Доклады АН СССР, 1963, т. 148, № 3, с. 332.

⁵ Фикс В. Б. — ЖЭТФ, 1981, т. 80, № 4, с. 1539; Кравченко В. Я. — Там же, 1966, т. 51, с. 1676.

⁶ Троицкий О. А., Розно А. Г. — Физ. тв. тела, 1970, т. 12, № 1, с. 203.

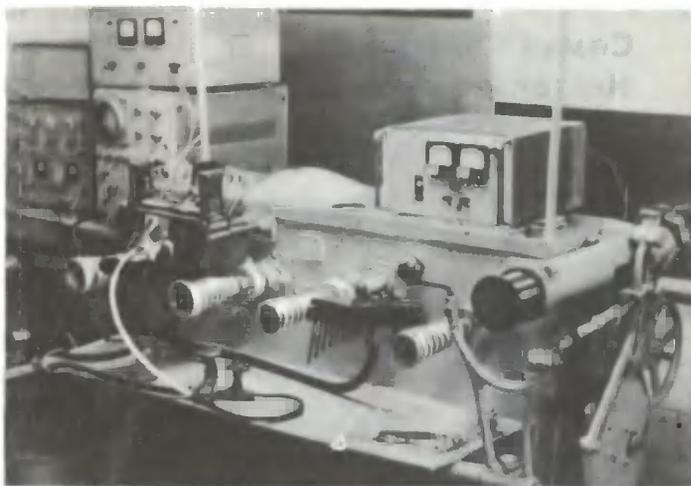
⁷ Спицын В. И., Троицкий О. А., Рыжков В. Г., Козырев А. С. — Доклады АН СССР, 1976, т. 231, № 2, с. 402.

циально созданный поток электронов, направленный в ту же сторону, мог вызвать снижение сопротивления металла деформированию за счет прямого физического действия тока (по механизму электронно-пластического эффекта), а встречный поток — только за счет теплового действия. Для проведения экспериментов была выбрана тонкая медная проволока диаметром 60 мкм, которую протягивали сквозь алмазную фильеру. В системе координат, связанной с движущейся проволокой, зона деформации бежала в определенном направлении вдоль проволоки. Через проволоку с помощью скользящих контактов пропускался постоянный импульсный ток плотностью 2,5—3,5 тыс. А/мм². Участок действия тока и фильера охлаждались водной эмульсией. Это уменьшало нагрев проволоки. Кроме того, нагреву проволоки препятствовало ее быстрое движение через зону действия тока: 0,2—0,5 м/с.

Результаты экспериментов подтвердили наличие линейной зависимости снижения сопротивления деформирования от плотности тока, а главное — в них была установлена полярность действия тока на пластическую деформацию металла. Наибольший эффект наблюдался при совпадении направления движения электронов с направлением движения зоны деформации.

В ходе эксперимента получил подтверждение также пороговый характер исследуемого эффекта. Когда скорость движения зоны деформации превышала вычисленную для данной плотности тока дрейфовую скорость электрона, полярность действия тока исчезала. В то же время при меньших скоростях наблюдаемый эффект был тем больше, чем меньше скорость движения проволоки.

Таким образом, были получены прямые доказательства существования электронно-пластического эффекта. Впоследствии аналогичные опыты были поставлены в Сибирском металлургическом институте им. С. Орджоникидзе и в Харьковском государственном университете им. М. Горького, а также и за рубежом. Они



Опытный волоочильный стан для получения медной и вольфрамовой проволоки с использованием электронно-пластического эффекта.

подтвердили наличие полярности действия тока.

Большие практические возможности использования электронно-пластического эффекта привлекли к нему внимание практиков — инженеров и технологов, занимающихся обработкой металлов под давлением. Сейчас уже созданы и выдают продукцию волоочильные и прокатные станы, работающие на новом принципе.

Чтобы ток вызвал действительно сильную пластическую деформацию, металл должен находиться под механическим напряжением вблизи предела текучести. В процессах волочения и прокатки технически важных металлов и сплавов указанное условие всегда выполняется. Электрический ток большой плотности, пропущенный через зону деформации металла в прокатном или волоочильном стане, интенсифицирует их работу.

Первые технологические эксперименты были выполнены в нашей стране в начале 70-х годов и оказались успешными. А к настоящему времени новым способом уже получены многие тысячи метров медной и вольфрамовой проволоки, вольфрамовой плющенко. Из-за высокой электропроводности медь и

вольфрам являются наиболее перспективными материалами для реализации электронно-пластического эффекта в технологических процессах. Медная проволока, полученная новым способом, обладает меньшим электрическим сопротивлением. Это открывает перспективы создания более легких высокочастотных кабелей.

Интенсификация работы волоочильных и прокатных станов обходится недорого: за 10—12 часов работы одного стана затрачивается не более 2 кВт·ч электроэнергии. Такие затраты энергии полностью окупаются улучшенным качеством продукции. Подсчитано, что перевод только одного цеха на новую технологию может дать экономический эффект более миллиона рублей в год.

Итак, родившийся в лабораториях ученых электронно-пластический эффект не только получил в последние годы новые подтверждения, но и шагнул в производство. Он может стать основой для развития прогрессивной технологии обработки металлов давлением, нацеленной на всемерную интенсификацию производства при получении продукции высокого качества.

Семья Раевских. Не только воины, но и естествоиспытатели

Р. Ф. Редин

Москва

У ИСТОКОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ХЛОПКОВОДСТВА В РОССИИ

Из исторической справки о развитии хлопководства в России известно, что до начала 80-х годов прошлого века возделывание культуры хлопчатника в России заметного экономического значения не имело, а хлопчатобумажные ткани сюда поступали из-за границы, главным образом из Англии, ввозившей хлопок-сырец из США. Начавшаяся в 1861 г. в Америке Гражданская война вызвала резкое повышение цен на хлопок. И совсем не случайно в такой исторической ситуации в 1864 г. в Москве вышла из печати брошюрка под названием «Крымский хлопок», автор которой сообщал, что в его «новокупленном имении Партенит» на Южном берегу Крыма «уже третий год, что хлопчатник разводится»: «Мысль о возможности разведения хлопчатника в Крыму возникла у меня еще зимой 1861 г., когда вследствие междуусобной войны, вспыхнувшей в Америке, почти совсем прекратился подвоз хлопка, который до тех пор эта страна снабжала Европу»¹.

Автором этого любопытного издания был Николай Николаевич Раевский (1839—1876), внук знаменитого генерала Отечественной войны 1812 г. Николая Николаевича Раевского-старшего. В 1861 г., когда Раевскому-внуку пришла в голову идея освоить в Крыму культуру хлопчатника, он был всего лишь 22-летним студентом Московского университета. Правда, при более близком знакомстве с его биографией становится ясно, что к этому времени он уже обладал данными, необходимыми для такого эксперимента. Свободно владея европейскими языками, Раевский, будучи студентом, редактировал сборник переводных

научных работ «Библиотека естественных и математических наук» Московского университета, а иногда выступал в печати и со своими заметками по вопросам практического садоводства².

Проявляя уже в годы студенчества присущий экспериментатору глубокий интерес и к теоретическим, и к практическим вопросам естествознания, Раевский в 1862 г. блестяще оканчивает Московский университет «первым кандидатом» естественных наук и завершает к 1865 г. на крымской плантации опыты по освоению культуры хлопчатника самого «товарного» качества. Образцы хлопчатника, выращенного им в Крыму, демонстрировались на Российской сельскохозяйственной выставке в Москве. А в изданной в марте 1865 г. в Симферополе брошюрке-инструкции «Руководство к разведению хлопчатника, с применением его к климату и почве Крымского полуострова» Раевский так подытожил свои опыты: «Посланные мною в Англию в прошлом году образцы хлопка, выращенные мною в моем Южно-Бережском имении из семян Си-Айланд, были найдены там отличного качества и оценены от 28 до 30 пенсов (около 90 коп.) за фунт. Факт этот, мне кажется, достаточно доказывает возможность разведения у нас самых лучших сортов хлопчатника». И далее: «Чтобы дать возможность всем желающим испробовать у себя разведение хлопчатника, я напечатал в Таврических губернских ведомостях объявление, в котором приглашаю их получить от меня семена хлопчатника, вместе с экземпляром настоящего Руководства, под одним усло-

² «Вчера я передал... редактору «Журнала и Газеты для Сельских Хозяев» статейку о виноградной болезни», — упоминал Н. Н. Раевский в письме к матери накануне появления в этой газете от 15 ноября 1861 г. его статьи «О болезни винограда в Крыму». — Архив Раевских. СПб, 1915, т. 5, с. 350.

¹ Раевский Н. Н. Крымский хлопок. М., 1864, с. 2—3.

вием, чтобы лица, взявшие от меня семена, сообщили мне в конце года подробное описание своих опытов»³.

Конечно, ощутимой пользы от освоения в Крыму культуры хлопчатника не было, поскольку под хлопковые плантации требовались обширные поля. Несомненно, однако, что без этого опыта Раевский не смог бы затем в 1869—1874 гг. с таким успехом практически доказать возможность выращивания лучших сортов хлопчатника и в Средней Азии, в те годы еще только становившейся российской окраиной.

Активный член Общества для содействия русской промышленности и торговле, возникшего в 1868 г. в Петербурге, Раевский публикует в 1869 г. в журнале этого Общества статью «О развитии и улучшении культуры хлопчатника в России и соседних с нею Среднеазиатских ханствах». Передает в Общество свою статью с анализом громадных сумм, расходовавшихся Россией за хлопок с «американского и других рынков», и с указанием на «выгоды» для России в освоении хлопчатника в Средней Азии, куда мы могли бы «направлять» и товары «наших мануфактур»⁴. При Обществе по инициативе Раевского возникла постоянная комиссия для создания в Средней Азии опытных хлопковых плантаций. В 1870 г. Раевский издает в Петербурге брошюру «Меры для развития и улучшения культуры хлопчатника на Кавказе и в Средней Азии». Распространяет в Обществе свои практические наставления «Крымский хлопок» и «Руководство к разведению хлопчатника в России» и даже «несколько пудов самых лучших семян Си-Айланда, с просьбою раздавать их всем желающим» завести опытные хлопковые плантации.

В марте 1870 г. подполковник Раевский добивается служебного перевода из Петербурга в Туркестан. А в октябре 1871 г. учреждает в Ташкенте Туркестанский отдел Общества для содействия русской промышленности и торговле и избирается первым его председателем, выступая с докладами, в частности, «Об истории Восточного Туркестана», «Об орошении земель по реке Сыр-Дарье» и на другие ак-



Полковник Николай Николаевич Раевский-внук (1839—1876), основатель Туркестанского отдела Общества для содействия русской промышленности и торговле, пионер отечественного хлопководства и шелководства, национальный герой Сербии. Фотография 1876 г.

туальные темы об экономическом потенциале этого края. При Туркестанском отделе Общества создается также музей. В такой широкий круг вопросов экономического развития Туркестана вписывалась у Раевского работа на опытных хлопковых полях. Горя желанием быстрее «перевести вопрос о разведении в Средней Азии лучших сортов» хлопчатника «из области опытов в область торговых предприятий», Раевский весной 1872 г. расширяет свои хлопковые поля в Ташкенте, заключает с «богатым ташкентским сартом» договор о засеивании им 25 десятин семенами Си-Айланда, с обязательством даже купить «весь собранный от этих семян хлопок» по цене, «выгодной для производителя», рассылает семена хлопчатника в Бухару и Коканд⁵.

Раевский выступил, кроме того, и пионером Туркестанского шелководства, издав в 1871 г. в Ташкенте брошюры «О вывозе шелковичных яичек из Турке-

³ Раевский Н. Н. Руководство к разведению хлопчатника, с применением его к климату и почве Крымского полуострова. Симферополь, 1865, с. VI. Си-Айланд — сорт хлопчатника, упоминаемый в брошюре, дает самое длинное, тонкое и прочное волокно.

⁴ Отчет о деятельности Общества для содействия русской промышленности и торговле в 1869 году. СПб, 1870, с. 26—28.

⁵ Туркестанские ведомости, 10 апреля 1872 г., с. 62.

станского края» и «О мерах для развития и улучшения шелководства в Туркестанском крае». В первой из них он писал, что по причинам низкого качества и незначительного количества шелка, получаемого из южных и юго-восточных окраин России, большая часть его к нам поступала из-за границы. Ссылаясь на «Ежегодник министерства финансов за 1869 год», Раевский напоминал, что лишь за 1857—1867 гг. импорт шелка-сырца в Россию превысил экспорт его на 21,5 млн руб. Еще внушительней были суммы за объем импорта в тот же период в Россию товаров из шелка, а в итоге, подчеркивал Раевский, «мы уплатили в пользу иностранных фабрикантов более 52 млн руб. ...сумму значительную, которая могла бы остаться в стороне и поступить в пользу нашей шелковой промышленности». Раевский настаивал на полном запрете выгодной лишь «спекуляторам» продажи коконов тутового шелкопряда за границу, ибо без этого «никакие усилия правительства и местной администрации не в состоянии будут предотвратить падения шелкомотального дела, которое и в теперешнем положении питает сотни тысяч людей, и которое... может не только сделаться источником благосостояния в Туркестанском крае, но и положить прочное основание для развития нашей отечественной шелковой промышленности»⁶. В другой брошюре Раевский писал, что «одного запрета вывоза шелковичных яичек еще не достаточно для того, чтобы обеспечить развитие нашей шелковой промышленности и дать ей возможность... вытеснить из продажи привозимые к нам теперь в огромном количестве иностранные шелковые изделия»⁷. Далее, из брошюры видно, что еще в октябре 1870 г. Раевский ходатайствовал перед начальником Заравшанского округа об открытии в городе Самарканде образцовой школы шелководства.

Четверть века спустя один из сослуживцев по Туркестану так описал Раевского: «Это был большой чудак... который мечтал... на одни свои личные средства ввести в Туркестане правильную культуру хлопка, шелководства, виноделия... Он и по внешности напоминал Дон-Кихота: высокий, худой, с длинной шеей, с своеобраз-



Герой Отечественной войны 1812 г. генерал от кавалерии Николай Николаевич Раевский-старший [1771—1829]. С гравюры С. Карделли. 1812/1813 г.

ным отпечатком заботливости на лице... Всегда обложенный массой газет и журналов... техническими книгами, брошюрами на разных языках, он искреннейше... посвящал в тайники своих знаний всякого, кто... интересуется делом». Упомянув, что при этом он не расставался с «исторической шашкой» своего деда Н. Н. Раевского-старшего, мемуарист отметил в характере его внука еще одну существенную черту: «Он гордился своим знаменитым дедом, знал наизусть все его боевые подвиги, хотел быть непременно на него похожим... и в то же время искреннейше считал самым полезнейшим для Туркестана мирное, культурное его развитие»⁸.

Действительно, в среде военных Раевский-внук выглядел «большим чудаком», тратившимся на свои эксперименты с бескорыстием Дон-Кихота. Воевал он, однако, не с ветряными мельницами, добрый десяток лет посвятив хлопчатнику. Его «чуждества» были необходимы России, чтобы дельцы увидели, что освоение хлопчатника в Туркестане — дело перспективное, вы-

⁶ Раевский Н. Н. О вывозе шелковичных яичек из Туркестанского края. Ташкент, 1871, с. 2—4.

⁷ Раевский Н. Н. О мерах для развития и улучшения шелководства в Туркестанском крае. Ташкент, 1871, с. 3.

⁸ Иванов Д. Л.— Истор. вестник. СПб, 1896, № 6, с. 851—852.

годное. И этой цели Раевский достиг, хотя был вынужден в октябре 1874 г. покинуть Туркестан, куда следом за ним устремились уже «деловые люди», капиталисты. В «Туркестанских ведомостях» уже в 1874 г. появляются статьи с весьма красноречивыми заголовками: «Туркестанский хлопок, шелк и другие товары на рынках европейской России» (№ 30), «Бухарский, Хивинский и Ташкентский хлопок на Нижегородской ярмарке» (№ 43) и др. Хлопководство в Средней Азии с начала 80-х годов развивается все более быстрыми темпами. А в 1884—1890 гг. динамика «хлопковой лихорадки» была уже такова, что посевная площадь под хлопчатником в Туркестане за эти 6 лет возросла в 200 раз! К 1900 г. Туркестан давал уже более 5 млн пудов хлопка ежегодно, что привело к возникновению и ряда новых отечественных мануфактур: Л. Кнопа, И. Познанского, В. Алексеева, В. Мандера, Ярославской большой мануфактуры и др. Прокладывается Закаспийская и начинается строительство Ташкентской железной дороги. Правда, эти «сравнительно очень большие» успехи в развитии хлопководства в России были достигнуты за счет «высокой покровительственной пошлины» на заграничный хлопок, так как, основанное на ручном труде, оно находилось еще, в сущности, «только в зародыше». Все это так. Однако уже к 1900 г. свершилось и стало непреложным историческим фактом главное: пришел конец хлопковой монополии США на мировом рынке. Россия же обрела в перспективе реальную возможность превращения в независимую хлопковую державу.

Размышляя о роли Н. Н. Раевского-внука как пионера в становлении хлопководства в России, заслугу которого в освоении хлопчатника можно назвать научным подвигом, нельзя не задуматься над тем обстоятельством, что этот талантливый человек принадлежал, между тем, к фамилии потомственных военных. Недаром на могильной плите его деда Н. Н. Раевского-старшего (1771—1829) начертана лаконичная эпитафия: «Он был в Смоленске щит, в Париже — меч России». Однако при близком знакомстве с его биографией выясняется, что большая часть его жизни прошла не в военных походах, а на мирных сельских полях в его имении, в деревенских хлопотах, согласно крылатой пушкинской фразе: «Петербург — прихожая, Москва — девичья, деревня же наш кабинет».

С какой гордостью он писал на Кавказ младшему сыну в ноябре 1827 г. из своего имения: «Мое утешение здесь — новая



Жена Н. Н. Раевского-старшего Софья Алексеевна Раевская (1769—1844), внучка М. В. Ломоносова. Портрет работы В. Л. Боровиковского.

оранжерея... удалась прекрасно, у нас [мороз на дворе] 17 градусов, а я... под грунтовыми лаврами и маслинами, окружен цветами, зеленью, пью кофей... два дерева покрыты апельсинами и померанцами⁹. Примечательно, что после его кончины Денис Давыдов в 1832 г. писал с сожалением, что в некрологии Раевского-старшего говорилось лишь о его подвигах на полях сражений и не упоминалось о мирных его трудах в сельском уединении: «Там с ежедневным восхождением солнца видели мы его в простой одежде поселенина, копающего гряды и сажающего цветы... Обладая умом просвещенным и страстью к испытанию природы... он, по окончании войны, возвращался в сельское свое убежище, к... своим цветам и огородам»¹⁰. И характерно, что эту «страсть к испытанию природы» от Раевского-старшего унаследовал и отец Раевского-внука Н. Н. Раевский-сын, ботанические занятия

⁹ Русский архив. СПб, 1908, № 3, с. 317.

¹⁰ Архив Раевских, т. 1, с. 418.



Генерал-лейтенант Николай Николаевич Раевский-сын (1801—1843), основатель Российского общества любителей садоводства и Ботанического сада в Сухуми. С портрета неизвестного художника. 1821 г.

которого определялись уже не усадебным бытом, уходившим в прошлое, а целями научных обществ России, имели общественную значимость.

К ИСТОРИИ САДОВОДСТВА В РОССИИ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX СТОЛЕТИЯ

Член Московского общества испытателей природы и почетный член Московского общества поощрения и улучшения садоводства, Н. Н. Раевский-сын (1801—1843) был одним из учредителей Российского общества любителей садоводства. В списке этого Общества Раевский зарегистрирован четвертым по старшинству вступления. Черновик устава Общества был написан Раевскому Ф. Б. Фишером, директором петербургского Ботанического сада и самым близким, пожалуй, к Раевскому из круга его «гиперборейских друзей», величавшим его с шутливой нежностью своим «дорогим собратом по флоре». Сообщение об учреждении Общества было

опубликовано в «Санкт-Петербургских ведомостях» от 6 марта 1834 г., а его устав был утвержден указом от 14 ноября 1835 г. Затем на подмосковной даче Студенец, за Трехгорной заставой, разместилось правление Общества и училище для садовников. С 1838 по 1876 г. Общество издавало в Москве свой «Журнал садоводства». О назначении Общества можно судить по программной записке Раевского:

«Цель общества садоводства»

1. ...В южной стороне Закавказского края... ввести лучшие роды лимонов и апельсинов, при этом поощрять опыты по разведению индиго... В южной России вообще, под руководством просвещенного садоводства, будут введены... все роды виноградных лоз, дающие лучшие вина; шелковица Филиппинских островов; лен Новой Зеландии... сладкий каштан; пробочный дуб и проч.; многие целительные и красительные растения.

Для средних и частью северных областей должно привести в известность все возрастающие в оных плодовые деревья...— Сей труд весьма обширен. Возьмем для примера яблоко: более 300 лет, как... известные наливные яблоки; прекрасный сей плод... успешно растет в Москве и Петербурге и теряет уже в Малороссии свою прозрачность и доброту; напротив, Малороссийские яблоки не успевают в Москве, а Синопские, коими снабжают на зиму Москву и Петербург, не созревают севернее Крымского полуострова: от незнания, как смотреть за яблонями и различать своиственные каждому климату роды, мы принуждены их выписывать из Гамбурга и Любека, несмотря на то что яблоня может произрастать почти во всей России...

2. Не одни только плодовые деревья и полезные растения будут предметом занятия Общества, но и цветы... Удовлетворение чистых удовольствий дело [тоже отнюдь] не бесполезное...

3. ...Общество заведет училище для садовников, которые понесут во все стороны Государства искусство сохранять и размножать сродные их климату растения и постепенно усваивать и растения южных сторон. А тех, кому состояние дозволяет, Общество научит строить и содержать дешевые теплицы... Наконец, Российскому обществу садоводства... следует приобрести растения... южной Сибири, Малой и Сред-

ней Азии, Персии, наших Американских областей и Китая»¹¹. Такова была составленная Раевским впечатляющая программа садоводства для всей России.

А в 1838—1841 гг., будучи начальником Черноморской береговой линии, Раевский приступает по сути к реализации 1-го пункта этой программной Записки об акклиматизации растений тропической и субтропической флоры на Черноморском побережье Кавказа. Масштабная, с охватом почти всех укреплений на побережье от Анапы и до Сухуми, интродукционная работа Раевского еще при его жизни была описана в геоботаническом очерке И. Т. Радожицкого «Взгляд на флору Восточного берега Черного моря», с приложением списка 200 растений, «замеченных» на побережье дико растущими, и списка 64 «экзотических» культурных растений, уже произраставших «открыто» в основанном в 1840 г. Раевским Сухумском «военно-ботаническом саду»¹².

Раевский посылал с Кавказа «для определения» свои гербарии Ф. Б. Фишеру, в многочисленных коллекциях растений кавказской флоры которого в Ботаническом саду Академии наук, возможно, таким образом, были и экземпляры Раевского. Содержательными были контакты Раевского и с Н. А. Гартвисом, вторым директором Никитского сада. В результате подобных контактов были посланы две экспедиции Никитского сада за посадочным материалом: одна — в Бомборы, Пицунду и Сухуми с участием лесничего Енша и Степана Пименова в 1837 г., другая — в Имеретию, Абхазию и Ахалцыхские горы с садовником Витманом в 1839—1841 гг., причем обе действовали по указанию и под руководством Раевского. Знаток декоративного пловодства и садоводства, Гартвис снабжал Раевского декоративными и фруктовыми деревьями для Новороссийска и других укреплений, командировал садовника Регнера для разбивки «военно-ботанического сада» в Сухуми. Только в Новороссийск, основанный Раевским в 1839 г., поступило из Никитского сада в 1840 г. 500 фруктовых деревьев, а в 1841 г. — 10 тыс. виноградных лоз. Посадочный ма-

териал под наблюдением Раевского поступал также из его сада в Карасане и из крымских садов М. С. Воронцова.

О военно-ботаническом саду в Сухуми в феврале 1840 г. Раевский писал в служебной бумаге следующие, нетипичные для генералов кавказской армии строки: «Недавно [мною] предписано приступить к осушению болот в Сухуми... Край изобильно производит виноград, шелковицу, оливы, рис и хлопчатую бумагу; некоторые [мои] опыты дают надежду, что там будут произрастать: пробочный дуб, апельсинное, чайное, кофейное, камфарное дерево, индиго и лен Новой Зеландии»¹³. Директором этого сада по ходатайству Раевского в 1840 г. был назначен Владимир Иванович Багриновский, исключенный в 1838 г. из Виленского университета и посланный рядовым на Кавказ за неблагонадежностью. Уже осенью 1840 г. из сада было взято для рассадки в береговых укреплениях 6 тыс. корней различных кустарников и деревьев. А в 1841 г. выяснилось, к примеру, что персики и миндаль в Сухуми «разводятся» прямо от косточек, а новозеландский лен — отростками и что цитрусовые, пересаженные из горшков в грунт, спокойно зимуют на открытом воздухе.

Однако в дальнейшем судьба Ботанического сада в Сухуми, дважды — в 1854 и 1878 гг. — вырубавшегося турками, сложилась счастливо только после Октябрьской революции, когда он поступил в ведение Академии наук Грузинской ССР. А из посадок Раевского на Черноморском побережье Кавказа дошли до нашего времени некоторые тополевые, фиговые и древесные насаждения, некоторые сорта винограда. Предсказания же Раевского об Абхазии сбылись почти полностью: сейчас там имеются большие чайные и цитрусовые плантации, значительные посадки пробкового дуба и новозеландского льна. В целом же можно отметить, что Раевский-сын в области садоводства выступил с просветительской миссией (систематизация самих знаний по садоводству) и положил начало практическим опытам по акклиматизации на Кавказе культурных растений тропической и субтропической флоры. Итак, очевидно, что в активе Н. Н. Раевского-внука была просвещенная любознательность и имелись известные навыки в ботанических опытах его отца и деда. Не случайно и его младший брат М. Н. Раевский также стал естествоиспытателем.

¹¹ Архив Раевских, т. 2, с. 266—267.

¹² Журнал садоводства. М., 1842, № 5, с. 20—43, 44—49. См. об этом также: Некрасова В. Л. Николай Николаевич Раевский (1801—1843). Материалы к истории интродукции растений на Кавказе и в Крыму. — Тр. Гос. Никитского ботанического сада. Симферополь, 1948, т. 25, вып. 1—2, с. 179.

¹³ Архив Раевских, т. 3, с. 356—359.



Генерал-майор Михаил Николаевич Раевский [1841—1893], президент Российского общества любителей садоводства и один из основателей Российского общества плововодства, автор книги «Плодовая школа и плодовый сад». Фотография 1876 г. [1].

К ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ПЛОДОВОГО САДОВОДСТВА НА ЮГЕ РОССИИ

Поступив в одно время со старшим братом в Московский университет, но на физико-математический факультет, Михаил Николаевич Раевский (1841—1893) в студенческие годы увлекается астрономией и с университетским другом М. А. Хандриковым, впоследствии известным астрономом, посещает обсерваторию Лондона, Парижа и Рима, знакомится со знаменитым астрономом А. Секки и мечтает посвятить себя этой науке. Данью этому увлечению был совместный его перевод с Хандриковым и издание в 1864 г. сочинения французского математика Ф. Муаньо «Лекции вариационного исчисления», долгое время потом служившего важным пособием для студентов-математиков Московского университета.¹⁴

¹⁴ Муаньо Ф. Лекции вариационного исчисления. М., 1864. «Главная цель нашего издания», — уведомили Раевский и Хандриков на титульном листе этого капитального тру-

Поступив, по семейной традиции, на военную службу, М. Н. Раевский позднее предпочел, однако, должности командира полка должность сперва директора Департамента общих имуществ, затем директора Департамента земледелия. М. Н. Раевский сыграл, пожалуй, самую видную роль в развитии плодового садоводства в России последней четверти XIX столетия, а его деятельность в этой области отмечена яркой печатью фамильной преемственности. Президент Российского общества любителей садоводства, одним из учредителей которого был его отец, и автор капитального, многократно переизданного труда «Плодовая школа и плодовый сад», М. Н. Раевский в предисловии ко 2-му его изданию подчеркивал, как и его отец, мысль о необходимости всемерного развития отечественного садоводства: «Наши столичные рынки все еще принуждены... вести торговлю преимущественно иностранными фруктами, между тем как эти продукты легко могли бы быть поставляемы нашими южнорусскими садами... Не менее прискорбно видеть, что русскому садовладельцу, за почти полным отсутствием хороших садовников и недостатком рациональных познаний по плововодству, приходится, по большей части, доверять судьбу своего сада какому-нибудь малосведущему иностранцу... или доморощенному пловоду»¹⁵. Автор, кроме того, отмеченного премией реферата «О плововодстве в Крыму», М. Н. Раевский является одним из 24-х учредителей в 1891 г. в Петербурге Российского общества плововодства, подписавших устав и ходатайство об его учрежде-

да французского математика, — заключается в том, чтобы сделать его доступным для людей, не располагающих большими средствами» (с. 4). След увлечения М. Н. Раевского астрономией остался и в одном из его стихотворений:

Мне нужны крылья... Нет, ладью,
Корабль подайте мне готовый!
Увидеть Южный Крест хочу
И с ним толпу созвездий новых.
Природы ключ хочу понять.
За той синющей границей
Мне будет легче прочитать
Другие звездные страницы...

Раевский М. Н. Стихотворения. СПб, 1894, с. 37.

¹⁵ Раевский М. Н. Плодовая школа и плодовый сад. СПб, 1914, с. XI—XII. Задавшись целью «восполнить пробел в нашей... очень небогатой плововодческой литературе», М. Н. Раевский сначала издал в 1882 г. 1-ю часть этой книги: «Плодовая школа. Руководство для культуры плодовых деревьев в южной России», а в 1884 г. ее 2-ю часть: «Плодовый сад», слившиеся в последующих изданиях под одним заглавием.

нии, а затем и авторитетным корреспондентом журнала этого Общества.

Отсюда очевидно, стало быть, и то, что созидательное отношение к природе России у представителей трех поколений Раевских каждый раз проявлялось на ином, более высоком уровне. Если Раевский-старший «ботанизирует» еще без кабинетной учености у себя в усадьбе, «в свое удовольствие», то его сын мыслит уже как организатор и просветитель в области садоводства в масштабах России и приступает к практической реализации своей программы развития садоводства на Черноморском побережье Кавказа; один из его внуков становится автором актуальных трудов по практическому плодоводству в южной России, а другой, движимый мыслью сделать Россию хлопковой державой, первый осваивает, с чутьем и упорством прирожденного экспериментатора, важнейшую техническую культуру, которую мы именуем сегодня нашим белым золотом. Следует помнить, однако, что для многолетних, накладных и трудоемких опытов Н. Н. Раевского-внука с хлопчатником потребовались немалые средства и что без щедрой финансовой помощи его матери А. М. Раевской он, безусловно, попал бы в число прожектеров, тоже пытавшихся, но без успеха, заняться этой «капризной» культурой.

НЕОБХОДИМЫЙ ЭСКИЗ К СЕМЕЙНОМУ ПОРТРЕТУ РАЕВСКИХ

Дочь видного военачальника Отечественной войны 1812 г. генерала М. М. Бороздина¹⁶, Анна Михайловна Раевская (1820—1883) обладала редкостным сочетанием деятельной натуры, возвышенного ума и золотого сердца. Недаром ее биография-некролог принадлежит перу ученого, известного антрополога Д. Н. Анучина, а Русский биографический словарь с похвалой называет ее «энергичной и просвещенной матерью».

Член-корреспондент Московского археологического общества, неперенный



Жена Н. Н. Раевского-сына Анна Михайловна Раевская (1820—1883), дочь М. М. Бороздина, член-корреспондент Московского археологического общества, неперенный член Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии, член-соревнователь Русского географического общества, член Российского общества Красного Креста. Акварель М. Штоля. 1846 г.

член Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии и член-соревнователь Русского географического общества, А. М. Раевская при содействии отечественных и зарубежных ученых составила значительные в научном отношении коллекции «древностей» в то время, когда археологические исследования в России еще едва начинались. «В 1860-х годах, когда проблема каменного века стала в центре внимания русских ученых,— пишет археолог А. А. Формозов,— самыми большими фондами материалов по этой проблеме оказались вовсе не коллекции академических музеев, а частные собрания Н. Ф. Бутенева и А. М. Раевской»¹⁷.

¹⁶ Генерал М. М. Бороздин командовал 8-м пехотным корпусом, сражавшимся в Бородинской битве вместе с 7-м пехотным корпусом генерала Н. Н. Раевского на участке между Шевардиным и батареей Раевского. И если Толстой в «Войне и мире» выделяет в Бородинской битве особо батарею Раевского, то Данилевский в «Сожженной Москве» именует ее «битвой гигантов», «битвой шести Михаиллов»: М. И. Кутузова, М. Б. Барклая, М. Б. Милорадовича, М. С. Воронцова, М. М. Бороздина и наполеоновского М. Нея.

¹⁷ Формозов А. А.— Сов. археология, 1981, № 3, с. 97. О коллекциях А. М. Раевской см. также: Формозов А. А. Начало изучения каменного века в России. М., 1983, с. 15—16, 39, 41.

Грандиозная Антропологическая выставка, организованная в 1879 г. в Москве Обществом любителей естествознания, антропологии и этнографии и превратившаяся, по сути дела, в научный конгресс, оказалась возможной как раз благодаря демонстрации археологических экспонатов из частных коллекций. В каталоге выставки значатся две коллекции А. М. Раевской: каменных орудий, найденных в России и Финляндии, и «бронзовых древностей», найденных в России¹⁸. Московскому Публичному (Румянцевскому) музею Раевская в 1865 г. принесла в дар ценную коллекцию «древностей» из Швейцарии, Франции и Германии и часть своей нумизматической коллекции, состоявшей из 25 тыс. старинных монет и медалей, после ее кончины, к сожалению, утраченной. А из каталога Дашковского этнографического музея, изданного в 1877 г., видно, что Московскому Публичному музею Раевской были принесены в дар также национальные костюмы народов России, различные предметы домашнего обихода и даже старинные музыкальные инструменты из Грузии. Раевская составила хорошую коллекцию ископаемых аммонитов и раковин головоногих моллюсков, имевшую, по словам Д. Н. Анучина, прямое отношение к теории эволюции Дарвина. И просветительское значение пожертвований Раевской первому отечественному Публичному музею было велико потому, что относилось ко времени, когда в России археология только формировалась как наука.

Немалый интерес представляют узы свойства А. М. Раевской с сестрами ее мужа, женами декабристов М. Н. Волконской и Е. Н. Орловой, со свекровью, внучкой М. В. Ломоносова С. А. Раевской. 22 января 1839 г. в Москве состоялась свадьба Н. Н. Раевского-сына с А. М. Бороздиной, а 7 ноября того же года он сообщил сестре М. Н. Волконской в Сибирь о рождении своего старшего сына: «Дорогая Мария! Только что закончилась кампания, которая для меня, как военного, оказалась самой удачной; но я заработал воспаление печени, длившееся пару месяцев. Однако теперь я чувствую себя превосходно, что оказалось весьма кстати, так как моя жена позавчера разрешилась от бремени и сделала меня отцом мальчика, толстого как

страсбургский гусь, крепкого и темноволосого, как его отец, с большими черными глазами... Мы назовем его Николаем. Вы — его крестная мать... Прощайте, моя жена напишет Вам более пространно дней через 10»¹⁹. Неравнодушная к судьбе М. Н. Волконской, А. М. Раевская участвовала в удавшихся хлопотах о приезде по болезни М. Н. Волконской в Москву из Сибири в 1855 г. — за год до амнистии декабристов.

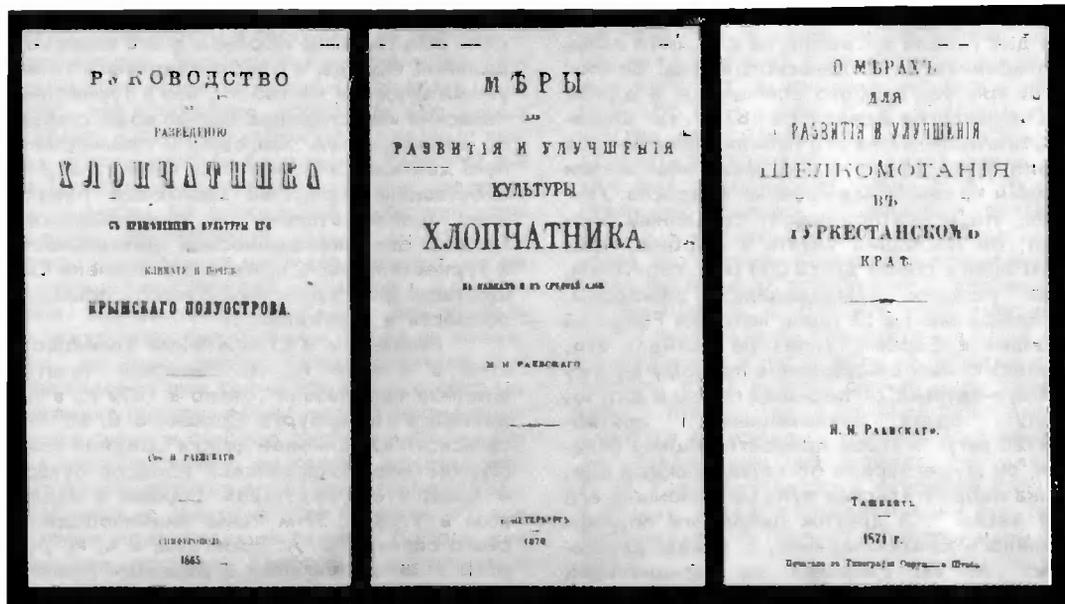
Ревниво относилась А. М. Раевская к ломоносовскому наследию семейства Раевских. Известно, что Е. Н. Орловой принадлежали академические бумаги М. В. Ломоносова, переплетенные в два тома в темно-зеленой коже с вытесненными золотыми буквами заглавием «Портфель Ломоносова»²⁰. Эти бумаги Ломоносова из «Портфе-

¹⁹ Центр. гос. военно-исторический архив СССР, ф. 90, оп. 1, ед. хр. 165 (франц.). Перевод С. Е. Романовой.

²⁰ А. Н. Раевскому принадлежал портрет Ломоносова кисти неизвестного художника XVIII в. (Гос. Истор. музей, Москва) и серебряный чайный сервиз, подарок императрицы Елизаветы Ломоносову. Н. Н. Раевскому принадлежал из этого сервиза серебряный поднос с вытесненными инициалами «М. Л.». Любопытно, что, после того как Е. Н. Орлова, которой из семейных реликвий Раевских принадлежали также письма Н. Н. Раевского-старшего и рукопись его «Замечаний» о книге Д. П. Бутурлина об Отечественной войне 1812 г., преподнесла в 1848 г. в подарок сыну С. Г. и М. Н. Волконских Мише рукопись Ломоносова, А. М. Раевская, не скрывая досады, написала Е. Н. Орловой: «Знаете ли вы, что ваш подарок Мише [Волконскому], одна из рукописей Ломоносова, вызовет у других [пра-пра] внуков этого замечательного человека ревность ввиду отданного ему предпочтения... особенно у моих Коли и Миши, у коих в личном владении и вовсе нет ни одного предмета из обихода Ломоносова: все, чем располагают они, — это одно серебряное блюдо на двоих, тогда как Сашок (дочь А. Н. Раевского. — Р. Р.) одна обладает многими предметами столового серебра, а Миша [Волконский] — рукописью, ценность которой, между тем, неизмеримо выше и нашего блюда, и столового серебра Сашка, взятых вместе. Мои же дети обделены и в том, что имеет отношение к памяти их деда Раевского: у них всего лишь пара его походных подсвечников... и ни одного письма, ни единого листика его заметок о войне 1812 года, а ведь они его внуки и носят его фамилию». — Архив Раевских, т. 4, с. 260 (франц.). Перевод В. М. Орлова.

Обладателями бумаг Ломоносова были также П. А. Муханов и П. П. Свинын, приобретшие их в начале 20-х годов, вероятно, у Е. Н. Орловой. Первое печатное сообщение о наличии бумаг Ломоносова у Е. Н. Орловой сделано А. Ф. Вельтманом в 1839 г. Публикацию части этих бумаг осуществил П. Р. Биллярский в 1864 г. (см.: Зап. Академии наук. СПб, 1864, т. 5, с. 94, 104,

¹⁸ Анучин Д. Н. Антропологическая выставка 1879 года. Описание предметов выставки. Вып. 2. Доисторический отдел. М., 1879, с. 7, 9.



Титульные листы книг Н. Н. Раевского-внука.

ля» Орловой приводились в порядок А. М. Раевской с помощью литератора А. В. Никитенко для публикации, чтобы ввести их в научный оборот. Потомки Ломоносова по женской линии, Раевские о таком почетном родстве, как правило, умалчивали²¹. Тем любопытнее, что в апреле 1865 г., когда в Петербурге отмечалось 100-летие со дня кончины Ломоносова, в качестве особо почетных гостей были приглашены его потомки: сыновья декабристов М. С. Волконский и Н. М. Орлов,

братья Н. Н. и М. Н. Раевские, Е. Н. Орлова, С. Н. Раевская и А. М. Раевская. Из них на празднике отсутствовали М. С. Волконский по болезни и Н. Н. Раевский, находившийся в это время на своей опытной плантации хлопчатника в Крыму. А. М. Раевская отметила эту знаменательную дату учреждением в Московском университете студенческой стипендии для уроженцев из Холмогор, родины Ломоносова. В ходатайстве, написанном по ее поручению А. В. Никитенко на имя президента Академии наук, говорится: «Имея честь считать Ломоносова в числе предков моего покойного мужа, я желала бы... принести и свою посильную дань его священной памяти, которая мне драгоценна вдвойне — как вдове одного из его потомков и как русской... Я желала бы, чтобы стипендия, мною учреждаемая, была названа Ломоносовскою стипендию Раевского, по имени моего покойного мужа... Анна Раевская»²².

Умная доброта А. М. Раевской хорошо известна была и в Русском географическом обществе. Это благодаря ее финансовой помощи Н. Н. Миклухо-Маклай смог продолжить в 1879 г. свое австралийское путешествие²³.

236—237). Полное описание бумаг Ломоносова из «Портфеля» Е. Н. Орловой сделано П. П. Пекарским в 1873 г. (см.: История Академии наук. СПб, 1873, т. 2, с. 954—963). В 1899 г. по просьбе академика М. И. Сухомлинова ломоносовский «Портфель» был передан последней его владелицей Елизаветой Николаевной Орловой в Академию наук (см. ее письмо к академику В. И. Вернадскому от 14 июля 1929 г.— Архив АН СССР, ф. 20, оп. 6, № 38).

²¹ Даже сама внучка Ломоносова, мать Раевских, Софья Алексеевна, посылая в 1825 г. губернатору Архангельска 1 тыс. руб. на сооружение памятника Ломоносову, писала при этом: «Чрез газеты узнала я о истинно патриотическом предприятии... воздвигнуть памятник знаменитому Ломоносову на его родине. Как... одной из его ближайших родственниц, Вы позволите мне быть участницей в похвальному предприятию Вашем... Прошу [однако] не именовать меня в публикациях на сей предмет. Софья Раевская». — Архив Раевских, т. 4, с. 673.

²² Там же, т. 5, с. 468—469.

²³ Семенов-Тянь-Шанский П. П. История полувековой деятельности Русского географического общества. СПб, 1896, ч. 2, с. 398.

К тому времени минуло уже 3 года со дня гибели в Сербии ее старшего сына, полковника Н. Н. Раевского-внука. Вопрос этот требует особого освещения. В одном из некрологов в сентябре 1876 г. так описаны обстоятельства его гибели: «Славянское дело было для него в течение всей жизни одним из самых задушевных вопросов. Увидев, что война принимает серьезный оборот, он поспешил уехать в Сербию, причем взял с собой до 50 000 руб. серебром, для раздачи нуждающимся офицерам. В продолжение 13 дней, которые Раевский провел в Сербии, успех не покидал его; нанося сильное поражение правому флангу Абдул-Керима, он перешел потом к Андروвацу... Здесь, атакованный 1 сентября/20 августа втрое превосходящими силами, он мужественно отстаивал каждый шаг, пока неприятельская пуля не положила его на месте»²⁴. В другом некрологе подчеркивалось самообладание, с каким держалась А. М. Раевская на официальной траурной церемонии прощания с телом ее сына в Белграде: «Госпожа Раевская выказала себя достойной матерью такого сына... она не изнемогла под неожиданным тяжелым ударом. Напротив, она даже интересуется политикой, расспрашивает о ходе [военных] дел, старается со своей стороны оказать посильную помощь тому делу, которому уже принесла такую громадную жертву. У такой матери должен был быть такой сын»²⁵.

Из Белграда гроб с телом Раевского морем был доставлен в Одессу, откуда в газету «Новое время» 17 сентября поступила следующая телеграмма: «Вчера привезено сюда на пароходе «Меттерних» тело убитого Раевского и поставлено в соборе. Сегодня, после панихиды, оно перевезено на железную дорогу, сопровождаемое родными, бывшими сослуживцами Одесского военного округа, должностными лицами, членами Славянского болгарского общества и громадную толпою народа. Похороны назначены во вторник, в имени Болтышка, близ Елизаветграда»²⁶.

В некрологах Н. Н. Раевского-внука речь шла главным образом о его воинском подвиге. Правда, в одном некрологе также упоминалось, в частности, что в Туркестане Раевский «всесторонне изучал край, старался развить в нем торговле и промышленную деятельность, и в этих видах завел на собственные средства хлопковые плантации, шелкомотальни и виноградники... Польза его экономической деятельности в Туркестане была признана и оценена Обществом для содействия русской промышленности и торговле»²⁷.

Пионером в становлении хлопководства в России Н. Н. Раевский печатно впервые был назван только в 1892 г., в изданной в Петербурге брошюре В. И. Масальского «Хлопковое дело в Средней Азии (Туркестане, Закаспийской области, Бухаре и Хиве) и его будущее». Однако в изданном в 1903 г. 37-м томе энциклопедического словаря Ф. А. Брокгауза и А. И. Эфрона главной фигурой в развитии хлопководства в России назван был промышленник Т. С. Морозов. Затем в изданном в 1907 г. в Петербурге «Путеводителе по Туркестану и железным дорогам Ташкентской и Средне-Азиатской на 1907—1908 годы» пионером хлопководства в России снова был назван Раевский. Наконец, в изданном в 1910 г. 15-м томе Русского биографического словаря уже прямо подчеркивалось умышленное замалчивание имени Раевского в деле освоения лучших сортов хлопчатника в Туркестане. Подчеркивалось также, что в октябре 1874 г. Раевский был вынужден даже уехать из Туркестана из-за «грязных интриг» дельцов, начавших по его «примеру» устраивать там хлопковые плантации. Причем «конкуренты» Раевского тоже вскоре вынужденно покинули Туркестан, но за корыстные махинации. «За попользования хищнического свойства камерюнкер С-в был лишен придворного звания и сослан в Сибирь на поселение, а барон Н. угодил прямо на каторгу», — писал в «Историческом вестнике» член Государственного совета и управляющий Туркестанской контрольной палаты В. П. Череванский, бывший в Ташкенте еще при Раевском вице-председателем Туркестанского

²⁴ Всемирная иллюстрация, 11 сентября 1876 г., с. 194.

²⁵ Новое время, 13/25 сентября 1876 г., с. 2. Уместно подчеркнуть здесь, что А. М. Раевская была также членом Российского общества Красного Креста и ее активное участие в этом Обществе отмечалось в печати (см.: Русский архив. СПб, 1892, № 7, кн. 2, с. 380). А. М. Раевская участвовала также в денежных пожертвованиях на воспитание детей русских добровольцев, погибших в 1876—1878 гг. в Сербии.

²⁶ Новое время, 19/31 сентября 1876 г., с. 1. По завещанию А. М. Раевской на месте его гибели в Сербии в 1903 г. воздвигнут храм Троицы, главная достопримечательность для туристов в югославском городе Алексинаце в наши дни.

²⁷ Всемирная иллюстрация, 11 сентября 1876 г., с. 194.

отдела Общества для содействия русской промышленности и торговли. «В ту пору,— продолжал Череванский,— о Туркестанском крае в [петербургском] обществе имелось представление исключительно как о стране, в которую стремятся голодные люди поесть вкусной баранины». Раевский же в Туркестане «сосредоточил свои средства и помыслы на разведение американского хлопка, виноградной лозы, сухолюбивого риса, культурного шелководства и т. п., не выпрашивая субсидий, гарантий и монополии. Не располагая, однако, опытностью и искусством наращивания рубля на копейки, он нес массу непроизводительных расходов и при своих громадных доходах нередко голодал в самом простом значении этого слова; к счастью, затраты и усилия его не пропали даром: он первый доказал возможность разведения в Туркестане хлопка... Английские мануфактуристы дали об его хлопке превосходный отзыв... Дорого или дешево достался Раевскому достигнутый им успех, но заслуга его перед родиною несомненна. Правда, впоследствии, когда разведение хлопка ...приняло широкие размеры, местные льстецы начали приписывать всю заслугу своим патронам, но да будет им стыдно за то, что они умышленно замалчивают и поныне труды Раевского на этом поприще... Турецкая пуля свалила его за Дунаем... Не опустить ли нам, хоть мысленно, лавровый лепесток на его могилу?»²⁸

²⁸ Череванский В. П.— Истор. вестник. СПб, 1895, т. 12, с. 656—658.

В наше время имя Раевского-внука как пионера в освоении культуры хлопчатника в Средней Азии упоминалось впервые в 1975 г. в журнале «Вопросы истории» (№ 8), в статье Н. А. Халфина «Общество для содействия русской промышленности и торговли и Средняя Азия». Затем был опубликован очерк Б. В. Лунина «Николай Раевский — жизнь и деятельность», в котором несколько полнее освещена его роль в освоении хлопчатника в Средней Азии. «К сожалению,— справедливо замечает Б. В. Лунин в этом очерке,— имя и деятельность Раевского ...в наши дни принадлежит к числу если не забытых полностью, то во всяком случае мало известных»²⁹. Между тем в научных библиотеках имеются материалы с самыми достоверными сведениями по вопросу о вкладе Н. Н. Раевского-внука в освоение сначала в Крыму, затем в Средней Азии культуры хлопчатника — белого золота нашей Родины.

В целом же, поскольку выше шла речь также о деятельности Н. Н. Раевского-сына и М. Н. Раевского по развитию садоводства, интерес к ним в этой области вызван еще и тем, что они выступили инициаторами в основании актуальнейших отечественных научных обществ: Российского общества любителей садоводства, Российского общества плодоводства и Туркестанского отдела Общества для содействия русской промышленности и торговли.

²⁹ Лунина Б. В.— Обществ. науки в Узбекистане, 1977, № 8, с. 46.

К ЧИТАТЕЛЯМ «ПРИРОДЫ»

Подписка на журнал «Природа» не ограничена и принимается во всех отделениях связи на любой срок с любого месяца.

Цена одного номера — 80 к.

Подписная цена:

на квартал — 2 р. 40 к.,

на полугодие — 4 р. 80 к.

Индекс 70707.

Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в редакцию журнала по адресу: 117049, ГСП-1, Москва, Маро-новский пер., 26.

Гамма-источник Геминга: белый карлик, вращающийся вокруг черной дыры!

Г. С. Бисноватый-Коган,

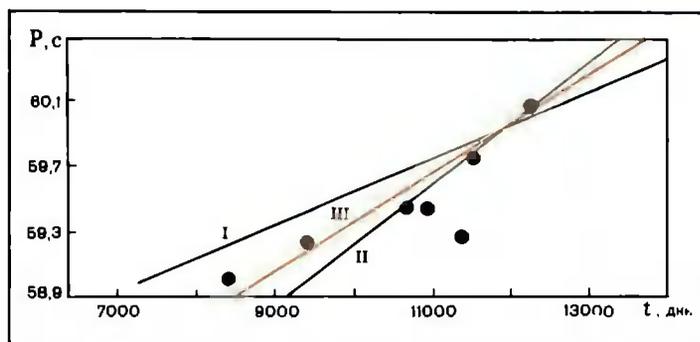
доктор физико-математических наук

Институт космических исследований
АН СССР
Москва

Открытый в 1975 г. на спутнике SAS-II объект Геминга сразу же привлек внимание исследователей — он второй по яркости γ -источник в области энергий, превышающих 50 МэВ (после известного радиопульсара Vela)¹. Кроме огромной яркости для Геминга характерно, как оказалось, наличие периода (59 с) в принимаемом сигнале.

Настойчивые попытки отождествить Гемингу с рентгеновскими и оптическим объектами увенчались успехом. В квадрате ошибок Геминги был найден слабый рентгеновский источник; после тщательного исследования на космической обсерватории «Эйнштейн» удалось установить, что это переменный источник, причем период его также составляет около 59 с. Единственным оптическим кандидатом на отождествление оказалась очень слабая оптическая звезда с видовой величиной $21,7 \pm 0,3$. Ее свойства пока не изучены, но нет сомнений, что она уже исследуется на ряде больших телескопов.

Рентгеновские исследования Геминги, проведенные со спутников «Эйнштейн» и «Экзосат», выявили еще одну удивительную особенность этого объекта: период, единый для рентгеновского и γ -диапазонов, регу-



Зависимость орбитального периода P вращения двойной системы от времени. Точки — данные наблюдений, линии — теоретические расчеты для различных полных масс системы: I — $M=3M_{\odot}$; II — $M=7M_{\odot}$; III — $M=5M_{\odot}$. Как видно, в случае III расчеты лучше всего соответствуют наблюдениям.

лярно возрастает с поразительно малым по звездным масштабам временем удвоения (несколько сотен лет)². Существенный вклад в изучение Геминги внесли советские астрономы, работающие на Крымской обсерватории АН СССР, Ю. Л. Зыскин и Д. Б. Муканов; они обнаружили периодические сигналы от Геминги в области γ -квантов с энергией, превышающей 10^6 МэВ.

Следующая особенность Геминги — распределение энергии в интегральном спектре. Отношение потока γ -квантов (в области 50 МэВ) к рентгеновскому потоку (0,5 — 4 кэВ) огромно, оно составляет 10^4 . Почти столь же велико отношение рентгеновского потока к оптическому — $2 \cdot 10^3$.

Удивительные свойства

Геминги не на шутку озадачили теоретиков. В последние годы многие ранее необычные объекты, такие, например, как пульсары, рентгеновские источники, стали вполне привычными и их свойства более или менее успешно удалось объяснить с помощью нейтронных звезд — одиночных или входящих в состав тесных двойных систем, аккрецирующих или излучающих за счет потери вращательной энергии. Лишь в немногих случаях понадобилось привлечь черную дыру: а известном рентгеновском источнике Лебедь X-1 и, возможно, еще и в двух-трех аналогичных объектах.

Однако для Геминги привычные соображения не сработали. Действительно, если период связан с собственным вращением нейтронной звезды и происходит аккреция, то почему период растет, а не уменьшается, как в большинстве рентгеновских пульсаров? Если же это — период прецессии аккреционного диска, то почему он растет столь быстро? Кроме того, энергия вращения одиночной нейтронной звезды слишком мала при таком большом периоде вращения, чтобы объяснить наблюдаемую светимость. (Напомним, что по наблюдениям в оптике и рентгене расстояние до Геминги принимается равным 100 парсекам.) Что касается необычного спектра, то не

¹ Об этом объекте см., напр.: Митрофанов И. Г. Космический γ -источник Геминга. — Природа, 1983, № 11, с. 103.

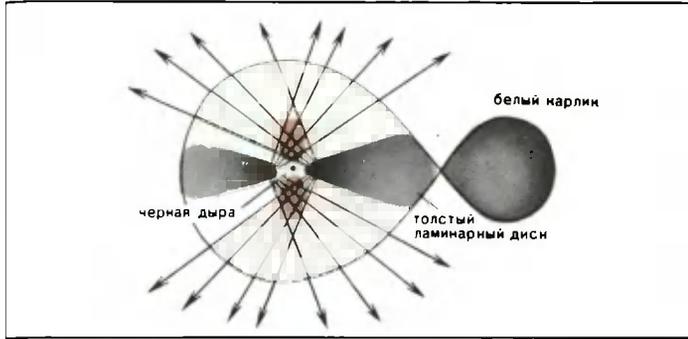
² Подробнее о данных наблюдениях Геминги см.: Vignani G. F. et al. — Nature, 1984, v. 310, p. 464.

делалось даже попыток его объяснить.

В связи с этим мы разработали «кинематическую» модель Геминги, которая объясняет наблюдаемый период и скорость его увеличения. Не

В популярном изложении обычно избегают использовать формулы, но позволю себе все же привести одну, весьма простую; она связывает период двойной системы $P_{\text{орб}}$ с массой белого карлика $M_{\text{бк}}$ при условии

скового 6-метрового. Эта задача могла бы быть решена и с помощью американского космического телескопа, который планируется вывести на орбиту в 1987 г.; с его помощью предполагается исследовать объекты вплоть до 28 звездной величины.



Модель Геминги. Стрелики — траектории релятивистских частиц; закрашены области столкновения этих частиц и возникновения γ -излучения.

претендуя на полноту и завершенность, модель позволяет получить в количественном виде оба параметра³. Основное допущение состоит в том, что наблюдаемый период связан с орбитальным периодом тесной двойной системы, состоящей из двух «умирающих» звезд: белого карлика, заполняющего свою полость Роша, с массой $0,6 M_{\odot}$ и черной дыры с массой $4,4 M_{\odot}$. Значения масс не произвольны, а однозначно связаны с наблюдаемыми значениями периода $P \approx 60$ с и его производной $P/P = 600$ лет.

Среди процессов, идущих в такой тесной двойной системе, два являются определяющими: интенсивное перетекание вещества от белого карлика на черную дыру и потеря системой вращательного движения за счет гравитационного излучения.

заполнения им своей полости Роша и молекулярном весе вещества $\mu=2$ (т. е. любой химический состав, кроме водорода); итак, $P_{\text{орб}}=36 (M_{\odot}/M_{\text{бк}})$ с. Отсюда следует приведенное выше значение $M_{\text{бк}}=0,6 M_{\odot}$ для $P_{\text{орб}}=60$ с. Значение массы черной дыры можно получить из других, почти столь же простых формул; оно определяется наблюдаемой величиной P/P .

В данной модели «включение» γ -источника соответствует моменту, когда белый карлик впервые заполнил свою полость Роша; при начальной его массе, равной $1 M_{\odot}$, это должно было случиться около 130 лет назад, а до тех пор гравитационное излучение приводило к сближению двух компаньонов.

Модель допускает наблюдательную проверку. Во-первых, должна быть видна переменность оптического блеска с периодом, равным 1 мин, причем амплитуда переменности может достигать 50 или более процентов. Но наиболее убедительным доказательством справедливости модели было бы обнаружение доплеровского смещения линий от белого карлика: ведь согласно нашим предположениям, он движется со скоростью 4200 км/с вокруг черной дыры. Обнаружить подобные смещения линий чрезвычайно трудно и под силу только самым крупным телескопам, класса совет-

Неожиданным следствием предположенной модели является огромный поток гравитационных волн от двойной системы. Так, для расстояния в 100 парсек поток γ -излучения от Геминги сравним с полной светимостью Солнца ($4 \cdot 10^{33}$ эрг/с), а гравитационная «светимость» Геминги составляет $6 \cdot 10^{39}$ эрг/с! С полным правом этот объект можно было бы назвать Гемингрой (если следовать тому же принципу образования его имени; напомним, что название Геминга возникло из слов Gemini — созвездие Близнецов, где находится этот объект, и gamma — гамма-диапазон спектра). На Земле поток гравитационных волн от этого источника должен равняться $5 \cdot 10^{-3}$ эрг/с · см², что на 7—9 порядков больше, чем поток от любого другого известного стационарного источника гравитационных волн.

Объяснить необычный спектр Геминги в нашей модели (как и во всех других) очень трудно. Можно лишь высказать некоторые соображения о механизме излучения. Например, аккреционный диск вокруг черной дыры не должен быть турбулентным, иначе наблюдалась бы огромная рентгеновская светимость, близкая к критической эддингтоновской $5 \cdot 10^{38}$ эрг/с. Может существовать лишь массивный толстый ламинарный диск; в первые модели таких дисков рассматривались в работах польских астрофизиков.

Возможно, γ -излучение связано с электродинамическими механизмами ускорения электронов и ядер и их последующими столкновениями между собой в области воронки вокруг толстого диска, в центре которой находится черная дыра. Подобные механизмы привлекаются для объяснения свойств квазаров и активных ядер галактик, а также образования выбросов из этих объектов.

³ Бисноватый - Коган Г. С. Уникальный γ -источник Геминга: белый карлик, вращающийся вокруг черной дыры. Препринт ИКИ Пр 932, 1984.

«Природа» в годы Великой Отечественной войны

Н. В. Успенская



Нина Владимировна Успенская, старший научный редактор журнала «Природа». Член Союза журналистов СССР. В «Природе» опубликовала ряд статей по истории журнала: Приложения к «Природе» (1978, № 2); «Природа» до «Природы» (1981, № 11); А. П. Чехов и В. А. Вагнер. Из предыстории «Природы» (1982, № 1).

НА НАБЕРЕЖНОЙ КАРПОВКИ

В поезде я старалась думать о том, что запланировала свою десятидневную командировку в Ленинград с некоторым резервом времени. Может быть, удастся съездить в Пушкин, побродить по Павловску... Но ощущение гармонии и покоя, привычно связанное с воспоминаниями о городе на Неве, не приходило. Воображение отказывалось работать акварельными красками. Оно рисовало резко, черно-белым, упорно возвращаясь к картинам Ленинградской блокады.

Предстоящая командировка волновала меня не трудностями — их я не предвидела. Напротив, дело, ради которого я ехала, казалось отчасти уже сделанным. Я предполагала подготовить к публикации найденные мною письма, написанные пока малоизвестным мне человеком в осажденном Ленинграде и касавшиеся обстоятельств издания нашего журнала в первые годы Великой Отечественной войны.

Нельзя сказать, что я набрела на эти письма случайно. От ленинградского историка науки Даниила Владимировича Лебедева я давно знала, что в архиве Ботанического института им. В. Л. Комарова АН СССР, в личном фонде профессора В. П. Савича, хранится архив «Природы». Будучи неко-

торое время тому назад в Ленинграде по другим редакционным делам, я заехала на набережную реки Карповки, где на месте основанного еще Петром I Аптекарского огорода находится Ботанический сад, Ботанический музей и Ботанический институт АН СССР, и попросила разрешения познакомиться с интересовавшим меня архивом.

Надо, наверное, напомнить читателю, что «Природа», начавшая выходить в 1912 г. в Москве, позднее довольно долго — с 1921 по 1951 г. — издавалась в Ленинграде. Здесь редакцию журнала застала Великая Отечественная война. В ту пору председателем редакционной коллегии «Природы» был академик Сергей Иванович Вавилов (с 1945 г. — президент АН СССР), а ответственным редактором, возглавлявшим маленький редакционный коллектив, — ведущий сотрудник Ботанического института Всеволод Павлович Савич.

В описи архива Савича действительно значилось: часть архива, письма и материалы по журналу «Природа». И вскоре благодаря любезности Елены Ивановны Васильченко, совершившей восхождение на особо труднодоступные стеллажи, все эти папки лежали передо мной.

Я просматривала их содержимое со странным чувством. Безусловно, мне было очень интересно. Но иногда прошлое пере-

мещалось в настоящее. Материалы относились преимущественно к 1940-м годам. Но все те же привычные, скрытые от глаз читателей, специфически «природные» редакционные проблемы, письма ученых — авторов и членов редакционной коллегии, знакомых не только по именам. Даже издательское начальство то же: кажется, что зам. директора издательства «Наука» Натан Евсеевич Брусиловский — герой нашего времени, а документы напоминают, что и тех времен тоже.

Но как многое изменилось! И как многое, увы, забыто! Только проглядев сотни, а, может быть, и тысячи страниц, написанных рукой Савича и его корреспондентов, бумаг с его пометками, можно по-настоящему понять, что значила «Природа» для него и он — для «Природы». На протяжении шестнадцати лет, с 1936 по 1951 г., к Савичу сходились все потоки энергии, необходимые для жизнедеятельности журнала.

Крупнейший специалист по лишайникам — лихенолог, Савич заведовал отделом споровых растений Ботанического института. Здесь же, в стенах БИНа, по существу и создавался все эти годы наш журнал. Даже редакционная почта направлялась в основном по адресу БИНа или вовсе на квартиру Савича.

Продолжаю разбирать «природные» папки. Вот письмо от Л. С. Берга, а это от И. Е. Тамма. Потом от А. Е., Арбузова, И. И. Шмальгаузена, В. А. Обручева... Уже можно не смотреть подписи — узнаю по почеркам, только даты сверять приходится — все это хранится в довольно произвольной россыпи.

И вдруг — стоп. Перед глазами — пожелтевшие листки со штампом военной цензуры, тщательно подобранные, соединенные скрепкой (видимо, это сделано Савичем, при формировании архива такая работа явно не производилась). Письма адресованы Савичу в Казань, куда он был эвакуирован вместе с частью сотрудников БИНа уже после начала блокады. Обратный адрес: Ленинград, Некрасова, 38, кв. 20.

Датированы письма разными числами в промежутке от декабря 1941 по февраль 1942 г. Это был самый тяжкий период ленинградской трагедии. Именно в эти дни суточная норма хлеба большинству ленинградцев — служащим, иждивенцам и детям — доходила до 125 г (рабочие получали 250 г), а сам хлеб этот выпекался с добавлением отрубей, жмыха, целлюлозы. Существует страшная статистика: с ноября 1941 по октябрь 1942 г. городской трест «Похоронное дело» вывез на клад-

бище 451 209 трупов (всего в Ленинграде погибло от голодной блокады 641 803 человека).

О чем в это время думалось и писалось?

Читаю не отрываясь и с трудом верю глазам. Слова кажутся пронзительными. В письмах — их пишет сотрудник редакции — присутствуют две и только две темы: судьба города и судьба «Природы». Они звучат как равнозначные и равноправные. Работа над изданием журнала продолжалась и в самые трудные дни блокады.

ПИСЬМА ИЗ ОСАЖДЕННОГО ЛЕНИНГРАДА¹

20 ноября 1941 г.:

«За время Вашего отъезда мы выпустили наш номер 7-8. У местной Академии нет, оказывается, адресов наших подписчиков даже по Ленинграду. Сейчас снимаем копии с имеющихся у нас и передадим Академии. Другие журналы, по видимому, даже в пределах Ленинграда не могут разослать тираж.

Ожидаем, что матрицирование IX-го номера будет закончено 22.XI. В типографии были, неизбежные во время бомбардировок, случайности. (Между прочим — ночь после Вашего отъезда была одной из наиболее тяжелых в Ленинграде.) Макет номера X заканчивается... Договорился... что печатаем здесь с одной матрицы или набора ленинградский тираж и обязательные экземпляры, т. е. 500—800 экземпляров. Дальнейшее будет видно. Может быть, матрицы удастся переправить в Казань, может быть, вообще перешеек между страной и Ленинградом рухнет и допечатаем здесь остальной тираж. Пока номер 7-8 мы послали в конвертах в разделенном на 3 части виде Вам, Сергею Ивановичу [Вавилову], Московской, Томской библиотекам и Казанскому университету.

(...) Без Вашего или Сергея Ивановича распоряжения ничего не буду отправлять (речь об эвакуации редакционного портфеля.— Н. У.) ... И сам я без портфеля никуда не двинусь. ...В последние дни договорился еще о двух оборонных статьях. Отправка народа даже первой очереди сейчас сильно замедлилась.

Ввиду того, что недавно были более сильные бомбежки, а также ввиду призы-

¹ Архив Ботанического института АН СССР им. В. Л. Комарова, ф. 12: Савич, ед. хр. 121. Письма печатаются с сокращениями.



Ленинград во время блокады.

вов, идущих в Ленинграде, я позволил себе договориться с известным мне к. б. н. Николаем Родионовичем Ивановым о возможной замене меня на посту в журнале, если со мной что-либо случится... Мне было бы очень неприятно, если бы такая культурная ценность, как наш журнал, потерпела ущерб из-за моего выбытия из строя.

Р. С. Какой-то любитель подсчитал, что с 8.IX у нас был 241 налет врага».

26 ноября 1941 г.:

«У нас дела обстоят следующим образом. Выпущен посланный Вам № 7-8. В типографии № IX собирались матрицировать, но, очевидно, съели необходимую муку...»

По существу аналогично положение с № X... В силу создавшихся условий, по видимому, придется ограничиться в этом году десятью номерами. В сентябрьском номере мы публикуем хорошую статью о расовой теории, статью о механике разрушения стекла взрывной волной, по английским материалам. В октябрьском номере прекрасная статья о бомбоубежищах, разрушительной силе бомб, новых отравляющих веществах, потерях культурных ценностей в Ленинграде, защите ушей от взрывов. В общем чисто оборонные вопросы занимают достаточно места и интересны.

Выслать из Ленинграда ни матриц, ни тем более тиража нельзя. Есть основание смотреть на прорыв блокады оптимистически... Жить и работать в Ленинграде можно. К бомбам и снарядам я лично, как и многие другие, привык...

Редакция журнала в моем лице приписана к БИНУ, партии № 2 — в отношении эвакуации. Из этого, однако, не следует, что нужно ничего не делать, а редакцию разогнать. Можно и должно готовить номера 1942 г. (...) В отношении зарплаты мы с Василием Ивановичем ставили вопрос о том, что если в Издательстве нет денег, известный срок, несколько недель во всяком случае, можно подождать».

13 декабря 1941 г.:

«Стараюсь раздобыть оборонный материал. Так как трамваи почти не ходят (снегу масса), все приходится делать пешком, и дело идет медленнее обычного. Практикуется эвакуация на автомашинах. Багажа по 30 кг. Вывоз нашего богатого портфеля очень труден... В крайнем случае, быть может, перешлем в конвертах. Правда, многовато будет. Номер 7-8 я послал Вам в трех конвертах. Сейчас посылаю Вам № 6.

С Василием Ивановичем договоренность — при всех условиях журнала не бросать. Правда, сокращение, перевод на иждивенческую карточку может осложнить положение.



Ленинград в 1945 г. Линия фронта передвигается на запад.

На возможность эвакуации на машинах сейчас смотрят оптимистически, но практика показывает, что возможно в ожидании перевалить и за 1-е января.

У нас холодно. Мои руки плохо пишут... В БИНе в одну из бомбежек разрушило стекла пальмовой оранжереи и некоторых других. Я уже пустил в № X заметку об этом...

Ваш дом цел. Дом Сергея Ивановича тоже. Против него на площади, однако, взорвались две бомбы замедленного действия».

20 декабря 1941 г.:

«Издательские дела наши движутся медленно. 22.XII обещана верстка X номера. № IX все матрицуется. Вчера был лично у директора типографии. Просит прислать стереотипера. Его мол свалились... Вообще ослабление людей стало существенным фактором всех этапов. Похороны стали трудной проблемой. Особенно могила в мерзлой земле. Организую серию статей: ботаника и отечественная война, астрономия, зоология, но движутся они медленно по названной причине. ...Со дня на день ждем размыкания кольца (позавчера взята станция Погостье)...

Пишу при ночнике, почему письмо несовершенно».

24 декабря 1941 г.:

«...Кольцо все утоняется и сейчас по линии Колпино — Погостье составляет всего 50 км. Автомобильное сообщение идет через Ладогу.

Модест Михайлович [Ильин] улетел. Он был одним из авторов статьи: ботаника и отечественная война. Прилагаю схематическую программу для таких статей, которую стараюсь провести в жизнь».

2 января 1942 г.:

«Прилагаю копию письма подписчика нашего журнала. Ответ я ему одновременно посылаю...

Ждем окончательного разрыва кольца. Сегодня взята Старица. Пока я кое-что делаю по н[ашему] портфелю и редактирую по брошюрам оборонной серии кое-что.

Умер от истощения Сергей Алексеевич Жебелев, Яков Максимович [?]. Лежат Владимир Сергеевич [Соколов], Роман Юльевич [Рожевич]. Убит осколком снаряда в сердце Евгений Владимирович Вульф. С Новым годом!»

11 января 1942 г.:

«У нас дела в прежнем положении (...) Жестокие морозы сгоняют людей с улицы. До -33°C . Вчера утром иду в амбулаторию — вижу, лежит парнишка, охватив камень руками. Вероятно, упал и замерз. Вообще много людей выбывает.

В аптеке — сядет и не встанет. Давно не был в БИНе. Не знаю, кто ходит там. Недавно видел (9.I) Ивана Владимировича [Палибина] в Доме ученых.

У нас много снегу. Как застряли последние трамваи, так и стоят.

Все, кто ходят, работают, однако. И Ленинград, конечно, не будет у неприятеля, ни при каких условиях».

14 февраля 1942 г.:

«У нас положение таково. Елизавета Петровна умерла... Она попыталась получить I категорию через донорство и умерла от анемии головного мозга. Василий Иванович, вероятно, тоже идет по этому пути <...> Во многих учреждениях, как и у нас, мороз до —12... Идет эвакуация на машинах. Состою и я в списках. Путь, по-видимому, столь труден, что вероятность жизни, пожалуй, меньше, чем в Ленинграде сейчас. Мы ведь стали получать по 400 г хлеба и 375 г крупы (в декаду).

В типографии дела не движутся <...> Сейчас и отпечатать некому. Едва газету печатают. К сожалению, она клеится только в одном месте. Разносится крайне неаккуратно — 1—2 раза в неделю, т. е. с огромными пропусками. Автор статьи о диссертациях умер...

Ни одного письма из Казани мы не получали. Как я уже писал, работаю 3 дня в ВИРе <...>

Говорят, в марте у нас будет трамвай. Телефон уже есть. В БИНе не был давно. Страшно далеко, а сил не так много.

Р. С. Не знаю, как и послать письмо. Ближайшие два почтовых отделения закрылись — нет людей. Главная почта, верно, работает».

28 февраля 1942 г.:

«20.II.42 эшелон Академии тронулся на восток, а 16.II у жены обнаружился плеврит, и, принимая во внимание трудности пути, как их нам (верно или неверно?) описывали, пришлось нам остаться. К лучшему или худшему — трудно сказать. Дни стояли ясные, и они, говорят, попали в зону бомбежек.

<...> В феврале у нас значительно улучшился паек. Мне с третьей декады, как кандидату, дали первую категорию. Она предоставляет 2 кг крупы, по 500 г хлеба, по-видимому, 300 г сахару, столько же примерно масла. Дают по 100 г клюквы и 25 г шоколаду <...> Пущены в ход некоторые бани. Стали чистить трамвайные пути. Подается технический ток. Ничего нет

невероятного в том, что мы выпустим застрявшие номера нашего журнала...

Р. С. Работают радио и телефон. Мы получили на душу 1/4 литра керосину».

6 марта 1942 г.:

«С радостью получил Ваше письмо из Казани от 7.I с московским штампом от 21.I, первое полученное от Вас вообще <...>

Наш наличный портфель, конечно, обеспечивает 8 №№ по 8 п[ечатных] л[истов]... Наличие Ваше в Казани и пребывание в живых нашего журнала меня подбодрило. Отсутствие известий, особенно когда не было радио и практически газеты, действовало угнетающе. Сейчас нас только обстреливают. Сегодня вновь лупил. Хотя [снаряды] рвались далеко, но в помещении кажется — близко. Район БИНа, кажется, спокоен. Достается другим, особенно — прилегающему к Марсову полю. И нет там ничего, а бьет. Попадает в здания. Обычно выбьет несколько кирпичей, да уложит случайных прохожих несколько человек.

Спокойствие, с которым Ленинград перенес невиданные для него лишения, беспримерная выдержка населения являются бесспорным залогом нашей победы».

9 марта 1942 г.:

«Получил Ваше письмо от 6.XII п. г. и сразу, по капризу почты, очевидно, последнее письмо без даты от 16.II н. г.

Я уже выхожу, так сказать, на работу (был на бюллетене с 3.I по 13.III). Немного ослабел, как и все мы, но хожу. С переправкой портфеля в Казань дело исключительной трудности, почти (сейчас) невыполнимое. Вопрос здесь не в разрешении (может быть, и оно важно), а в мускульной силе грузчика, т. е. самого себя. Помимо транспорта внутригородского (на саночках) нужно со всеми своими вещами и 30—35 кг портфеля взять некоторым образом штурмом место в вагоне в Ленинграде (иные здесь уже вещи теряли), затем сделать все перегрузки (их несколько) в короткий (5—7 мин.— посадка в машины) срок. Случается иногда, необходимо выгрузка и передвижение с саночками (1—5 км). Где уж тут кастроули и плитку иметь — вещи нужные, но мускулов мало. Объедены.

Одновременно приходят самые утешительные сведения с фронта. Все они сводятся к тому, что «гансы» здесь добиваются и окончательное снятие блокады вопрос нескольких дней».

КТО АВТОР ПИСЕМ?

Подпись была неразборчива, что-то вроде: В. Лех...

По приезду в Москву я сразу же взяла в руки хранящиеся в редакции подшивки «Природы» военных лет — и моя догадка подтвердилась. В журнале значилось имя ответственного секретаря редакции кандидата биологических наук В. С. Лехновича. Конечно, В. Лех... — это он.

Воображению представлялся немолодой уже в те, военные, годы человек. Преданность журналу, ориентировка в делах, знание причастных к нему людей давали основание предположить, что это давний, опытный работник редакции.

В последнем письме, отправленном после прорыва блокады, Лехнович писал, что жена его умерла, а сам он болен. В Казань Лехнович так и не поехал, тем не менее его имя продолжало печататься в журнале до возвращения Савича и «Природы» в Ленинград. Из чего я заключила, что Савич снял фамилию своего сотрудника, когда его судьба стала ему доподлинно известна.

Одним словом, я не сомневалась, что должна искать своего героя в прошлом: нужно продолжить просмотр бумаг Савича, поговорить со старожилами БИНа, а там ниточка потянется.

И вот я снова в архиве Ботанического института. Меня приветливо встречает кудрявая улыбчивая Людмила Иванова Орлова (Елена Ивановна Васильченко перешла работать в другой отдел). На столе уже приготовлены знакомые папки.

И первый вопрос — к Людмиле Ивановне:

— Кто такой Лехнович?

Она не знает. Ищу старожилов. Их, как назло, нет: один в командировке, другой болен, третий в отпуске и т. д. На помощь приходит Елена Ивановна Васильченко и предлагает мне встретиться с ее матерью, кандидатом биологических наук Ольгой Александровной Лидотти, которая всю жизнь, с довоенных времен, проработала в институте:

— Сейчас мама на пенсии, но я попрошу ее завтра сюда прийти. Нет, ей не очень трудно, мы живем совсем рядом.

На следующее утро я издалека слышу быстрые легкие шаги, и в комнату входит очаровательная седоволосая дама с зеленой папкой подмышкой.

— Это мемуары первой жены Савича — Любичкой-Савич,— объясняет Ольга Александровна.— Она их написала в 92 го-



Вадим Степанович Лехнович. 1931 г.

да, но вы увидите, какая ясная голова. Жаль, что вы не встретились — она умерла год тому назад.

Некоторое время мы говорим о крупнейшем советском брриологе — специалисте по мхам — Л. И. Любичкой-Савич.

— Конечно, я знала и Савича, и всех, кто с ним работал,— продолжает Ольга Александровна.— Вам нужно увидеться с М. М. Голлербахом, он был правой рукой Савича и по институтским делам, и по «Природе», кажется, тоже.

— А вам знакома фамилия Лехнович?

— Ну как же, Вадим Степанович — очень известный человек, специалист по картофелю.

— Вы его когда-нибудь видели?

— Да, на прошлой неделе,— немного удивляется Ольга Александровна, не понимая моего волнения.

— То есть как на прошлой неделе?!

— Ну если не на прошлой,— улыбается Ольга Александровна,— то десять дней тому назад — это точно. Он в ВИРе работает. Сходите туда. И объясняет мне, как проехать на Исаакиевскую площадь.

Я бросаю все и мчусь, а куда — сама не знаю, потому что в ВИР (это Всесоюзный институт растениеводства) уже поздно. Вижу телефон-автомат, набираю

09 и узнаю номер Вадима Степановича Лехновича.

— Папа! — звучит веселый женский голос, и с шутилой загадочностью, — те-бя...

В действительности дела обстояли так.

Вадиму Степановичу Лехновичу было 39 лет, когда началась Великая Отечественная война. В «Природе» он был тогда новым работником, недавно пришедшим на место К. К. Серебрякова, опытного и известного популяризатора науки, умершего в 1940 г.

Судьба свела Лехновича с «Природой» довольно случайно. Сотрудник ВИРа, он вместе с Ф. Х. Бахтеевым и группой других специалистов в 1940 г. участвовал в последней экспедиции, возглавляемой Николаем Ивановичем Вавиловым. Это была комплексная экспедиция в Западную Украину и Белоруссию по сбору сортовых ресурсов.

Блестящий рассказчик, Вадим Степанович с запомнившимися и мне на всю жизнь подробностями поведал о перипетиях этой поездки.

Экспедицию пришлось заканчивать уже без Николая Ивановича. А вернувшись в Ленинград, Лехнович обнаружил большие перемены в институте.

— Я писал отчет об экспедиции, — рассказывает Вадим Степанович, — когда ботаник А. П. Ильинский сообщил мне, что в «Природе» есть вакантная должность и посоветовал обратиться к председателю редакционной коллегии журнала, брату Николая Ивановича — Сергею Ивановичу Вавилову. Моя кандидатура подошла. Под руководством Савича я стал осваивать новую профессию.

— Началась война, блокада. Перед своим отъездом Сергей Иванович вызвал меня к себе и объяснил, что на меня ложится ответственность проследить за выходом в свет номеров, подготовленных к печати. «Если будет нужно, — сказал он, — сами принимайте решения».

Я рассказываю, что обнаружила в бумагах Савича письма Вадима Степановича. Он не удивляется. Савич ему говорил, что хранит их.

— Василий Иванович, которого я мог упоминать в письмах, — отвечает на мой вопрос Лехнович, — это Линник, заведующий редакцией «Природы». Мы прошли с ним всю эту эпопею бок о бок. Он умер в блокаду. Елизавета Петровна — замечательная редакционная машинистка, фамилии ее, к сожалению, не помню.

Последним из членов редакционной коллегии журнала, которого в ту пору видел Лехнович в Ленинграде, был знаменитый паразитолог Евгений Никанорович Павловский.

— Я ездил к нему советоваться. Он жил у Финляндского вокзала. После его отъезда в делах «Природы» большое участие принимал известный востоковед-арабист Игнатий Юлианович Крачковский.

Память у Вадима Степановича — почти без осечек. Но наслоения времени неизбежно стирают остроту впечатлений. Поэтому я прошу разрешения опубликовать выдержки из его писем. Лехнович не возражает и шутит:

— Ведь они проверены военной цензурой.

— А фотографию свою дадите?

— Да. Только вот я тогда был без бороды и усов. Такую поискать надо...

Меня интересует, почему Лехнович не поехал в Казань, когда это стало возможно. И он рассказывает, что уже зимой 1941-го снова вернулся в ВИР, с которым связана вся его дальнейшая жизнь. Специалист по систематике культурного и дикого картофеля, он в 1972 г. стал доктором сельскохозяйственных наук. Им написан почти весь 9-й том «Культурной флоры СССР» — издания, как он подчеркнул, организованного еще Н. И. Вавиловым. Но и в «Природе», как выяснилось, Лехнович продолжал сотрудничать довольно долго.

— А что вы делали в ВИРе во время блокады? — спрашиваю я.

Вместо ответа Вадим Степанович дарит мне на прощанье книгу «В осажденном Ленинграде», где помещен его очерк «Исполнение долга»². Отрывок из него поможет мне дописать портрет этого замечательного человека.

ИЗ ОЧЕРКА В. С. ЛЕХНОВИЧА «ИСПОЛНЕНИЕ ДОЛГА»

«...Весной 1941 года мировая коллекция сортов и видов картофеля Всесоюзного института растениеводства была высажена, как обычно, под Ленинградом, на территории Павловской опытной станции института.

В начале августа, когда фашистские войска подошли близко к городу, старший научный сотрудник О. А. Воскресенская

² В осажденном Ленинграде. Воспоминания участников героической обороны о борьбе с голодом и создании в условиях блокады продовольственных ресурсов. Сост. Н. Р. Иванов, В. С. Лехнович, К. А. Никитин. Изд. 2-е, доп. Л., 1974, с. 297—300.

провела досрочную уборку клубней... В это же время другой старший научный сотрудник, А. Я. Камераз, выкопал по одному кусту около 500 перспективных гибридов и до сотни южноамериканских образцов, успевших дать клубни. Уборка велась до тех пор, пока на поле не стали падать снаряды...

Для хранения коллекции в подвале здания ВИЗРа (Всесоюзного института защиты растений.— Н. У.) были оборудованы стеллажи. Поскольку начались частые обстрелы и бомбежки, образцы в целях предосторожности разделили на две дублирующие части. Кроме того, по одному клубню от всех убранных сортов и гибридов поместили в ВИРе в ящики, которые в марте 1942 года Я. Я. Вирс увез на Большую землю. В Красноуфимске эти образцы послужили картофелеводам основой для работы.

В течение всей осени хранением коллекции ведала О. А. Воскресенская, ночевавшая здесь же, в подвале. Ей помогали лаборантки К. Т. Чернянская и А. П. Коваленко. Но в начале декабря О. А. Воскресенская простудилась и слегла, выбыли из строя и обе лаборантки. Хранение коллекции легло на мои плечи.

Задача оказалась очень трудной. Приходилось охранять клубни от крыс, мороза и от голодающих людей. Для большей надежности я стал пломбировать подвал, закрывать его на три различных замка. Дверь обил железом. Однако мелких хищений избежать не удалось.

Однажды утром я обнаружил в подвале необычный холод, хотя дверь, замки и пломбы были целы. Термометр на полу показывал 1 градус мороза, а на высоте 1 метра — 0 градусов. С «ночником» в руке я отправился на поиски источника свежего воздуха. Им оказалась узкая щель под потолком. «Налетчик», видимо, разобрал из соседнего подвала верх кирпичной стены и крючком подцепил с верхней полки какое-то количество мешочков с картофелем (гибридами). Старыми мешками я быстро заделал отверстие. Пролом был сделан, должно быть, под утро, много холода проникнуть не успело, и я быстро растопил печурку, чтобы спасти коллекцию от промерзания.

Затем обследовал соседний подвал, надежно закрыл вход в него. Обычный замок здесь был совершенно бесполезен. Его бы взломали ломом. Удалось найти рядом на свалке полутораметровый кусок дюймовой водопроводной трубы, изнутри подпереть о поперечную планку трубой массивную дверь подвала, а самому медленно вылезти в щель двери. Труба заскочи-

ла за поперечную планку, оперлась на камни пола и плотно заперла дверь.

Ежедневно я проверял целостность запора. На свежем снегу нередко виднелись следы ночного посетителя, но двери открыть он не мог. Больше посягательства на эту коллекцию не было.

В другой раз довольно опытный, видимо, похититель отогнул, не трогая пломбы и замков, обивочное железо и бритвой вырезал филенку в двери. Но взять ничего не успел (возможно, я спугнул его). Позже покушения на картофель прекратились. Улучшилась и борьба с крысами, особенно после того, как мне удалось заложить кирпичом норы. Но два мешка с разможенным английским сортом Бэллидун подверглись их ожесточенным нападениям.

Дважды в день, несмотря на сильное истощение, добирался я из дома на улице Некрасова, где жил, до Исаакиевской площади (там хранилась коллекция). Каждый рейс в одну сторону занимал более часа. Улицы на моем маршруте частенько обстреливались.

Зима 1941/42 года отличалась исключительной суровостью. В подвал с коллекцией картофеля отовсюду забирался мороз. Мне пришлось отеплить двери и закрыть щели, для чего использовал вату, мешки и различное тряпье. Во всяком случае, ниже нуля температура в помещении упала лишь однажды. Два раза в неделю приходилось еще отапливать комнату в институте, где хранился дублет коллекции по одному клубню. Здесь мне удалось сохранить устойчивую нужную температуру воздуха. В подвале ежедневно топил печь, которая отчаянно дымилась. Как обнаружилось позже, когда мне подарили электрический фонарик и можно было с его помощью обследовать темный подвал, задвижка в дымоходе оказалась полузакрытой.

Дрова я доставал всюду, где можно было. Иногда солдаты госпиталя, согревавшиеся во дворе у костра, уступали мне ящик от какого-нибудь стола или буфета. Все шло в дело. Раз в неделю комендант ВИРа М. С. Беляева снабжала меня маленькой вязанкой дров, и я тащил ее через площадь в подвал...

Коллекцию мы высаживали вдвоем с О. А. Воскресенской: она — на участке Выборгского цветочного комбината, а я — в «Лесном». При проверке клубней оказалось, что выбыл лишь один сорт Тесьма. Хранение сортов в двух местах одного подвала дало отличные результаты».

«ПРИРОДА» В КАЗАНИ. В. П. САВИЧ

Сразу же по прибытии в Казань Савич стал готовить первые номера 1942 г., которые должны были печататься в местной типографии. Присланный тем временем Лехновичем № 9 за 1941 г., уже сверстаный, но не тиражированный, также был использован — статьи из него публиковались в номерах 1943 г.³

Вместе со всей советской наукой «Природа» повернулась лицом к фронту. Представление об этом могут дать названия статей: «Ботаника и война», «Учение Павлова и война», «Падение биологической науки в фашистской Германии», «Геология и война», «Война и интенсификация использования лесных территорий», «Применение сфагнового (торфяного) мха в медицине», «Что дала геология для обороны нашей страны и что она могла бы дать еще», «Переливание крови и его оборонное значение» и т. д.

Печатались призывы советских ученых к мировой научной общественности, к трудовым людям всех стран объединить силы в борьбе против фашизма.

Наряду с этим журнал сообщает о достижениях в фундаментальных исследованиях, начатых до войны. С такими сообщениями выступают И. Е. Тамм («Новые перспективы в физике сверхбыстрых частиц» — 1943, № 4), С. И. Вавилов («Об элементарных процессах излучения и поглощения света» — 1945, № 4), В. Б. Берестецкий («Гелий II — квантовая жидкость» — 1945, № 4), Д. Н. Прянишников («Представление о круговороте азота...» — 1944, № 2), Б. Л. Личков («Эпигенезис и землетрясения» — 1944, № 3), Л. С. Берг («Жизнь и почвообразование на докембрийских материках» — 1944, № 2) и другие ученые.

Сохраняются традиционные разделы «Новости науки», «Критика и библиография», «Vagia» и др. Печатаются материалы о жизни институтов и лабораторий, заброшенных войной в разные края страны. Почти в каждом номере — рассказ об освоении природных ресурсов южных и восточных районов.

В Казани проходили заседания редакционной коллегии журнала в узком, прямо сказать, составе: С. И. Вавилов, Л. А. Орбели, В. П. Савич. Но из других мест, куда были эвакуированы академические учреждения, в адрес Савича шли письма.



Так выглядела «Природа» в 1943 г.

«В ответ на Ваше письмо от 5/XII, — писал В. А. Обручев 19 декабря 1942 г. из Свердловска, — сообщая, что я уже послал Вам по получении телеграммы свою статью об успехах геологических наук за 25 лет, указал 2 юбилейные даты 1943 г. и возможность заказать С. В. Обручеву в Иркутске... статью о Восточном Саяне (рельеф, строение, полезные ископаемые). Теперь могу добавить, что в Свердловске я могу заказать минералогу Д. П. Григорьеву статью об успехах советской минералогии за 25 лет и рецензию тома II «Минералогия Урала», недавно вышедшего из печати...»⁴

Думал о «Природе» в эти годы и И. И. Шмальгаузен: «С. А. Зернов мог бы дать, — сообщал он из Борового, Акмолинской (ныне Целиноградской) области, 17 декабря 1943 г., — очерк здешних озер (они очень интересные)... Д. С. Берг хотел дать кое-какие рецензии. Я, вероятно, смогу дать статью «Темпы эволюции и факторы, их определяющие»... Сообщаю Вам, что Л. И. Мандельштам читал здесь бле-

³ Лебедев Д. В. Невышедший номер «Природы». — Природа, 1978, № 2, с. 134.

⁴ Архив БИН, ф. 12, ед. хр. 121.

стацией доклад о Ньютоне — может быть, стоило бы попросить его дать статью»⁵.

Присылали свои предложения и статьи А. Е. Ферсман, М. С. Эйгенсон, а иногда и другие члены редакционной коллегии «Природы». Составлялись перспективные планы — нахожу один такой, написанный рукой Савича, сразу на 1943, 1944 и 1945 гг. В общем, шла интенсивная работа.

Правда, «Природа» все это время выходила в сокращенном объеме — в основном по шесть нетолстых (примерно в 2/3 теперешних) номеров в год. Но какого труда должно было требовать в обстановке военного времени это дело! Кто помогал Савичу в повседневной редакционной работе? Как мы знаем, Василий Иванович Линник умер, Лехнович был в Ленинграде, а рядом — кто?

Среди небольшой пачки бумаг казанского периода следов существования какого-либо редакционного аппарата нет. Просматриваю гонорарные ведомости, счета и иногда встречаю имя жены Савича, биолога Екатерины Константиновны Косинской, которой выписывались очень небольшие суммы денег за литературное редактирование и контрольное чтение корректур. Больше ничего в интересующем меня плане не вижу.

Расспрашиваю на всякий случай ближайших сотрудников Савича по институту. Никто из них в Казани не был, но они охотно рассказывают о Всеволоде Павловиче. Сверяю их сведения с различного рода документами из архива — на старинной гербовой бумаге и более поздними. Читаю автобиографии Савича и то, что писалось о нем. Передо мной проходит его жизнь.

Савич родом из Белоруссии, из Бобруйска. Даты его жизни: 1885—1972 гг. Отец его был поручиком пехотного полка и жестко настаивал на том, чтобы сын следовал по его стезе. На этой почве между ними произошел разрыв, и Всеволоду Павловичу рано пришлось думать о заработке.

В 1904 г. он поступает в Петербургский университет. До этого было безмятежное детство — учеба в прогимназии живописного белорусского города Мозыря, который поэтично обрисовала в своих интереснейших мемуарах Л. И. Любичкая-Савич, потом — в минской гимназии. Теперь, в Петербурге, Савич днем учится, а вечером немного подрабатывает в театре. Но вскоре его увольняют за участие в уличной демонстрации.

В 1906 г. Савич поступает работать препаратором ботанического кабинета в университете, а потом — в Ботаническом саду, у крупнейшего специалиста по низшим растениям А. А. Еленкина, и уже тогда начинает заниматься лишайниками. Интересы Савича окончательно определила экспедиция 1908—1910 гг. на Камчатку под руководством В. Л. Комарова, будущего президента Академии наук СССР.

Затем был перерыв в научной работе — Савич отбывал воинскую повинность, был произведен в прапорщики, прошел всю первую мировую войну. В 1915 г. в Петербурге, во время пребывания в госпитале, он обвенчался с Л. И. Любичкой (позже их пути разошлись). Посаженым отцом на свадьбе был В. Л. Комаров (это, конечно, опять из мемуаров Любичкой-Савич).

После Октябрьской революции Савич возвращается в Ботанический сад. Передо мной документы, свидетельствующие об его избрании ученым советом Сада на должность консерватора высшего оклада, помощником директора, научным секретарем. Из экспедиций — Олонецкой, Астраханской, Мурманской — он привозит обширные сборы лишайников и занимается их детальным описанием. Затем изучает гербарные коллекции лишайников за рубежом — в Чехословакии, Германии, Австрии и Швеции. В 1930 г. Савич принимает участие в знаменитой Арктической экспедиции на «Седове» под руководством О. Ю. Шмидта, откуда привозит богатейший научный материал. Савич становится ведущим лихенологом страны, приобретает мировую известность. В 1931 г. вступает в Коммунистическую партию.

«В большинстве многочисленных работ В. П. Савича в области лихенологии, — написано в связи с его 70-летием, — тесно слиты почти на равных началах два направления — морфолого-систематическое и экологическое. В этом отношении В. П. выступил новатором (...) Можно сказать, что значительная часть нашей территории, особенно северные области, очень детально исследованы В. П. Савичем, что позволило ему еще в 1941 г. закончить обширное «Введение во флору лишайников Сибири и Средней Азии» (около 11 печ. листов) и подготовить картотеку по флоре лишайников всего Советского Союза...»⁶

В 1932 г. Савич становится заведую-

⁵ Там же.

⁶ Голлербах М. М., Полянский В. И.— Ботанический ж., 1955, т. X, № 2, с. 282.



Всеволод Павлович Савич и Екатерина Константиновна Косинская. Казань, 1943 г. Из Архива Ботанического института им. В. Л. Комарова АН СССР.

шим отделом споровых растений БИНа (до 1937 г. он был наряду с этим заместителем директора института), а в 1936 г., как мы уже знаем, в его жизнь входит «Природа».

«Мне, как председателю редакционной коллегии журнала «Природа», — писал С. И. Вавилов перед войной, в 1940 г., — пришлось работать вместе с В. П. Савичем в течение 5 лет, причем основная тяжесть редакционной работы всегда ложилась на В. П. Савича». И при этом добавлял, что «ему приходится вести несомненно самое трудное научное периодическое издание в стране...»¹.

Я поднимаюсь на второй этаж старинного корпуса БИНа — в кабинет, где Всеволод Павлович занимался научной работой и редактировал «Природу». Комната, как мне сказали, имеет уже совсем другой вид — перегороджена шкафами, мебель расставлена иначе. Но стол Всеволода Павловича сохранился — громоздкий (целый дом), зато удобный, как сказала его нынешняя владелица, преемница Савича, Нина Сергеевна Голубкова.

— Всеволод Павлович, — говорит Нина Сергеевна, — был мужественный человек — и по внешнему виду, и по существу. И держался так же. Даже в свои 70 не допускал, чтобы я поднимала тяжелые папки... Научный авторитет его был очень высок. Его имя присутствует в названиях многих новых видов споровых растений, описанных нашими и зарубежными ботаниками.

— После ухода на пенсию, — продолжает Нина Сергеевна, — Всеволод Павлович, как и раньше, приходил в институт ежедневно, ровно к началу работы. Он редактировал «Новости систематики низших растений», занимался нашей коллекцией. Советы его были незаменимы. Когда он в 1972-м умер — а смерть его была трагической, он попал под машину — я, вы понимаете, ощутила страх и пустоту: впереди никого не было. Настало время все решать самой.

Так говорят о дорогом и глубоко почитаемом человеке. И я — в который раз — горько сожалею, что не встретила с Савичем. Ведь в 1972 г., когда он умер, я уже давно не была новичком в «Природе». Он бы мне рассказал и о Казани...

В. П. САВИЧ И ДРУГИЕ

А теперь я еду в Дом ветеранов науки, где в связи с болезнью жены проводит свой отпуск доктор биологических наук М. М. Голлербах, долго, как мне говорили, работавший с Савичем и помогавший ему в делах «Природы».

Это уютное и комфортабельное здание расположено в маленьком парке, на границе Пушкина и Павловска (прогулка, о которой я мечтала в доезде, все-таки состоялась). Ко мне выходит высокий, очень любезный, спортивного вида человек.

— В Казани я не был, — разводит руками Максимилиан Максимилианович. — Ничего об этом времени сказать не могу. Попытайтесь разыскать Бориса Натановича Гиммельфарба или Рахиль Моисеевну Иохим-

¹ Архив БИН, ф. 12, ед. хр. 113.

ну. Они работали в «Природе» после войны, но, может быть, им что-нибудь известно, чего я не знаю.

— Что вы можете сказать о Савиче?

— Это был фантастически самоотверженный человек.

Вечером следующего дня в моем гостиничном номере появляется сухощавый, милый, интеллигентный Борис Натанович.

Сколько замечательных встреч подарила мне эта поездка в Ленинград! Мы разговаривали долго, как коллеги, как друзья. Борис Натанович — физик по образованию. Собирался заниматься астрономией. Свою первую статью он прислал в «Природу» с фронта, она называлась

«Первые результаты систематических наблюдений солнечной короны вне затмений» и была опубликована в № 4 за 1944 г. После окончания войны он начал работать в редакции.

— Это были лучшие годы в моей жизни,— немного застенчиво признается Борис Натанович.

Потом он работал лектором, преподавателем, а последние лет пятнадцать, перед уходом на пенсию, в ленинградской группе ВИНТИ.

— Много ли времени отнимала у Савича «Природа»? — спрашиваю я.

— Мне кажется, он ею был занят столько же, сколько и научной работой. Что было для него важнее — не знаю.

Несколько опережая отмеренные для очерка временные границы, я рискую задать не совсем, как понимаю, тактичный вопрос:

— Как в 1951 г. редакция отнеслась к переводу журнала в Москву?

— Нам всем,— рассказывает

Участники арктической экспедиции 1930 г. на ледокольном пароходе «Георгий Седов». В первом ряду: О. Ю. Шмидт, Б. Л. Исаченко, В. И. Воронин; во втором: Р. Л. Самойлович, В. П. Савич, В. Ю. Визе.



Б. Н. Гиммельфарб,— было, конечно, грустно расставаться с «Природой». Савич приехал из Москвы, где это ему сообщили, удрученный. К тому же, как вы знаете, его напоследок отнюдь не похвалили.

Да, я знала...

— Но если посмотреть на перемещение журнала с деловой стороны,— продолжает мудрый Борис Натанович,— то, наверное, это было правильно. «Природа» к тому времени как-то отдалилась от Академии наук. В Москве она получила новый импульс, вышла, как говорится, на более современный уровень.

— Вначале нам московский журнал не нравился, очень уж отличался он от ленинградского. Но примерно с 1970-х годов он стал строже и по стилю ближе к прежнему. Снова появился раздел, которым мы очень дорожили,— «Новости науки».

И на прощанье, возвращаясь к тому, что меня волновало, я очень осторожно (теперь боюсь своих версий!) делюсь предположением:

— Мне кажется, что в эвакуации, в Казани, Савич работал над изданием «Природы» один.

— Это на него похоже,— соглашается мой собеседник.

...Командировка закончилась. Вечером — поезд. А пока привожу в порядок растрепанные архивные папки, сбиваю листы в ровные стопки. И вдруг — там, где не ожидала, обнаруживаю рукопись Савича, содержащую, в частности, полное подтверждение моей версии:

«Получив указание от Академии наук о переносе издания журнала «Природа» в Казань, 7 ноября 1941 г. я вылетел на самолете из Ленинграда до ст. Хвойной и прибыл в Казань после тяжелой дороги в теплушке, находясь в дистрофии 2-й степени,— 27 ноября...

Портфель весь остался в Ленинграде, т. к. на самолет разрешено было взять лишь 15 кг личных вещей, поэтому я только привез для образца несколько номеров журнала и клише обложки и шапки журнала. Пришлось начать тяжелую работу в условиях войны, при трудностях связи с кочевавшими тогда возможными авторами, трудностях в получении адресов актива и сколачивать новый актив, а следовательно, и новый портфель.

...Можно было бы сделать и больше и лучше. Однако при оценке работы надо принять во внимание и жестокое сокращение состава оперативных работников редакции. Из штата в 4 человека (я, ответ-

ственный редактор, не состою в штате) в конце 1941 г. было оставлено редакции 1/2 штатных единицы, и на меня лично, волей-неволей, упала вся работа, т. к. и эта 1/2 единицы была загружена работой по другим журналам и по РИСО (Редакционно-издательскому совету АН СССР.— Н. У.) (...). Я лично, оправившийся от болезни лишь к концу 1944 г., был не только ответственным редактором, но и заведующим редакцией, и секретарем, и машинисткой, и техредом, вычитчиком, корректором, курьером, сидел по вечерам в типографии за корректора типографии... Надо сказать, что редакция (хотя это громко сказано, ибо она состояла из одного меня и иногда помогавшей мне жены ст. н. с. Е. К. Косинской) всегда неизменно чувствовала заботу со стороны председателя редколлегии С. И. Вавилова...

И здесь же:

«Оглядываясь на прошлое, я удивляюсь, откуда брались силы на все это. Очевидно, воля к победе... провела меня вместе с миллионами советских людей по ухабистой дороге того времени и дала необходимые силы»⁸.

Эти строки написаны Всеволодом Павловичем спустя почти полтора года после завершения войны, когда многое из того, что было сделано и пережито, выдилось уже как бы со стороны. Он вспоминал и подводил итоги, готовясь к выступлению перед Президиумом Академии наук СССР. Это заседание, состоявшееся 1 октября 1946 г., приняло решение: «Отметить большую работу, проделанную редакцией в тяжелых условиях эвакуации и резэвакуации, выразившуюся в том, что журнал выходил без перерыва во все время Отечественной войны, сохранив свое лицо»⁹. В. П. Савичу была выражена благодарность.

*

На очередной редакционной летучке я, как это у нас принято, отчитываюсь о командировке в Ленинград и спрашиваю совета, как мне обо всем, что я здесь рассказала, писать. Ведь для читателей журнала мои основные герои — не главные действующие лица, а те, кто остается за кадром и даже не всегда попадает в титры.

— Это и важно,— сказали мои товарищи по работе,— так и пиши!

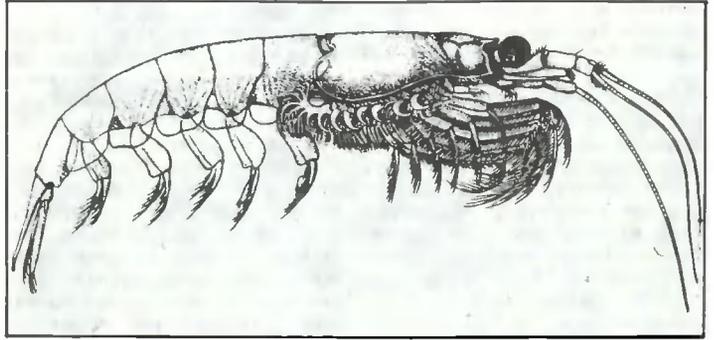
⁸ Там же, ед. хр. 102.

⁹ Архив АН СССР, ф. 2, оп. 6-а, д. № 57, л. 3—4.

Биология

Подводные наблюдения за антарктическим крилем

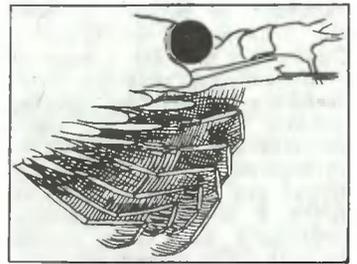
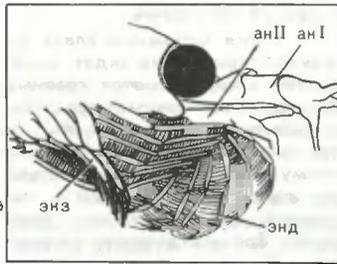
К. Н. Несис,
кандидат биологических наук
Москва



Антарктический криль [*Euphausia superba*].

Антарктический криль (*Euphausia superba*) — один из самых массовых обитателей водной толщи в морях Антарктики. Годовой вылов этого рачка достигает, по данным ФАО, полу-миллиона тонн. Криля ловит флот многих стран. Усиленно ведутся и научные исследования. Почти все, что мы знаем о криле, получено с помощью сетей и тралов. Непосредственных наблюдений за поведением криля крайне мало. В январе — феврале 1982 и 1983 гг. группа биологов-аквалангистов из Калифорнийского университета (США) провела два цикла наблюдений за поведением криля вблизи западного побережья Антарктического п-ова¹.

Криль — небольшой рачок, длина 4—6 см, питается планктонными водорослями. Он — фильтратор, его пищеводный аппарат — шесть пар грудных ножек. Каждая ножка расщеплена на внешнюю ветвь — экзоподит и внутреннюю — эндоподит. Эндоподиты похожи на тонкие густо опушенные ножки, экзоподиты — на короткие веслица, тоже густо покрытые щетинками. Когда рачок плывет, он тесно сжимает эндоподиты, которые обра-



зуют киль под грудью и не мешают плыть. Экзоподиты работают как весла и рули; ударяют они не все враз, а волной (метахронно), и рачок движется в воде плавно. Начав питаться, рачок замедляет движение и расставляет экзо- и эндоподиты ножек так, что образуется «корзинка», закрытая снизу и спереди. Щетинки соседних эндоподитов перекрываются, а экзоподиты разворачиваются на 90° и прикрывают щели между основаниями эндоподитов.

«Корзинка» получается столь плотной, что вода, загоняемая внутри нее сзади биением пла-

вательных брюшных ножек, не может выйти наружу, а вода спереди — войти внутрь (это подтверждено экспериментально с растворенным красителем). Набрав воду в «корзинку», рачок быстро сжимает эндоподиты и поднимает экзоподиты горизонтально. Вода с силой проталкивается сквозь фильтр из перекрывающихся щетинок и оставляет на них фитопланктон. С ножек пища передается на ротовые конечности и в рот. Цикл повторяется 1—5 раз в секунду.

Чтобы определить, по каким признакам рачки находят пищу, им предлагали пустые створки диатомовых водорослей, а также растворы различных органических веществ. На пустые створки рачки не реагировали, но растворы гистидина, молочной, уксусной и лимонной кислоты вызывали раскрытие «корзинки». Очевид-

¹ Hamner W. M. et al. — Science, 1983, v. 220, № 4595, p. 433.

но, рачки воспринимают растворенные вещества, выделяемые живыми фитопланктоном. Найдя пищу, они быстро плавают кругами, отфильтровывают водоросли и собирают их в шарик около рта, затем уплывают от стаи, чтобы без помех проглотить его, и снова возвращаются. Если водоросли скапливаются у самой поверхности воды, рачки переворачиваются брюшком вверх и быстро-быстро «обшаривают» поверхность воды ножками. Пятно высокой концентрации водорослей рачки могут обнаружить по растворенным веществам, делающим воду маслянистой. Такие пятна, кстати говоря, видны даже из космоса. Есть и другой способ сбора водорослей с поверхности воды. Рачки плывут по прямой под самой поверхностью, выставив из воды одну ветвь длинных двуветвистых антенн (первая пара усиков). Плавающие на поверхности частицы налипают на антенну и, если они съедобны, подбираются. Однажды в феврале в проливе Жерлаша, когда вода при наступившем штиле была как зеркало, биологи увидели целый «лес» выставленных из воды усиков, от которых расходились маленькие волны: это была большая стая криля. В лаборатории удалось наблюдать еще один способ питания криля. В аквариум опустили кусок льда с растущими на его нижней поверхности диатомовыми водорослями. Обнаружив водоросли, рачки начали выцарапывать их из размягчившейся части льда кончиками ножек, отфильтровывать через «корзинку» и поедать. Вероятно, таким способом рачки могут питаться зимой подо льдом.

Криль — стайное животное. За поведением криля в стаях биологи наблюдали в аквариуме и в море (проливах Дрейка и Жерлаша), в прозрачной и в мутной от «цветущего» фитопланктона воде. Стаи очень разнообразны по размеру — от крохотных, в несколько сот особей, до таких, что аквалангист при большой прозрачности воды и отличной видимости (30 м) не мог заметить конца стаи. Численность криля в больших стаях составляет 20—30 тыс. особей в 1 м³, маленькие стаи могут быть еще

более плотными — 75 тыс./м³. Того же порядка величины (50—60 тыс./м³) наблюдали в центре стаи и аквалангисты — участники экспедиции советского научно-исследовательского судна «Академик Книпович» в 1965 г.² Биомасса рачков в такой стае достигает 50 кг/м³.

Форма стай столь же разнообразна, как и размер, но обычно в одном направлении стая значительно меньше, чем в двух других: например, до 100 м в длину, до 10 м в высоту, но лишь 3—4 м в толщину. Она может напоминать тонкую занавеску, движущуюся широкой стороной вперед. Громадные стаи, с воздуха кажущиеся полшаровидными и сплошными, при взгляде из-под воды оказываются куполообразными. Такая форма позволяет рачкам в любое время выбраться из стаи на чистую воду и, следовательно, избежать истощения пищи или кислорода в центре скопления.

Хотя огромные глаза эвфаузиид прекрасно видят, особи в стае ориентируются главным образом по токам воды, создаваемым их соседями, т. е. по так называемым реотактическим стимулам. Это позволяет стаям не рассыпаться ночью и полярной зимой. Даже днем рачки больше доверяют осязанию. Движения стаи криля амбовидны, нет ничего похожего на мгновенные синхронные движения стаи рыб. Если на пути стаи поставить руку, рачки станут обтекать ее, но когда рука убрана, они по-прежнему совершают обходный маневр: каждый рачок точно повторяет движения предыдущего, и стая обтекает уже несуществующее препятствие.

Роль реотаксиса особенно заметна при встрече двух стай. Турбулентные завихрения при движении рачков распространяются главным образом назад и вниз, поэтому стая, находящаяся сверху, не ощущает приближающейся снизу. Если одна стая приближается к другой сзади и снизу, то обе стаи обычно сливаются, если она приближается сзади и сверху, то про-

ходит над нижней, не замечая ее, а когда стаи сближаются «лоб в лоб», рачки замечают друг друга поздно, пугаются и бросаются в разные стороны. При сильном испуге паника быстро распространяется, и стая может совсем рассеяться.

Скорость движения рачков зависит от их размера, поэтому в стаи подбираются особи одного размера. Однажды аквалангисты увидели стаю, в которую входили рачки двух размеров. Осторожно заставили стаю двигаться побыстрее и наблюдали, как она разделилась на две: крупные рачки вскоре оказались впереди, мелкие отстали.

Один из важнейших моментов в жизни ракообразных — линька. В норме линька криля происходит так: рачок отделяется от стаи, быстро — за доли секунды — сбрасывает старую шкуру, около минуты плывет медленно вперед, затем делает бросок и присоединяется к стае. Когда аквалангисты пугали стаю рачков, они наблюдали совершенно необыкновенное поведение: часть рачков «разбегалась» в разные стороны, а часть одновременно и мгновенно линяла, так что на месте стаи оказывалось скопление сброшенных шкурок. Это выглядело так, будто стая оставалась на месте! Естественно, такое поведение может обмануть хищника, но как рачкам удается столь точно синхронизировать линьку? Ведь линька вызывается медленно действующим гормональным механизмом. Очевидно, здесь имеет место прямой нервный контроль.

Обычная скорость стаи криля невелика — 0,4—0,5 км/ч. При быстром падении рачки сжимают эндоподиты грудных ножек в острый киль, выпрямляют и тесно сближают усики и плывут головой вперед, гребя плавательными брюшными ножками и экзоподитами грудных ножек. При бегстве, напротив, они плывут скачками, хвостом вперед, резко сгибая и разгибая брюшко. Рачки способны совершать скачки на расстояние до 2 м со скоростью до 1 м/с. Стаи рачков движутся горизонтально, а если погружаются или поднимаются, то под углом не более 5—10°. При быстром

² Рагулин А. Г. — Труды ВНИРО, 1969, т. 66, с. 231.

движении и в плотной стое «пищевая корзинка» никогда не раскрывается. При поиске пищи стая рассредоточивается, и рачки теряют общую ориентировку. Поэтому питание и направленное перемещение стаи несоместимы. Организованное движение стаи — способ найти обособленные пищевые пятна, а интенсивное индивидуальное обшаривание пятна помогает рачкам быстро выесть скопление водорослей. Таким образом, криль ищет пищу не случайно, а целенаправленно и питается далеко не непрерывно.

Криль — нелегкий объект для промыслового лова: он распределен локальными подвижными стаями. Подводные наблюдения за поведением рачков позволят выработать оптимальные методы эксплуатации и охраны запасов этого важнейшего промыслового ресурса антарктических вод.

Геология

Термитники

И. В. Бондырев,
кандидат географических наук
Тбилиси

Жителя наших северных широт, впервые путешествующего по африканской саванне, поражают конусообразные строения, нередко достигающие высоты трехэтажного дома. Это термитники — гнезда общественных насекомых, термитов. Свои громадные дома (от 2 до 12 м высотой с диаметром основания 4—35 м и объемом 80—800 м³) термиты строят из измельченной древесины или разрыхленной почвенной массы, которую они выносят иногда с глубины 0,5—1,8 м. Термитники настолько прочны, что разрушить их удается только взрывчаткой, а чтобы вырубить в теле заброшенного термитника углубление (местные жители часто используют термитники как печь для выпечки хлеба), приходится приложить немало усилий: трем



Один из многочисленных африканских термитников.

сильным мужчинам, сменяющим друг друга в работе, удается вырубить кирками нишу размером 0,5×0,7 м лишь за три часа непрерывного труда.

Количество термитников в различных африканских ландшафтах существенно различается: в тропических лесах на каждом гектаре встречается до 875 термитников, а в саваннах — всего около 80—85. Постройки термитов, разбросанные, казалось бы, хаотически, в действительности с довольно четкой закономерностью размещены на местности. Как только мы нанесли на составленные нами структурно-геоморфологические карты ряда районов тропической африканской зоны расположенные там термитники, то увидели, что они приурочены к линиям тектонических нарушений и зонам трещиноватости.

Это объясняется, по-видимому, тем, что термиты, готовясь основать новую колонию и приступая к строительству подземной части своего гнезда, выбирают для него участки с более рыхлым грунтом, который им легче вынимать. В Восточной Африке, где поверхность земли покрыта жесткими железистыми «кирасами» и россыпями квар-

цевого материала, участки с более рыхлым грунтом чаще всего приурочены именно к разрывным нарушениям и трещинам.

Довольно хорошее совпадение (60—65 %) геологических структур, выявленных нами на исследованных территориях Африки по обычным геологическим признакам и по расположению термитников, на наш взгляд, — несомненное свидетельство связи этих построек со структурой и геологическими условиями местностей, на которых находятся термитники.

Следовательно, термитники могут служить для геолога дополнительным поисковым критерием, и если учесть, что естественная обнаженность пород в саванне крайне плохая, то роль такого поискового критерия, столь четко выраженного в рельефе, очень значительна. Более того, химический анализ материала, послужившего для постройки термитников, дает возможность с достаточной точностью судить и о составе горных пород, слагающих участок на глубине 0,5—1,8 м.

Так, с совершенно неожиданной стороны, проявляется значение этих биогенных форм тропического рельефа.

Астрофизика

Открыт новый внегалактический пульсар

В 1984 г. список пульсаров пополнился: речь идет об объекте PSR 0540-69.

Открытие в 1967 г. пульсаров ознаменовало начало очень плодотворного этапа в исследовании эволюции звезд. Предсказанные теоретиками в 30-е годы нейтронные звезды неожиданно проявили себя как источники периодического импульсного излучения — пульсары. Подавляющее большинство пульсаров были впервые обнаружены в радиодиапазоне. (Напомним, что принято различать «пульсары» и «рентгеновские пульсары»; первые — это вращающиеся нейтронные звезды с сильным магнитным полем, в которых кинетическая энергия вращения звезды превращается в энергию электромагнитного излучения; вторые — нейтронные звезды, входящие в системы, в которых рентгеновское излучение генерируется за счет аккреции вещества.) Лишь у некоторых из пульсаров удалось зарегистрировать периодическое излучение в оптическом, рентгеновском и γ -диапазонах.

PSR 0540-69 — второй из известных внегалактических пульсаров; он находится в Большом Магеллановом Облаке — спутнике нашей Галактики. Это второй пульсар, обнаруженный в рентгеновском диапазоне (а не в радио) с помощью космической обсерватории «Эйнштейн»¹. И, наконец, это третий в списке пульсаров, от которых удалось зарегистрировать оптическое излучение (первые два — пульсары в Крабовидной туманности и в созвездии Пару-

сов). В оптике новый пульсар выглядит как звезда 23-й величины. Столь слабый объект наблюдали Дж. Мидледи (J. Midleditch; Лос-Аламосская лаборатория, — Нью-Мехико, США) и К. Пеннипакер (C. Penpuckker; Университет Беркли, Калифорния, США), проводившие наблюдения на высокогорной обсерватории Сьеро-Толло (Чили) в августе — сентябре 1984 г.²

Самое примечательное в новом пульсаре — удивительное сходство его характеристик с характеристиками одного из самых «молодых» среди известных пульсаров — пульсара в Крабовидной туманности³. Оба они находятся в остатках вспышек сверхновых. Их периоды составляют 50 и 33 мс, возраст (определяемый по замедлению периода) — 1660 и 1200 лет, соответственно. Оценки магнитного поля приводят к величинам $3 \cdot 10^{12}$ Гс (Краб) и $4 \cdot 10^{12}$ Гс (PSR 0540-69). Единственное (но существенное) отличие состоит в отношении оптической светимости пульсара к светимости остатка сверхновой: для Краба эта величина составляет 0,1 %, для нового пульсара — 2 %.

Не увенчались пока успехом попытки обнаружить радиоизлучение от нового пульсара. Впрочем, это не удивительно: при расстоянии до Большого Магелланова Облака около 60 килопарсек (что примерно в 30 раз дальше, чем до Крабовидной туманности), импульсы должны «размываться» за счет дисперсии в межзвездной среде. В этих условиях получение импульсного периодического сигнала в радиодиапазоне потребует от наблюдателей большого искусства и настойчивости.

Можно ожидать, что наблюдения, запланированные на ближайшее время всеми обсерваториями Австралии и Южной Америки (дело в том, что Большое Магелланово Облако можно наблюдать только с Южного полушария Земли), принесут новые интересные результаты.

Л. И. Гураиц
Москва

Астрофизика

Спектральные линии в дециметровом диапазоне волн

Успехи спектроскопических исследований космического радиоизлучения хорошо известны. Это результаты наблюдений в линии нейтрального водорода, рекомбинационных линиях различных элементов, в линиях (включая мазерные) более 50 молекул и их изотопов. Причем перечисленные исследования всегда были делом высокочастотной радиоастрономии — миллиметровой, сантиметровой, дециметровой. До недавнего времени самой длинноволновой была рекомбинационная линия водорода (1,25 м), обнаруженная в направлении центра Галактики.

Исследования, проведенные харьковскими радиоастрономами из Института радиофизики и электроники АН УССР на телескопе УТР-2, показали, что спектральные линии могут наблюдаться и на предельно низких частотах, доступных наземной радиоастрономии — в дециметровом диапазоне волн¹. Так, в направлении источника Кассиопея А удалось обнару-

² New Scientist, 1984, № 1430, p. 22.

³ Ruderman M. — In: Proc. of the Cornell Sump. on New Directions in Astrophysics, Itaka, 1984.

¹ Seward F. D. et al. — Astrophys. J. Lett., 1984, v. 287, № 1, part 2, L 19.

¹ Коноваленко А. А. — Письма в АЖ, 1984, т. 10 № 11, с. 846.

жить рекомбинационные линии углерода на ряде частот: от 16,7 до 30 МГц (длины волн 18—10 м). Такие линии — самые низкочастотные из всех известных не только в космосе, но и в лабораторной спектроскопии. Уровни возбуждения атомов, на которых возникают наблюдаемые линии, исключительно высоки и соответствуют главным квантовым числам 603—732. (Размеры столь сильно возбужденных атомов огромны — они приближаются к 0,1 мм!)

В ходе исследований были выявлены интересные особенности обнаруженных линий поглощения, в частности значительная величина уширения, обусловленная взаимодействием возбужденных атомов с электронами и с нетепловым галактическим излучением. Из анализа наблюдаемых параметров линий найдены физические условия в среде; они в наибольшей степени соответствуют диффузным межзвездным облакам, где водород находится преимущественно в атомарной форме, а источник ионизации углерода — суммарное ультрафиолетовое излучение с длиной волн, превышающей 912 Å.

Эксперименты харьковских радиоастрономов¹ подтверждены и дополнены исследованиями, проведенными на радиоастрономической станции Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР (Пушино)². В направлении Кассиопеи А были обнаружены линии поглощения на несколько более высоких частотах: 42, 57, 84 МГц. Столь значительное расширение диапазона частот (сейчас он составляет 16,7—84 МГц) очень важно для уточнения физических параметров и моделей межзвездных облаков в указанном направлении.

Оригинальные исследования по радиоспектроскопии межзвездной среды на декаметровых и метровых волнах, проведенные в СССР, недавно были повторены радиоастрономами США и Индии.

С помощью радиотелескопа УТР-2 удалось обнаружить

декаметровые линии углерода и в других галактических объектах — в плоскости Галактики в направлении вдоль местного рукава и вблизи туманности Орион В. Эти линии обнаружены на фоне галактического радиоизлучения, которое на низких частотах столь интенсивно, что позволяет наблюдать линии поглощения даже без мощных дискретных источников, в результате для декаметровой радиоспектроскопии становится доступной любая область Галактики.

Расчеты показали, что рекомбинационные линии углерода на декаметровых волнах могут быть удобным и эффективным средством диагностики разреженной межзвездной плазмы. С их помощью можно изучать тепловое и ионизационное состояние диффузных межзвездных облаков, зон ионизованного углерода в темных пылевых и молекулярных облаках, окрестностей эмиссионных туманностей и получать информацию, недоступную другим астрофизическим методам исследований.

Письма в АЖ, 1984, т. 10, № 12, с. 843.

Астрофизика

Оптические вспышки от источников γ -всплесков!

Хотя космические γ -всплески обнаружены более 10 лет назад и установлено, что их источниками являются нейтронные звезды, много проблем, связанных с этим явлением, не решено до сих пор.

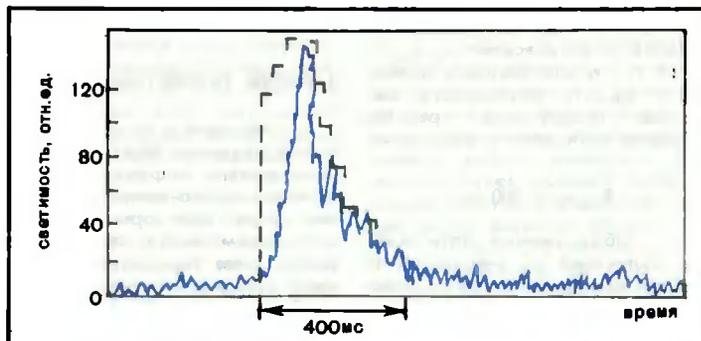
Большие надежды возлагаются на оптическое отождествление γ -всплесков, однако пока удалось установить лишь отсутствие стационарных оптических партнеров (даже среди слабых звезд 20—22-й величин).

Наибольшее внимание привлекает самый мощный γ -всплеск, происшедший 5 марта 1979 г. Он зарегистрирован сразу десятком спутников, что позволило установить его расположение на небе с точностью, лучше квадратной угловой минуты дуги¹. Положение этого всплеска на небе совпало с остатком сверхновой N 49 в Большом Магеллановом облаке, находящемся от нас на расстоянии около 55 килопарсек. Кроме того, в этом районе наблюдалось более десятка всплесков, уже гораздо более слабых, что указывало на повторяемость события.

Специалисты Южной европейской обсерватории провели серию наблюдений той области неба, откуда пришел γ -всплеск 5 марта 1979 г. В течение почти пяти месяцев — с 5 октября 1983 г. по 23 февраля 1984 г. — каждую ночь 50-сантиметровый телескоп обсерва-

¹ Мазец Е. П. и др.— Письма в Астрон. ж., 1979, т. 5, № 7, с. 307.

Оптический всплеск (цветная линия) 8 февраля 1984 г. из области неба, где наблюдался мощный γ -всплеск 5 марта 1979 г. (черная линия). По вертикальной оси показана светимость в оптическом диапазоне; масштаб светимости в γ -области выбран так, чтобы в максимуме на графике L_γ совпала с $L_{\text{опт}}$.



² Ершов А. А. и др.— Письма в АЖ, 1984, т. 10, № 11, с. 833.

тории направлялся на эту область неба и любой принимаемый оттуда оптический сигнал непрерывно записывался с временем накопления от одной до четырех тысячных долей секунды. Общее время наблюдений составило 910 часов.

Естественно, львиную долю времени шла запись слабого оптического фона. В поле зрения телескопа попало несколько десятков вспышек разной яркости, связанных с событиями на Земле или вблизи нее, вспышки молний, полеты самолетов, метеорные вспышки, полеты искусственных спутников Земли. Детальный анализ каждой оптической вспышки позволил отнести ее к тому или иному событию, и лишь три события не удалось объяснить не чем иным, как космическим явлением вне Солнечной системы.

Наиболее интересен всплеск 8 февраля 1984 г. (см. рис.). Его длительность (около 0,4 с) и форма импульса близки к соответствующим характеристикам всплеска 5 марта 1979 г., хотя имеется важное отличие: время нарастания оптического сигнала составило 0,11 с, а у γ -всплеска это время было меньше 0,0002 с. Яркость источника в момент максимума соответствовала звезде 8,7-й величины, т. е. поток энергии составил 10^{-9} эрг·с/см², а полная энергия оптического всплеска на Земле равнялась $1,6 \cdot 10^{-10}$ эрг/см². Это примерно в миллион раз меньше, чем энергия и светимость γ -всплеска 5 марта 1979 г.

Отсутствие одновременного с оптическим γ -всплеска, который могли бы наблюдать на одном из четырех летающих в настоящее время космических аппаратов, позволило установить верхний предел отношения светимости в γ -диапазоне к оптической: $L_{\gamma}/L_{\text{опт}} < 6 \cdot 10^3$, а длительность переднего фронта оптического импульса ограничивает размер области оптического излучения:

$$R_{\text{опт}} < 30\,000 \text{ км.}$$

Обнаружение оптического излучения от γ -всплеска (в случае его реальности) открывает новую область исследования этих загадочных объектов Все-

ленной; возможно, оно позволит решить споры о механизме излучения γ -всплесков и о расстоянии до нейтронных звезд, на которых они происходят.

Nature, 1984, v. 312, p. 46 (Великобритания).

Астрономия

Лед в оболочке кометы

Давно предполагалось, что в состав вещества комет должен входить лед. Однако экспериментальных подтверждений этому до сих пор почти не было.

Марта С. Ханнер (M. S. Hanper; Лаборатория реактивного движения, Пасадена, США) изучала комету Цернис 19831, открытую 19 июля 1983 г.

Комета была обнаружена в ее перигелии, на расстоянии всего 3,32 радиуса земной орбиты от Солнца. Чтобы надежно определять состав вещества кометы, необходимо, чтобы она находилась именно в этой области Солнечной системы: на больших расстояниях ее трудно наблюдать, а на меньших — лед с ее поверхности может испариться.

Исследования спектров отраженного кометой света показали, что в ее коме присутствует полоса поглощения с длиной волны между 2,9 и 3,0 мкм, соответствующая поглощению обыкновенного водяного льда.

Astrophysical Journal Letters, 1984, v. 277, L75—L78 (США).

Астрономия

Поиски планетных систем

Недавно с помощью приборов спутника ИРАС было зафиксировано инфракрасное излучение газово-пылевых оболочек вокруг некоторых соседних с Солнцем звезд. Но угловое разрешение телескопа на спутнике оказалось недостаточным, чтобы решить вопрос о форме оболочек: сферические они или

представляют собой диски, вращающиеся вокруг звезд. Без этого трудно судить о происхождении оболочек и их связи с ожидаемыми у звезд планетными системами.

Исследовать форму оболочек можно и в оптическом диапазоне — качество изображения на крупных телескопах позволяет это сделать, но мешает рассеянный в земной атмосфере и в оптической системе телескопа свет самой звезды. По той же причине мы не видим солнечную корону в периоды между затмениями: ее яркость много меньше, чем у рассеянного в атмосфере солнечного света. Правда, астрономы уже давно научились делать искусственное солнечное затмение, закрывая непрозрачным диском изображение Солнца в телескопе. А если телескоп находится высоко в горах в условиях высокой прозрачности воздуха, то с помощью этого метода удастся сфотографировать наиболее яркие части короны.

Подобную же «хитрость» применяли американские астрономы Б. Смит и Р. Террил (B. Smith, R. Terill) для исследования оболочки вокруг звезды Бета Живописца — одной из оболочек, обнаруженной приборами ИРАС.

Для наблюдений использовался 2,5-метровый рефлектор высокогорной обсерватории Лас-Кампанас (Чили), в фокусе которого вместо фотопластины крепили твердотельный приемник оптического излучения. Прямой свет звезды был перекрыт небольшим темным кружочком; кроме этого ученые применили дополнительную «хитрость» — записали в память ЭВМ изображение рассеянного света от похожей звезды, а затем вычли его из изображения окрестностей Бета Живописца. В результате был получен «портрет» околозвездной газово-пылевой оболочки. Она оказалась диском с радиусом не меньше 400 а. е. Диск повернут к нам ребром и поэтому частично закрывает саму звезду.

Бета Живописца находится недалеко от Солнца, на расстоянии в 50 св. лет. Ее масса вдвое больше солнечной, а возраст составляет сотни миллионов лет. Этого достаточно, чтобы

околозвездные частицы успели сформировать диск и даже планеты в его центральной части. Но обнаружить планеты, если они и существуют, сейчас невозможно: центральная часть диска радиусом 100 а. е. пока не поддается исследованию — во время проведенных наблюдений она была спрятана под темной маской вместе со звездой.

Большие перспективы сулят исследования с помощью крупных космических телескопов, так как при отсутствии рассеянного в атмосфере света станет возможным изучение близких к звезде областей. Если в них не обнаружат рассеянного вещества, это станет серьезным аргументом в пользу существования там планет, которые своим гравитационным возмущением должны выбрасывать вещество на периферию планетной системы. Таким образом, газово-пылевой диск в действительности может оказаться «бубликом», что было бы очень желательно в связи с поисками планет у других звезд. Но независимо от этого, само существование протопланетных дисков у некоторых звезд говорит в пользу большой распространенности планетных систем в нашей Галактике.

Sky and Telescope, 1984, v. 68, № 6, p. 509 (США).

Метеоритика

Второй лунный метеорит

Японские исследователи сообщили, что в своей коллекции антарктических метеоритов они обнаружили «экспонат», который попал к нам с поверхности Луны. Это второй подобный метеорит, найденный на Земле¹.

На 9-м симпозиуме по метеоритам Антарктиды, проводившемся в Токио в марте 1984 г., К. Янаи и К. Хидеяцу (К. Yanai, K. Hideyasu; Национальный институт полярных исследований в Токио, Япония) представили убедительные доказательства лунного происхожде-

дения этого метеорита. Когда 25-граммовый метеорит, названный Ямато 791197, разрежали на тонкие пластины (шлифы), на общем темно-коричневом фоне выступили вкрапления более светлых минералов. Крупные вкрапления содержат главным образом плаггиоклаз и в меньшем количестве — пироксен и оливин. Мелкие вкрапления представляют собой индивидуальные минеральные фрагменты. Интересно, что большинство вкраплений обнаруживают признаки ударных возмущений. Кроме того, в веществе метеоритных пластин найдено несколько маленьких стеклянных шариков.

Дж. Тейлор и К. Кил (J. Taylor, K. Keill; Университет в Нью-Мексико, США) — специалисты по метеоритам и лунным породам, исследуя представленные им тонкие пластины метеорита Ямато, пришли к заключению, что его материал идентичен одному из типов материковых пород Луны — реголитовым брекчиям. Эти лунные породы сформировались из лунного грунта и фрагментов горных пород в результате метеоритных ударов.

Имеются и другие доказательства лунного происхождения метеорита Ямато. Янаи и Хидеяцу обнаружили, что соотношение в нем магния и железа (в пироксенах и оливинах) примерно вдвое ниже, чем в наиболее близком типе метеоритов, но почти такое же, как в лунных породах. В дополнение Р. Клейтон (R. Clayton; Университет в Чикаго) определил изотопный состав кислорода в образце метеорита Ямато. Полученные значения в точности отвечают изотопному составу кислорода Луны. И хотя данные еще немного, все они хорошо согласуются между собой. Правда, имеется класс метеоритов с изотопным составом кислорода, близким к лунному, но минералогия этих метеоритов совершенно иная, чем у лунных пород и метеорита Ямато.

Наиболее волнующая сторона открытия состоит в том, что метеорит Ямато представляет собой продукт много ударного события, нежели то, с которым связано образование первого лунного метеорита, найден-

ного в Антарктиде. Возможно, новый метеорит попал на Землю из района, который находится около видимого края Луны или даже на ее обратной стороне. Science, 1984, v. 224, № 4646, p. 274 (США).

Физика

Черенковское излучение от «густка» света

Известно черенковское излучение от заряженных частиц, летящих со скоростью, большей скорости света в среде¹. Недавно американские ученые Д. Остон, К. Чонг, Дж. Волдманис и Д. Клейнман (D. Auston, K. Cheung, J. Valdmanis, D. Kleinman) зарегистрировали черенковское излучение от светового импульса, проходящего через электрооптическую среду.

Сфокусированный густок света (цуг световых колебаний) длительностью 100 фс (1 фс = 10^{-15} с), полученный с помощью лазера на красителе с длиной волны 0,625 мкм, энергией 10^{-10} Дж и частотой повторения 150 МГц, пролетал через кристалл танталата лития. Свет создавал усредненную поляризацию среды, которая переносилась с групповой скоростью, превышающей фазовую скорость излучаемых волн. В результате от светового густка с характерным черенковским конусом отходила волна инфракрасного света, которая диагностировалась другим импульсом по электрооптическим изменениям в среде. Амплитуда поля в излученной инфракрасной волне составляла примерно 10 В/см, длительность импульса была примерно равна наносекунде (1 нс = 10^{-12} с). По мнению исследователей, этот эффект может быть использован для получения коротких импульсов дальнего инфракрасного излучения, исследования свойств среды, причем с помощью более мощных лазеров можно получить амплитуду поля около десятков кВ/см.

¹ См.: Метеорит с Луны? — Природа, 1983, № 10, с. 104.

¹ Подробнее об этом см.: Излучение Вавилова — Черенкова: 50 лет открытия. — Природа, 1984, № 10, с. 74.



Схема эксперимента по получению и наблюдению черенковского излучения от светового импульса, проходящего через электрооптическую среду.

Эффект черенковского и переходного излучения от волн из-за нелинейной поляризации среды был впервые рассмотрен Г. А. Аскарьяном в начале 60-х годов⁷. Исследовались случаи излучения не только для электрооптических сред (в которых поляризуемость среды различна для двух противоположных направлений электрического поля из-за присутствия внутрикристаллического или внешнего поля — в этом случае высокочастотное поле дает усредненную дипольную поляризацию), но и для любых сред, в том числе и естественных. В них усредненная по световой частоте нелинейная сила, связанная с градиентом поля волны, вызывает поляризацию среды; в результате создается более сложное мультипольное распределение зарядов, которое переносится вместе со светом. При этом наиболее интенсивно излучаются волны, длина которых соизмерима с размерами светового сгустка.

Г. А. Аскарьян рассмотрел также излучение радиоволн светом и излучение радиоволн радиоволнами. Было отмечено, что короткие сгустки поля можно получить от биений при сложении волн с разными частотами; это не только упрощает реализацию эксперимента, но и делает более доступным наблюдение эффектов от модулированных волновых пучков.

Physical Review Letters, 1984, v. 53, № 16, p. 1555—1558 (США)

Аскарьян Г. А. — ЖЭТФ, 1962, т. 42, с. 1362; 1963, т. 45, с. 643.

Физика

Получение ультракоротких акустических импульсов

А. Там (A. Tam; Исследовательская лаборатория фирмы «Ай-Би-Эм», Сан-Хозе, Калифорния, США) предложил способ неразрушающей генерации ультракоротких (10^{-9} с) акустических импульсов в твердых телах.

В настоящее время, несмотря на использование пикосекундных лазерных импульсов для генерации ультразвуковых колебаний, наименьшая зарегистрированная длительность акустического импульса составляет 10^{-8} с. Причина такого «удлинения» — конечное время срабатывания акустического детектора и шероховатость поверхности образца. Но даже при использовании детектора с пренебрежимо малым временем срабатывания длительность импульса ограничена временем его прохождения через исследуемый образец; все это накладывает принципиальные ограничения на толщину образца.

В проведенном экспери-

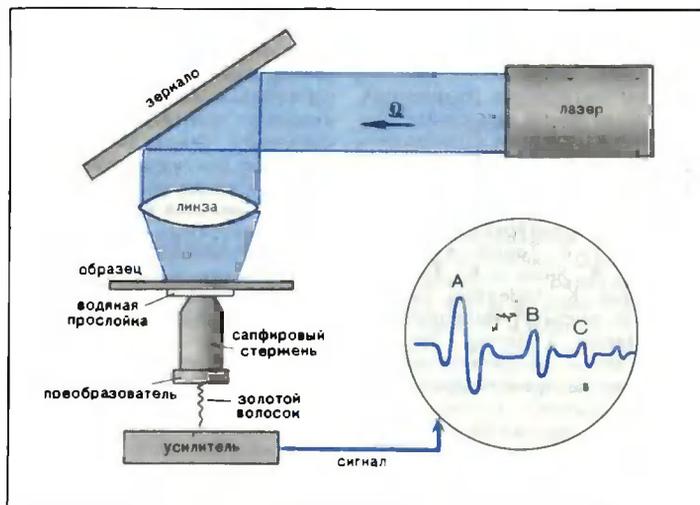
Схема установки по генерации ультракоротких акустических импульсов в твердых телах. Ω — частота лазерного импульса.

менте лазерный импульс длительностью $5 \cdot 10^{-10}$ с, имеющий энергию 1,5 Дж, фокусировался в пятно размером $2 \times 0,5$ мм на полированный образец (из стали, полимера, полупроводника и т. д.).

Акустический сигнал через водяную прослойку, расположенную на обратной стороне образца, и через сапфировый буферный стержень передавался на преобразователь акустических сигналов (пленка окиси цинка толщиной 5 мкм) с временем срабатывания 10^{-9} с. (Время срабатывания такого преобразователя накладывает ограничения на возможность использования более коротких импульсов.)

Первый импульс А (см. рис.) соответствовал первому пересечению образца звуком; остальные, затухающие импульсы В, С и т. д. — повторным отражениям импульса от границ внутри образца. Полуширина импульса А составила $8 \cdot 10^{-10}$, что на порядок меньше полученных во всех предыдущих экспериментах.

Ультракороткие акустические импульсы — идеальное средство для измерения толщины образцов, скорости в них звука, а также коэффициентов поглощения звука. В таких измерениях регистрируются изменения в расположении отраженных импульсов В, С и т. д. по отношению к импульсу А. Уменьшение в 10 раз длитель-



ности импульсов увеличивает в 10 раз точность измерений.

Таким образом, данный метод обладает большей чувствительностью и может применяться для исследования тонких пленок и обнаружения микродефектов в образце. Автор предполагает использовать в дальнейшем бесконтактную технику детектирования акустических сигналов, что еще более уменьшит их длительность.

Applied Physics Letters, 1984, v. 45, № 5, p. 510—512 (США).

Физическая химия

Причина образования газов при разрушении твердых тел

Известно, что механическое разрушение твердых тел сопровождается выделением газов, которые, как принято считать, находятся в объеме твердого тела¹.

А. П. Гай, М. П. Глазунов, Л. Т. Журавлев и др. (Институт физической химии АН СССР) исследовали процесс образования газообразных продуктов при разрушении твердых тел в вакууме. В процессе механического разрушения образцов из кристаллического и плавящего кварца, молибденового стекла, алюминия, никеля, латуни, хлористого натрия и политетрафторэтилена при комнатной температуре в вакууме порядка 10^{-5} мм рт. ст. выделялись газообразные продукты, состав которых исследовался с помощью масс-спектрометра. Было установлено, что образование газов связано с возникновением свежей поверхности при механическом разрушении образца. Уже имелись данные, что разрушение различных твердых тел сопровождается эмиссией электронов и положительных ионов со свежобразованной поверхности излома. Эти электроны могут ионизовать остаточные газы в вакууме, а также вызвать ионизацию воды

и других веществ, адсорбированных на стенках камеры и образце.

В опытах с изотопными разновидностями воды исследователи из Института физической химии подтвердили, что именно предвременно адсорбированная на поверхности образцов вода является источником появления водорода и оксидов углерода: при образовании свежей поверхности излома возникает поток электронов, который воздействует на молекулы воды. Образование газообразных продуктов не зависит от материала ножа и структурных особенностей образцов.

Таким образом, по мнению авторов работы, поверхностный механизм выделения газов является преобладающим по сравнению с их выделением из объема образца.

Доклады АН СССР, 1984, т. 277, № 2, с. 388—390.

Химия

Экстракция металлов с помощью криптанов

Кислородсодержащие макроциклы, к которым относятся и краун-эфиры, зарекомендовали себя как высокоэффективные экстрагенты. С 1969 г. к ним добавились криптанды — макроциклические диазаполиоксасоединения. Они содержат наряду с кислородными и азотные электродонорные группы, т. е. являются бициклическими и трициклическими лигандами. Подобно краун-эфирам, криптанды образуют комплексы с ионами металлов, которые располагаются в центральной полости макроцикла. Бициклические криптанды образуют с солями металлов трехмерные комплексы включения, отличающиеся высокой стабильностью.

Согласно результатам исследований, проведенных Б. Н. Ласкориним, В. В. Якшиным и А. Т. Федоровой (Всесоюзный научно-исследовательский институт химической технологии, Москва), в ряде экстракционных процессов криптанды оказались много эффективнее краун-эфиров. Например, при извлечении нитратов щелочных металлов из

их водных растворов эффективность раствора криптанда в 4—70 раз превысила эффективность соответствующих растворов краун-эфиров.

Столь высокие экстракционные свойства криптанов связаны со специфичностью их пространственной и электронной структуры. Поэтому у них еще большая, чем у краун-эфиров, зависимость селективности разделения от природы органического растворителя. Более того, подбирая для криптанов различные органические растворители, можно изменить порядок извлечения катионов. Другая возможность регулировать процессы экстракции — вводить в водные растворы различные органические и неорганические анионы. Так, при использовании хлоридов калия, натрия и рубидия наблюдались аномально высокие коэффициенты распределения металлов между водной и органической фазами. Значительное влияние на процессы экстракции криптандами оказывает концентрация солей в водной фазе (солевой фон).

Доклады АН СССР, 1984, т. 276, № 1, с. 169—172.

Биохимия

Биологическая мембрана из полимеров

Изучение физико-химических процессов, протекающих на биологических мембранах, во многих случаях затруднено из-за сложности и многокомпонентности биомембран. Именно этим обусловлен значительный интерес исследователей к свойствам простых модельных систем, среди которых широко известны бислойные липидные мембраны. Однако эти модели обладают существенными недостатками; например, могут менять свою структуру и обладают малыми размерами. Кроме того, по ряду физико-химических характеристик они весьма отличаются от биологических мембран: практически не имеют ионной селективности и их электрическое сопротивление превосходит на четыре и более

¹ См., напр.: Ходяков Г. С. Физика измельчения. М., 1972.

порядков значения, типичные для природных мембран.

Сотрудники Научно-исследовательского института по биологическим испытаниям химических соединений Министерства медицинской промышленности СССР и АН СССР разработали новую модель биологической мембраны; она представляет собой полимерную пленку, пропитанную различными жидкими липидоподобными веществами: жирными кислотами или их эфирами, а также растительными маслами. Многие удельные физико-химические параметры такой модельной системы, например электрические сопротивления и емкость, K^+ / Na^+ -потенциал, проницаемость для жирных кислот, воды, газов и т. д., совпадают с соответствующими характеристиками природных биомембран. В опытах с новой моделью удалось подробно изучить механизм транспорта воды через наиболее проницаемые клеточные мембраны — оболочки красных кровяных телец (эритроцитов). Оказалось, существуют два пути, по которым вода проходит через подобные мембраны: во-первых, диффузия через жидкий липид и, во-вторых, транспорт по структурированным водным ассоциатам, образующимся на полимерной матрице и играющим роль каналов. Количественное соотношение двух этих потоков зависит от состояния находящегося в мембране ионно-обменных, например карбоксильных, групп.

Предполагается, что пропитанные жидкими липидоподобными веществами полимерные пленки, благодаря большому размеру, высокой стабильности, контролируемому составу, а также удачным физико-химическим свойствам, будут широко использоваться. Так, они весьма эффективны при изучении транспорта ионов с участием ионофоров, белков — молекулярных генераторов электрического тока, при исследовании механизмов действия мембранотропных химических веществ (т. е. обладающих способностью взаимодействовать с мембраной), например антидепрессантов.

Биологические мембраны, 1984, т. 1, № 9, с. 954—963.

Вирусология

Экспресс-диагностика гриппа

Сотрудники Института иммунологии Министерства здравоохранения СССР и Института вирусологии АМН СССР им. Д. И. Ивановского разработали новый способ диагностики гриппа, позволяющий значительно повысить процент точности диагноза. Способ позволяет обнаружить так называемый матриксный белок вируса гриппа в исследуемом материале (белок М) в концентрациях, близких к 0,5 нг/мл. С помощью этого метода было исследовано 184 образца носоглоточных смывов, полученных из клиники Института вирусологии. Из них 153 смыва были взяты в разные сроки от больных с острыми респираторными вирусными заболеваниями. 31 человек служил контролем. В результате исследований гриппозные антигены были обнаружены у 97 больных людей (63 % случаев) и не найдены в контрольной группе. В то же время при использовании обычного способа диагностики — на куриных эмбрионах — положительные результаты были получены в 12 % случаев.

В ряде вариантов нового метода процент положительных результатов возрастал до 76 %. Если же исследуемый материал брали на 2—3-й день болезни, количество положительных результатов доходило до 83 %. С помощью этого метода удается также обнаружить так называемые стертые и клинически не проявляемые формы гриппа.

Новый метод был успешно апробирован для диагностики гриппа во время вспышки, вызванной вирусом гриппа В в Москве зимой 1984 г. Высокая частота выявления белка М при гриппе наряду с быстрой постановкой теста (не позднее 4 часов), возможность исследовать большое число проб, объективность получаемых результатов, относительная простота оборудования — все это позволяет рекомендовать данный вариант иммуноферментного метода для ранней диагностики гриппа в условиях практических медицинских и санитарно-эпидемиологи-

ческих учреждений. Немаловажно и то, что экспресс-диагностика может быть обеспечена реагентами отечественного производства.

Вопросы вирусологии, 1984, т. 29, № 4, с. 417—419.

Медицина

Лечебное действие РНК

Издавна известно, что пивные дрожжи помогают излечиться от многих заболеваний. Как показали А. М. Земсков, В. М. Земсков, В. Г. Передерий и др. (Воронежский медицинский институт), РНК дрожжей устраняет приобретенную (так называемую вторичную) иммунную недостаточность, характерную для больных с различными хроническими заболеваниями, в том числе инфекционной формой бронхиальной астмы, хроническим бронхитом, хронической пневмонией, ревматизмом, язвенной болезнью. Обнаружена связь между содержанием РНК в сыворотке крови больных и отдельными показателями состояния их иммунной системы: чем ниже содержание РНК, тем сильнее угнетение иммунной системы. В результате лечения дрожжевой РНК (нуклеином натрия) происходит постепенное увеличение содержания РНК в сыворотке крови людей и одновременно восстанавливается их иммунный статус.

По мнению авторов работы, в основе приобретенной иммунной недостаточности лежит первичное расстройство обмена нуклеиновых кислот, в частности РНК. Ведь известно, что стимулированные Т-лимфоциты выделяют нуклеиновые кислоты, способные активировать соседние клетки. Возможно, расстройство обмена нуклеиновых кислот при развитии различных заболеваний — одна из первоначальных причин нарушения процесса активации клеток и формирования вторичной иммунной недостаточности. Если ликвидировать дефицит нуклеиновых кислот, вводя их в организм (1,5 г РНК за 1 день), то произойдет восстановление сниженных РНК-зависимых иммунологических

показателей и состояние больных улучшится.

Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии, 1984, № 9, с. 77—82; Терапевтический архив, 1983, № 2, с. 29—32.

Физиология

Стратегия зрительного восприятия

Физиолог В. Н. Ярлыков (Институт эволюционной физиологии и биохимии АН СССР) исследовал ошибки при быстром (тахистоскопическом) зрительном восприятии. В эксперименте на экране в течение 0,1 секунды появлялся стимул (линия), маскируемый другими стимулами. Испытуемый должен был указать, справа или слева появилась линия. Трудные условия восприятия приводили к большому числу ошибок, однако выявилась закономерность: если стимул появлялся в левой половине поля зрения (при этом информация поступает в правое полушарие мозга¹), испытуемые ошибались («видели» стимул справа, где его в действительности не было) всего в 1 % случаев; если же стимул появлялся в правой половине поля зрения, то ошибка совершалась в 25,2 % случаев, причем испытуемые ошибались тем чаще, чем правее от центра поля зрения появлялся стимул (корреляция 0,87).

Интерпретируя столь резкую асимметрию ошибок, автор выдвинул гипотезу о различных стратегиях восприятия правого и левого полушарий. Согласно теории обнаружения сигнала, разработанной первоначально для технических систем связи, но широко применяющейся и для живых систем, возможно четыре исхода: правильное опознание (сигнал есть, он обнаружен); пропуск (сигнал есть, не обнаружен); правильное неопознание (сигнала нет, не обнару-

жен); ложная тревога (сигнал обнаружен, хотя в действительности его нет). При «стратегии осторожности» (высокий критерий принятия решения) система стремится опознать сигнал наверняка и поэтому совершает пропуски, но зато не дает ложных сигналов. При «стратегии риска» (низкий критерий) система опознает все сигналы, но иногда реагирует и при отсутствии сигнала. По гипотезе Ярлыкова, левое полушарие осуществляет «стратегию осторожности» — и поэтому может пропустить реальный стимул, а правое осуществляет «стратегию риска» — и поэтому может воспринять стимул при его отсутствии.

Физиология человека, 1984, т. 10, № 4, с. 573—577.

Психология

Эмоции и восприятие времени

Психиатрам известно, что больные, страдающие эмоциональными расстройствами, нередко отмечают своеобразные нарушения хода времени, причем больные в состоянии депрессии часто жалуются на «медленное течение времени», а больные в маниакальном состоянии (при повышении настроения, умственном и двигательном возбуждении), напротив, ощущают, что оно мчится необычайно быстро. Однако экспериментальные данные, касающиеся оценки интервалов времени такими больными, крайне противоречивы: и при повышенном, и при пониженном настроении обнаруживаются как переоценка, так и недооценка временных промежутков.

Шведский психиатр Л. Тиск (L. Tysk, больница Гавла) показал, что это противоречие легко объясняется разницей между процессами, вовлеченными в оценку коротких (секунды) и длинных (минуты) интервалов. Проанализировав результаты эксперимента, в котором больные отмеряли интервалы в 15 или 20 секунд и оценивали длительность промежутка времени в 5—10 минут, он

пришел к следующему выводу. У депрессивных больных субъективная длительность секунды увеличена по сравнению с объективной, поэтому короткие интервалы времени ими недооцениваются (10 секунд воспринимаются, например, как 8). При восприятии длительных промежутков вступает в силу иной механизм: у таких больных, как правило, потребности и интересы снижены, время событиями не насыщено и поэтому «тянется» — длительные интервалы переоцениваются (вместо 10 минут кажется, что прошло 15). В маниакальном состоянии все наоборот: укороченная «субъективная единица времени» влечет за собой переоценку сравнительно коротких промежутков, а интенсивная внутренняя жизнь, связанная с повышением общей активности, ведет к тому, что время «мчится»; экспериментально это проявляется в недооценке длительности относительно больших временных интервалов.

Perceptual and Motor Skills, 1984, v. 58, № 4, p. 455—464 (США).

Биология

Возможности внутриутробного обучения

Что знает ребенок, только что появившийся на свет, об окружающем его мире? Конечно, ничего — так, по крайней мере, считали до самого недавнего времени. Однако оказалось, что только что родившиеся дети способны узнавать голос своей матери. Психологи и нейробиологи, занимающиеся проблемами внутриутробного развития, получили данные о том, что обучение (как у человека, так и у животных) начинается еще до рождения. Очень интересны в этом отношении эксперименты, проведенные группой американских психологов во главе с А. Дж. Де Каспером (A. J. De Casper; Университет штата Северная Каролина в Гринсборо).

Они задумались над вопросом, почему новорожденные так хорошо реагируют на звуки. Может быть, они запоминают

¹ Схему формирования зрительного образа при обычном бинокулярном зрении см.: Новая зрительная иллюзия. — Природа, 1983, № 11, с. 110.



Изменяя режим сосания, новорожденные могут выбирать для прослушивания ту или иную магнитофонную запись.

их еще до рождения? Ведь находясь внутри матери, ребенок может слышать ее голос, сердцебиение, шум внутренних органов. Внешние же звуки (в том числе голос отца) доходят до него значительно хуже. Свои предположения они решили проверить с помощью остроумного приспособления, состоящего из соски, соединенной с датчиком и магнитофоном. Были исследованы 10 только что родившихся младенцев. Если ребенок начинал сосать с короткими интервалами, часто причмокивая, включалась запись голоса матери, звучащая через наушники, если он сосал медленнее, в наушниках раздавался голос посторонней женщины. Новорожденные предпочитали сосать соску таким образом, чтобы слышать голос матери, причем независимо от того, вскармливались младенцы грудью или искусственно, а также от того, сколько часов прошло после рождения (менее 36 или более 72).

Чтобы установить, не отдают ли новорожденные предпочтение любому голосу, услышанному сразу после рождения, в следующем эксперименте приняли участие 6 отцов, которые должны были разговаривать со своими только что родившимися детьми как можно дольше (от 4 до 10 часов). Контакт с другими лицами был сведен к минимуму. Когда же через 2 дня был проведен аналогичный опыт с записью голоса отца и другого мужчины, выяснилось, что младенцам все равно, какой из голосов слышать, хотя они могли, по-видимому, их различать. Через несколько недель, однако,

они уже предпочитали голос отца. Затем опыт был изменен: 12 младенцев могли, в зависимости от манеры сосания, слушать сердцебиение своей матери и голос отца. Предпочтение было отдано звукам сердцебиения.

Эти факты наводили на мысль, что интересы новорожденных к звукам формировались под влиянием того, что они слышали внутриутробно. Чтобы подтвердить это, в следующем эксперименте 16 беременных женщин в течение последних 6,5 недель беременности читали вслух дважды в день детскую сказку в стихах «Кот в колпаке». Сразу после родов новорожденным была предоставлена возможность выбирать с помощью режима сосания, что именно им слушать: голос матери, читающей «Кота в колпаке» или другую сказку в стихах, отличающуюся по ритму от первой. Младенцы предпочитали слушать уже знакомого «Кота в колпаке».

Эксперименты, проведенные другими исследователями на крысах и овцах, тоже подтвердили возможность внутриутробного обучения. Ученые надеются, что дальнейшие исследования помогут установить, каким образом, на какой стадии начинает развиваться и функционировать мозг плода, как закладываются основы сознания и памяти у ребенка. Эти знания позволят, в частности, лучше лечить и предотвращать слабое умие и другие дефекты психического развития детей. Ну а будущим мамам и папам следует, может быть, задумываться над тем, что и как они говорят, когда их ребенок еще не родился.

Science, 1984, v. 255, № 4659, p. 302—303 (США).

Биология

На пути к «замороженно-му зоопарку»

В зоопарке города Цинциннати (штат Огайо, США) в октябре 1984 г. родился детеныш антилопы канны. Событие не привлекло бы к себе внимания, если бы не тот факт, что зача-

тие произошло за 27 месяцев до рождения и, следовательно, обычный для этого вида срок вынашивания плода оказался намного продленным. Кроме того, зачала этого детеныша одна самка, а родила — другая. После того как зародыш провел в теле своей «первичной матери» 7 суток, зоолог Б. Дрессер (B. Dresser) с сотрудниками изыла его и погрузила в среду жидкого азота. Здесь при температуре —196 °С зародыш находился 18 месяцев. Затем его «оттаяли» и внедрили в организм другой самки того же вида. После 270-суточной беременности она родила вполне здоровую самочку канну.

Специалисты рассматривают этот эксперимент как немаловажный шаг на пути к созданию «банка» тех видов животных, которые находятся под угрозой исчезновения.

New Scientist, 1984, v. 104, № 1426, p. 5 (Великобритания).

Биология

Редкий случай симбиоза

Д. К. Маклейн (D. K. McLain; Университет им. Эмори, штат Джорджия, США) наблюдал оригинальные симбиотические отношения, существующие между одним из видов растения пассифлора (*Passiflora incarnata*) и несколькими видами муравьев.

Пассифлора часто встречается на юго-востоке Америки, обычно на залежных землях или в придорожной полосе. Это многолетнее растение дает поздней весной крупные широко раскрытые цветы. В черешках его листьев и в прицветном листе, около бутона или цветка расположены специальные парные нектарники — железки, выделяющие медок. Железки, находящиеся у цветка, вырабатывают медок лишь в определенное время суток, а остальные — непрерывно. Именно этот постоянный приток цветочного сока и привлекает муравьев.

Наблюдения Маклейна показали, что в течение дня пассифлору посещают представители пяти видов муравьев,

причем каждому из них отводится довольно точно ограниченное время, за которое они не только собирают медок, но и весьма активно отгоняют от растения различных листоядных мух, жуков, кузнечиков, питающихся здесь кормиться. Эксперимент с удалением нектарников позволил установить, что в этом случае количество посещавших пассифлору муравьев резко сокращалось, а число других насекомых, питающихся в основном листьями, значительно возрастало. Замечено также, что защищаемые муравьями растения давали большее число семян.

Неоднократно можно было видеть, как муравьи срезали и оттащивали в сторону отжившие листья, нектарники которых уже не давали медка. В одном случае муравьи, похоже, организовали постоянный наблюдательный пост в сухом стволе подопечного растения.

Меры, принимаемые муравьями, дополняют существенную систему защиты, существующую у растений пассифлоры. Как оказалось, вещества, содержащиеся в выделениях внецветочных нектарников, обладают некоторой способностью отпугивать листоядных насекомых. Однако на выработку простых сахаров и аминокислот, входящих в состав медка, идет, по-видимому, меньше энергетических затрат, чем на производство химических средств отпугивания (в состав которых обычно входят алкалоиды, танины и другие сложные вещества). Если растение ограничивается лишь собственным химическим оружием, то подобных веществ ему необходимо иметь в достаточно большом количестве, чтобы сделать несъедобным любой свой орган. Нектар же для привлечения муравьев может вырабатываться в значительно меньших количествах. Наконец, возможно, что листоядным насекомым труднее выработать навыки борьбы с активными и агрессивными муравьями, чем приспособиться к какому-либо химическому средству самозащиты у растения.

American Midland Naturalist, 1984, v. 110, p. 433 (США); New Scientist, 1984, v. 101, № 1397, p. 22 (Великобритания).

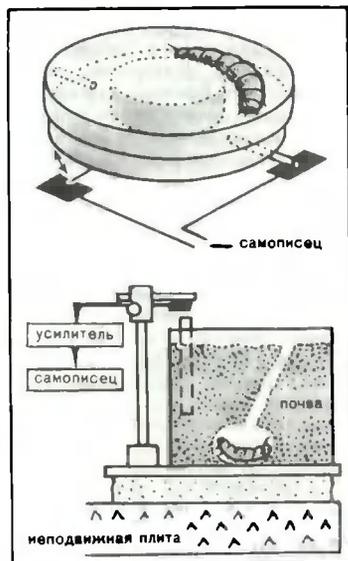
Зоология

Странствующие гусеницы

Гусеницы многих бабочек, завершив свое личиночное развитие, покидают кормовое растение и отправляются странствовать в поисках мест, пригодных для окукливания. Нередко в период окукливания на дорогах (именно здесь они наиболее заметны) можно встретить крупных гусениц с характерным «рогом» на заднем конце тела — это гусеницы бражников. Если положить такую гусеницу в корбочку с ватой, через день — два мы обнаружим там куколку: гусеница полностью была готова к превращению. Что за инстинкт заставляет малоподвижное насекомое уплзать вдаль от родных мест? Детальное исследование этого вопроса начали О. С. Доминик и Дж. У. Трумен (O. S. Dominik, J. W. Truman; зоологический факультет Вашингтонского университета, США).

Опыты проводились с традиционно культивируемым в лаборатории табачным бражником (*Manduca sexta*). Исследователи обнаружили, что для подготовки к странствованию критической является ночь предыдущих суток: как раз в это время наблюдается второй из трех известных пиков концентрации в теле гусеницы так называемого проторацикотропного гормона, что и заставляет предположить его участие в изменении поведения гусеницы. Примерно за 10 часов до отправления в путь гусеница постепенно теряет аппетит, затем покрывает свое тело липким протеиновым секретом, выделяемым из желез нижней губы, после чего, более не прикасаясь к пище, отправляется бродяжничать. Роль покрывания тела специальным секретом неясна. Если на время этой процедуры заключить гусеницу в бумажную трубочку, чтобы весь секрет остался на бумаге, а затем извлечь гусеницу, то и тогда она окуклится нормально.

В опыте мигрировали лишь гусеницы, достигшие массы не менее 5 г. Часть гусениц достигала до 5 г к вечеру четвертых суток после по-



Приборы, позволявшие вести многочасовые наблюдения за гусеницами табачного бражника. Отправляясь в назначенный срок странствовать, гусеница, помещенная в чашку Петри, начинает ползти по кругу вдоль ее бортика; слегка покачивающаяся при этом чашка замыкает тот или иной контакт регистрирующего устройства, передавая информацию о движении на самописец. О движении гусеницы, закопанной в почву, судили по производимой ею и автоматически регистрируемой вибрации.

следней линьки и с наступлением темноты отправлялась искать место для окукливания. Другая часть докармливалась еще и на пятый день и уплзала странствовать вечером и ночью на шестые сутки. В результате появились две волны путешествующих гусениц. Гусеницы второй волны в среднем более упитанны, чем первой; оказалось, что и ползали они до превращения в куколку дольше. Даже если отправившееся в путь насекомое немедленно помещали в подходящее для окукливания место, оно окукливалось вовсе не сразу: начинало закапываться, строило первую ячейку, бросало, начинало вторую, третью.

В отличие от исследованных ранее гусениц сатурниид, ни секреция нижнегубных желез (в одном из опытов эти железы

гусеницам под наркозом удаляли), ни содержимое кишечника на поисковое поведение гусениц табачного бражника не влияли: момент начала странствований задавался довольно устойчивым внутренним ритмом. Таким образом, поисковое поведение гусениц табачного бражника, готовящихся к окукливанию, определяется в основном внутренней программой, запускаемой еще до появления каких-либо внешних признаков подготовки к миграции.

The Journal of Experimental Biology, 1984, v. 111, № 5, p. 35 (Великобритания).

Этология

Иерархия у муравьев-рабовладельцев

У примитивных общественных ос и пчел в создании и поддержании социальной структуры колонии огромная роль принадлежит так называемому репродуктивному доминированию — поведению, позволяющему нескольким (а чаще одной) плодовитым особям «держат в подчинении» остальных бесплодных членов сообщества (рабочих особей) и не позволять им размножаться. Такое доминирование приводит к созданию той или иной системы иерархии, т. е. соподчиненности насекомых. Часто эта иерархия бывает линейной: во главе стоит единственная плодовитая самка, которой подчиняются все прочие насекомые, затем следует особь 2-го ранга, которой подчиняются все, кроме первой, далее — особь 3-го ранга и т. д. До самого последнего времени репродуктивное доминирование и иерархия у муравьев не были никем описаны. Поэтому большой интерес представляют наблюдения Н. Р. Фрэнкса и Э. Сковелла за поведением муравьев-рабовладельцев *Harpagoxenus americanus*¹.

Колонии муравьев этого вида небольшие и обычно состоят из самки, 20—30 рабочих

особей и 100—200 рабов. Рабы — это рабочие муравьи из рода *Leptothorax*, которых муравьи-рабовладельцы похищают в виде куколок, совершая набеги на расположенные неподалеку гнезда муравьев-лепотораксов. Путем длительных наблюдений за двумя колониями харпагоксенусов, в которых все муравьи были помечены индивидуальными цветными метками, Фрэнксу и Сковеллу удалось установить, что у муравьев-рабовладельцев существует четкая линейная иерархия: наивысший ранг имеет самка, а рабочие муравьи-рабовладельцы (но не рабы) занимают в этой иерархии каждый свое положение. Отношения между доминирующим и подчиненным муравьями складываются следующим образом. При встрече «старший» муравей, несколько приподнимаясь на передних ножках начинает барабанить усиками по голове и груди подчиненного, а тот прижимается к субстрату, как бы принимая позу смирения. Это может продолжаться несколько минут. В случае более выраженной агрессивности доминирующий муравей даже становится передними ножками на голову или грудь подчиненного. Нередко при встрече с муравьем более высокого ранга рабочий старается избежать демонстрации силы с его стороны и быстро ретируется.

Муравьи - рабовладельцы сами пищу не добывают — их кормят рабы. При этом чем выше ранг рабовладельца, тем чаще получает он корм от рабов; самке же достается основная доля корма. Муравьи-рабовладельцы полученную от рабов пищу друг другу не передают, но самку кормят, причем тем чаще, чем выше их иерархическое положение. Самка хорошо различает положение своих подчиненных на «служебной лестнице» и чаще выпрашивает пищу у муравьев более старших рангов.

Вскрытия муравьев-рабовладельцев показали, что рабочие старших рангов имеют достаточно развитые яичники и, вероятно, могут откладывать яйца, из которых развиваются только самцы вследствие гаплоидности неоплодотворенных яиц рабочих

особей. Муравьи низших рангов имеют неразвитые яичники, и именно эти рабочие постоянно выходят из гнезд в роли разведчиков, отыскивая гнезда лепотораксов, которые можно ограбить. Таким образом, поведение доминирования создает в колонии харпагоксенусов четкую иерархическую структуру, на которой основываются разделение функций между особями и механизмы, регулирующие поведение муравьев. Несомненно, необходимы более детальные исследования, чтобы правильно оценить функциональное значение обнаруженной иерархии и понять эволюционные механизмы ее формирования.

В. Е. Кипятков,
кандидат биологических наук
Ленинград

Этология

Переносимые ветром щитовки

Энтомологи Дж. и Л. Уошберна (J. O. Washburn; L. Washburn; Университет штата Калифорния, США) изучили поведение щитовки (*Pulvinariella mesembryanthemi*) — мелкого бескрылого насекомого — с помощью аэродинамической трубы небольших размеров. Подобно многим своим собратьям, эта щитовка — сосущий вредитель. Недавно она была завезена из Старого Света в Калифорнию. Насекомое отличается поразительной неподвижностью. Правда, самцы крылаты, но это мало помогает виду при расселении (наличие самцов важно для поддержания достаточного разнообразия в популяции); кроме того, самцы появляются редко: обычно девственная самка откладывает неоплодотворенные яйца, из которых партеногенетически выводятся снова самки. Одна особь может произвести на свет до 2400 дочерей. Личинки первого возраста достигают в длину в среднем 0,41 мм и способны голодать до 8 дней. Именно на этой стадии у щитовки происходит расселение. Как и некоторые другие мелкие членистоногие, личинки щитовок разносятся ветром.

Ранее считалось, что кро-

¹ Franks N. R., Scovell E.— Nature, 1983, v. 304, № 5928, p. 724.

хотное насекомое срывается ветром случайно и затем всецело предостается на милость стихии. Однако в опытах с аэродинамической трубой Уошберны установили, что поток воздуха со скоростью до 4 м/с не может оторвать от субстрата спокойно ползущую личинку. Таким образом, выход в воздушное пространство зависит от желания насекомого. Среди многих изученных личинок лишь часть проявила склонность к мигрированию. Такие личинки, сориентировавшись относительно направления ветра, поднимали переднюю часть тела, опираясь на задние и средние ноги, а иногда и вовсе вставали на задние ноги. Это создавало необходимое лобовое сопротивление и позволяло насекомому взмыть вверх. Кроме такой специальной позы, для переноски ветром в реальных условиях играет определенную роль инстинктивное стремление личинки ползти к свету и вверх, что приводит их на периферические части растения и повышает вероятность попасть в вертикальные потоки воздуха.

Уже влекомое ветром, насекомое не перестает вести себя достаточно активно: оно выгибается в спине и растопыривает ноги и усы-антенны. Таким способом личинка снижает скорость своего движения (контролем служили мертвые личинки) и повышает вероятность попасть в приземные воздушные потоки, которые, в свою очередь, с большей вероятностью могут перенести личинку к новому экземпляру кормового растения.

Итак, перелет без помощи крыльев — процесс отнюдь не пассивный. Авторы полагают, что и другие мелкие членистоногие, переносимые ветром, обладают соответствующей тактикой поведения, сходной с тактикой поведения цитовки.

Science, 1984, v. 223, № 4640, p. 1088 (США).



Экология

Если исчезнут леса...

На протяжении последних тысячелетий площадь лесов на Земле неуклонно сокраща-

лась, сейчас она составляет $48,5 \cdot 10^6$ км². Вырубаются они и в настоящее время, причем особенно интенсивно в тропиках. Если темпы вырубки сохранятся, леса будут сведены до конца следующего столетия, а возможно, и раньше. Известно, что уничтожение лесов сопровождается изменениями альbedo подстилающей поверхности, уровня влажности почвы и содержания двуоксида углерода — важнейших климатических характеристик. Существенно, что эти изменения зависят и от того, как используется древесина, и от тех мер, которые предпринимаются для сохранения влажности и гумуса почвы.

На вопрос, какими же могут оказаться последствия сведения лесов, пытаются ответить Б. А. Каган, В. А. Рябченко и А. С. Сафрай (Ленинградский отдел Института океанологии им. П. П. Шишова АН СССР). Они рассматривают три варианта хозяйственной деятельности человечества: вся лесная древесина сжигается, но на расчищенных землях растительность не восстанавливается, гумус не сохраняется; после сведения лесов на их месте возобновляется травяная растительность, гумус почвы не сохраняется; по третьему варианту — площадь бывших лесов превращается в культурные угодья, предпринимаются меры по сохранению гумуса.

Рассчитав изменения альbedo и концентрацию CO₂ в атмосфере по этим трем вариантам, исследователи воспроизвели изменения климата в соответствии с термодинамической моделью сезонной эволюции системы «океан—атмосфера», которую разработали раньше. Вычислив среднегодовые значения 32 климатических характеристик этой системы для трех вариантов хозяйственной деятельности и контрольного варианта, по которому альbedo и концентрация CO₂ остаются неизменными, они пришли к следующему выводу.

По первому варианту возрастает значение радиационного баланса подстилающей поверхности из-за увеличения нисходящего потока длинноволновой части радиации, что приводит к повышению температуры поверхности суши, увеличению испарения и осадков. За счет роста атмосферной темпе-

ратуры уменьшается теплоотдача океана в атмосферу, глубинные слои океана прогреваются сильнее. Как следствие этих процессов, климат на Земле станет более теплым и влажным: температура в приземном слое атмосферы повысится с 264,9 до 266,2 К в Северном полушарии и с 294,6 до 295,1 К — в Южном; температура поверхности суши поднимется на 1,4° в Северном полушарии и на 0,5° — в Южном.

Если же бывшие лесные массивы превратятся в луга или культурные угодья (2-й и 3-й варианты), нашу планету ожидает похолодание. Температура в приземном слое атмосферы в Северном полушарии понизится с 264,9 до 264,6 К, а в Южном — с 294,6 до 294,2 К; на 0,3° упадет температура поверхности суши в Северном полушарии и на 0,8° — в Южном (по второму варианту); на 0,4° — в Северном и на 0,9° — в Южном (по третьему варианту).

Таким образом, вырубка лесов неизбежно приведет к изменению климата Земли.

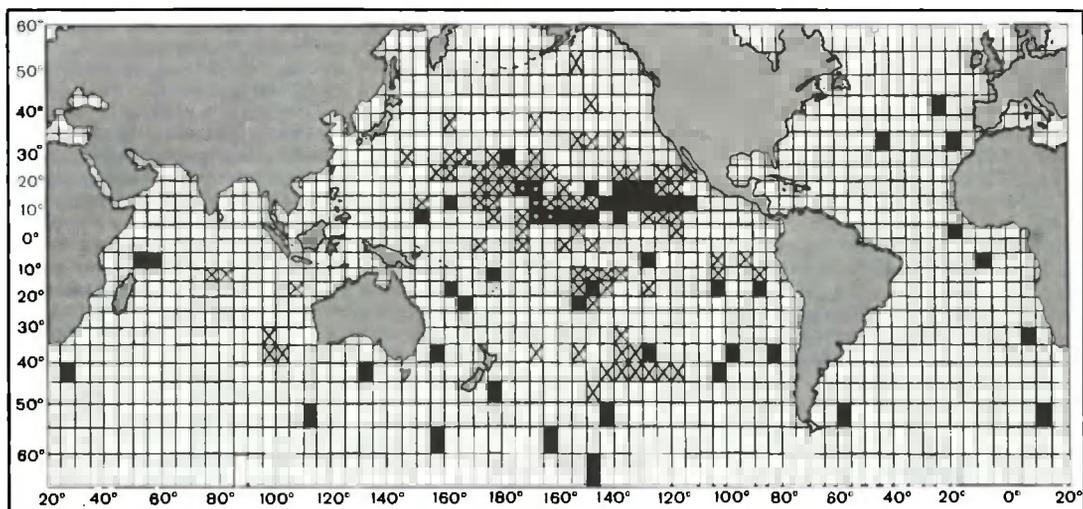
Доклады АН СССР, 1984, т. 278, № 4, с. 979—982.

Геология

Проблемы освоения океанических руд

По мере изучения минеральных ресурсов океанического дна, более реалистично вырисовывается их истинная значимость в мировой экономике. Анализ результатов многолетних исследований металлогении океанов посвящена работа П. Хальбаха¹. Он указывает, что, несмотря на повсеместное образование на океаническом дне железно-марганцевых руд, экономически ценные залежи железно-марганцевых конкреций формируются лишь в исключительных случаях. Имеются в виду достаточно протяженные участки с продуктивностью конкреций не менее 8 кг/м² и общим содержанием в них меди, нике-

¹ Halbach P. — Ocean Management, 1984, № 1/2, p. 35.



Карта распространения железо-марганцевых конкреций и корок в океанах и их средний состав по суммарному содержанию никеля, меди и кобальта.

- $\geq 1,98\%$ (руды первой очереди освоения)
- ⊗ $\geq 1,32\%$
- ⊠ $< 1,32\%$
- Данные отсутствуют
- Данные экспедиции MIDPAC-81

ля и кобальта не менее 2%. Сюда относится рудная провинция между разломами Клариион и Клиппертон в северо-восточной части приэкваториальной зоны Тихого океана, занимающая площадь 0,6 млн км²; и еще около 2 млн км² во всем Тихом океане может быть отнесено к полям, соответствующим требованиям экономического освоения. Вдвое меньше площади отнесены по своему экономическому значению ко второй очереди освоения. Таким образом, на общей площади дна Тихого океана, составляющей $177 \cdot 10^6$ км², эти районы занимают не более 2%. В Атлантическом и Индийском океанах подобные отложения встречаются значительно реже. Сложившееся мнение о неистощимом Эльдорадо на океаническом дне оказывается мало реальным. Металлы, которые могут быть получены из железо-марганце-

вых конкреций, не заменяют традиционных источников их добычи на суше, а лишь могут стать добавкой к ним.

В работах последних лет особо выделяется другая разновидность железо-марганцевых отложений — рудные корки с подводных гор, обогащенные кобальтом. Экспедицией MIDPAC-81 (аббревиатура от Mid Pacific) были детально изучены железо-марганцевые отложения Срединно-Тихоокеанских гор и подводных гор Лайн². Здесь во всех драгах, протянутых от средней части склонов подводных поднятий до их вершин (глубина от 1100 до 3000 м), были подняты железо-марганцевые корки, среднее содержание кобальта в которых достигало 0,8% (при содержании марганца — 25%, никеля — 0,5% и меди — 0,07%). Кобальт имеет наиболее высокую стоимость на мировом рынке среди других металлов железомарганцевых отложений (в 4 раза выше никеля и в 17 раз выше меди). Средняя толщина разведанных корок — 2,5 см, максимальная — 7—9 см. Если допустить, что 50% поверхности склонов покрыто двухсантиметровым слоем корки, то средняя продуктивность отложений составит 20 кг/м², что соответствует продуктивности наиболее богатых желе-

зо-марганцевых конкреций. По подсчетам, с одной горки можно получить 2—4 млн т корок. Однако освоение этого вида руд требует специальных технических и экономических разработок.

Большую популярность в последнее время приобрел третий вид океанических руд — массивные полиметаллические сульфидные отложения гидротермального происхождения³. Свою популярность они получили как за счет открытия «черных курильщиков» (горячих гидротерм) в спрединговых зонах подводных хребтов, так и за счет высокой экономической оценки перспектив их освоения, которая, однако, явно опережает известные фактические данные. До сих пор получено слишком мало точных сведений об этих отложениях, чтобы оценить их экономический потенциал, хотя отдельные залежи и могут быть значительными.

Большое значение в проблеме освоения океанических руд имеют правовые нормы. Минеральные богатства океана — достояние всего человечества, поэтому, правовое регулирование должно быть осуществлено хорошо сбалансированным способом, учитываю-

² Halbach P., Manheim F. T., Otten P. — *Erzmetall*, 1982, В. 5, S. 447.

³ См., напр.: Базилевская Е. С. Гидротермы на океаническом дне. — *Природа*, 1984, № 2, с. 118.

щим интересы как развитых, так и развивающихся стран. Это в первую очередь относится к освоению железо-марганцевых конкреций, 90 % рудных залежей которых находится в международных водах. Железо-марганцевые корки с подводных гор пока детально разведаны в пределах зон экономических интересов отдельных государств. Вообще надо отметить, что такие экономические зоны занимают около 40 % площади Тихого океана. Большая часть сколько-нибудь значительных отложений сульфидных руд зарегистрирована также в пределах 200-мильных зон государств Центральной Америки.

Итак, ныне намечается явная тенденция к более умеренным оценкам экономических перспектив освоения железо-марганцевых конкреций, начало добычи которых предполагается в 1990-х годах.

Е. С. Базилевская,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва

ного изотопного состава гелия Земли, это радикальным образом должно повлиять на наши представления о формировании Земли и происхождении алмазов. Например, существование на Земле гелия солнечного, а не планетарного состава означало бы, что вещество солнечного ветра захватывалось частицами, участвовавшими в процессе образования Земли из протопланетного облака. Кроме того, если высокая величина $^3\text{He}/^4\text{He}$ была характерна для изотопного состава первичного гелия, она смогла сохраниться только при условии крайнего дефицита урана, генерирующего ^4He . И действительно, алмазам свойственно очень низкое содержание урана.

Отсюда следует, что алмазы с очень высоким соотношением $^3\text{He}/^4\text{He}$ возникли вскоре после формирования Земли.

Доклады 27-го Международного геологического конгресса. Т. 11, «Геохимия и космохимия». М., 1984, с. 87.

ватели, характерные впадины длиной 0,5—4,0 м, шириной 0,5—2,0 м и глубиной 0,1—0,4 м. Отдельные впадины достигали длины 8 м; авторы объясняют это тем, что кит либо активно перемещался во время всасывания грунта, либо дрейфовал в сильном подводном течении. Анализ полученных при звуковой локации сонограмм показал, что на дне находятся не только свежие, но и многочисленные старые впадины, иногда сильно увеличенные по размерам из-за слияния друг с другом или благодаря действию течений и штормов. В центре кормовых полей — местах, обильно заселенных ракообразными амфиподами, составляющими основу питания серых китов, свежих впадин встречается около 12 %, а по окраинам кормовых полей — только 1—2 %.

Подсчитано, что вся чукотско-калифорнийская популяция серых китов (около 16 тыс. особей) должна ежегодно в период летнего нагула перемещать около $1,2 \text{ км}^3$ грунта. «Всплывание» морского дна в таких «геологических» масштабах должно иметь значительные биоценоотические последствия. Формируемые неровности дна, при условии постоянного перемещения и взмучивания верхнего слоя грунта, создают исключительно благоприятные условия для развития амфипод, обеспечивая интенсивную циркуляцию питательных веществ.

Этот интересный факт активного изменения китообразными поверхности дна Мирового океана и создание ими благоприятных условий для увеличения численности амфипод показывает, насколько ограничены еще наши сведения по биологии этих морских млекопитающих. Было бы интересно распространить подобные наблюдения и на других массовых бентофагов этого региона — моржей: их пищевое поведение может оказаться сходным с поведением серых китов и, следовательно, они могут подобным же образом влиять на структуру поверхности дна мелководных морей.

Science, 1984, v. 225, p. 1150—1152 (США).

Геохимия

Океанография

Аномальное содержание изотопов гелия в алмазах

Алмазы занимают особое место в изучении истории Земли. Благодаря их стойкости к химическим воздействиям и высоким температурам, а также большому возрасту некоторых из них, алмазы могут дать интереснейшие сведения о раннем этапе эволюции нашей планеты.

Исследователи из Института геофизики при Токийском университете (Япония) определили содержание инертных газов, и в первую очередь соотношение изотопов $^3\text{He}/^4\text{He}$, в целом ряде природных алмазов. Результаты оказались совершенно неожиданными: в двух исследованных алмазах величина $^3\text{He}/^4\text{He}$ более чем вдвое превысила соотношение этих изотопов, характерное для планет Солнечной системы, и оказалась близка к соотношению этих изотопов в солнечном гелии.

Если столь высокое значение $^3\text{He}/^4\text{He}$ типично для первич-

Серые киты и геоморфология дна

Американские исследователи К. Джонсон (К. Johnson; Отделение геологии Пенсильванского университета) и Х. Нелсон (H. Nelson; Отделение тихоокеанской морской геологии, Геологическая служба США) с помощью специальной системы звуковой локации, использующей боковое сканирование, изучали геоморфологию дна моря в местах летнего питания серых китов (*Eschrichtius robustus*) на севере Берингова моря и в Беринговом проливе.

Известно, что серые киты питаются бентосом — организмами, обитающими на грунте и в толще грунта, в том числе некоторыми ракообразными. Для этого китам приходится с большой силой всасывать мягкие осадки вместе с животными, которых затем они отцеживают с помощью усового аппарата. На дне моря в местах их кормежки (на кормовых полях) остаются, как обнаружили исследо-

Палеоокеанология

Тихий океан 18 тысяч лет назад

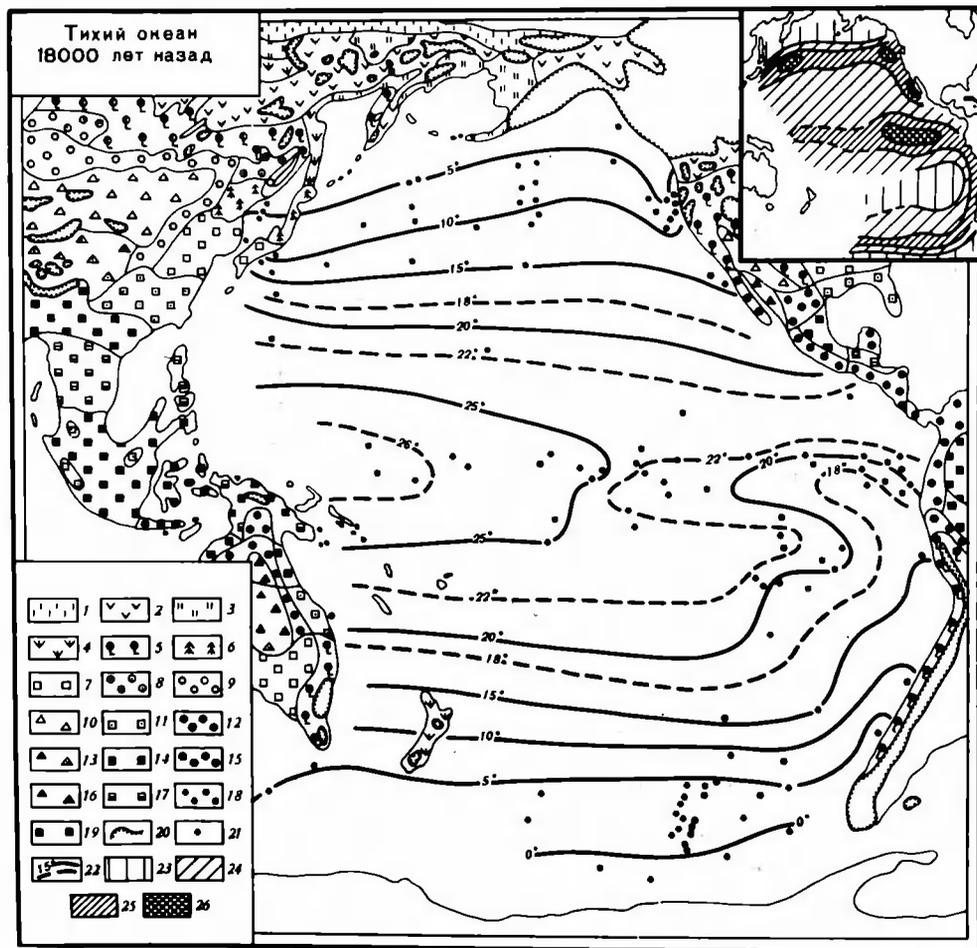
В позднем плейстоцене на земном шаре наступило последнее значительное похолодание, которое привело к существенным изменениям в природных

условиях как на суше, так и на акватории океанов. Похолодание достигло максимума около 18 тыс. лет назад. В это время объем и площади наземного и морского оледенения, уровень океана, температура воздуха и воды, положение ботанико-географических зон существенно отличались от современных.

С. А. Сафронов (Институт океанологии им. П. П. Ширшова

АН СССР), В. И. Николаев (Институт географии АН СССР) и Н. С. Блюм (Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова) проанализировали изменения, происшедшие в бассейне Тихого океана 18 тыс. лет назад, и составили палеогеографическую схему (см. рис.).

В умеренных широтах Северного полушария в это время



Температура поверхностных вод и растительность континентального обрамления Тихого океана 18 тыс. лет назад. На врезке показано отличие современных температур поверхностных вод от температур той эпохи. 1—19 — ботанико-географические зоны: 1 — тундра с разреженной растительностью, 2 — тундра горная, 3 — тундра с болотной растительностью, 4 — лес-

тундра, 5 — редколесье умеренного пояса, 6 — хвойная тайга, 7 — широколиственные леса, 8 — лесостепь, 9 — степь умеренного пояса, 10 — пустыни и полупустыни умеренного пояса, 11 — субтропические прерии и лесостепи, 12 — субтропические саванны и редколесья, 13 — субтропические пустыни, 14 — тропические леса, 15 — тропические саванны и редколесья, 16 — тропические

пустыни, 17 — субэкваториальные леса, 18 — субэкваториальные саванны и редколесья, 19 — экваториальные леса; 20 — границы материковых и горных оледенений; 21 — точки определения температуры; 22 — палеотермы [°C]; отличие температуры от современной [°C]: 23 — 0—2°; 24 — 2—4°; 25 — 4—6°; 26 — больше 6°.

существовали громадные покровные ледники, вобравшие значительный объем воды, что привело к понижению уровня океана. В результате снизился или прекратился водообмен между рядом бассейнов: возникший Берингийский перешеек препятствовал водообмену между Тихим и Северным Ледовитым океанами; Японское море почти полностью было отделено перешейком, протянувшимся от о-ва Сахалин к Японским о-вам; появившийся субконтинент Юго-Восточной Азии, который объединил территорию и шельф современных Индокитая, Малайзии и Индонезии, препятствовал водообмену между Тихим и Индийским океанами в низких широтах.

По данным микропалеонтологического и изотопно-кислородного анализов были определены палеотемпературы поверхностных вод в Тихом океане. Оказалось, что среднегодовые температуры 18 тыс. лет назад не превышали 25—26 °С. Термический «экватор» по своему положению был близок к географическому. Температуры глубинных вод тоже были ниже, чем сейчас, — в среднем по океану примерно на 3°. В ту эпоху усилились холодные Перуанское и Калифорнийское течения. Это привело к смещению всех физико-географических зон к низким широтам, что отразилось на растительном покрове континентов: зона распространения теплолюбивых растений резко сместилась к экватору.

Океанология, 1984, т. XXIV, вып. 4, с. 643—648.

Гляциология

Пульсирующий ледник

Ледник Варигейтед, расположенный на юго-востоке Аляски, возле поселка Якутат, принадлежит к числу пульсирующих. Его длина — 24 км. Каждые 18—22 года он внезапно приходит в быстрое движение, а через несколько месяцев обычно возвращается в прежнее

состояние относительного покоя. Предыдущий случай его быстрой подвижки относился к январю 1982 г.; скорость перемещения уже к лету достигла 9 м/сут, после чего он вернулся к нормальной скорости — примерно 1—2 м/сут. Однако в ноябре этого же года его бурная активность возобновилась. Весной 1984 г. скорость достигла небывалой величины — 54 м/сут, а с начала июля ледник почти совсем остановился.

Все эти события тщательно наблюдались гляциологами Ч. Ф. Реймондом (С. F. Raymond; Университет штата Вашингтон), У. Д. Харрисом (W. D. Harris; Университет штата Аляска) и Б. Кэмбом (B. Camb; Калифорнийский технологический институт). Изучать этот ледник они начали более 10 лет назад. В долине, по которой он спускается, были установлены фотокамеры, осуществлявшие съемку через заданные интервалы времени. Периодически производилась аэрофотосъемка ледника. В его теле были пробурены скважины, позволявшие измерять напряжение льда и интенсивность подледного стока талой воды. Все это дало возможность сделать ряд выводов о причинах и механизме пульсации.

Важнейшим фактором авторы считают повышение давления воды у ложа ледника, которое растет при появлении препятствия для ее стока. По временам такой преградой для стока талых вод становятся форма самого ледника, топография его ложа. В результате лед приобретает повышенную способность к скольжению, и его движение по склону резко усиливается.

Ледник Варигейтед находится в стороне от густо населенных районов, он не угрожает даже близлежащему поселку Якутат. В то же время, будучи наиболее хорошо изученным из пульсирующих ледников, он представляет собой своего рода полигон для исследования катастрофических подвижек, которые случаются на более крупных ледниках и нередко несут опасность для людей и сооружений.

EOS (Transactions of the American Geophysical Union), 1984, v. 65, No 27, p. 426 (США).

Палеоантропология

Древнейший из австралопитеков

Совместная американско-кенийская экспедиция, возглавляемая палеоантропологом Э. Хиллом (A. Hill; Музей археологии и этнологии им. Пибоди при Гарвардском университете, США), во время раскопок в районе Табарина, на берегу оз. Баринго (350 км к северо-западу от Найроби, Кения), обнаружила фрагмент челюсти гоминида, жившего, по-видимому, около 5 млн лет назад.

Очень существенно, что в найденном куске нижней челюсти сохранились два моляра (коренных зуба), которые по форме и размерам сходны с остатками ранее обнаруженного австралопитека афарского (*Australopithecus afarensis*), а также с остатками существа, известного под именем «Люси» и жившего примерно 3—4 млн лет назад.

Анализ вулканических пород из района Табарин, в которых содержалась новая находка, позволил Д. Пилбему (D. Pilbeam; Гарвардский университет) предварительно датировать ее возраст как близкий к 5 млн лет. Рядом с остатками этого предка человека были найдены и остатки различных ископаемых животных, обитавших в этой местности более 4,5 млн лет назад. Более точное определение возраста находки выполняется калий-аргоновым методом в лаборатории Университета штата Калифорния (Беркли, США).

До сих пор все еще слабо изученной остается эволюция предков человека в период 14—4 млн лет назад, когда генеалогическая ветвь, ведущая к человеку, отделилась от той, что дала человекообразным обезьян и родственные им виды. Если подтвердится возраст находки в Табарине, это будет означать, что науке стал известен самый древний на сегодня из австралопитеков.

Раскопки на берегах оз. Баринго в 1985 г. будут продолжаться.

Science News, 1984, v. 125, No 15, p. 230 (США).

История науки, остающаяся с современностью

Академик В. И. Гольданский

Москва



Я. Б. Зельдович. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. Химическая физика и гидродинамика. Под ред. Ю. Б. Харитона. М.: Наука, 1984, 376 с.

В конце минувшего года вышла отлично оформленная первая книга «Избранных трудов» академика Якова Борисовича Зельдовича. В нее включены работы, которые относятся к области химической физики и гидродинамики. В 1985 г. выйдет вторая книга — «Частицы, ядра, Вселенная», в которой собраны отдельные труды по ядерной физике и астрофизике, а также некоторые научно-биографические статьи. Универсальность научных интересов и достижений Я. Б. Зельдовича определяет и необычайно широкий круг читателей, которым адресованы его «Избранные труды».

Подготовка этого издания потребовала немалой работы: нужно было отобрать сравнительно небольшой по объему материал из более чем пятисот публикаций автора, показать сущность каждого представленного направления исследований и объяснить, какое значение для становления и развития этих исследований имели статьи и фрагменты монографий, предлагаемые вниманию читателей. С этой нелегкой задачей редакционная коллегия «Избранных трудов» успешно справилась.

Несомненный самостоятельный интерес представляет подготовленная редколлекцией и играющая роль путеводителя вводная статья — она написана достаточно живо и популярно и может служить образцом для работ по истории естествознания. Целесообразно привести здесь названия разделов этого введения — они дадут ясное представление и о содержании самого двухтомника (первая книга охватывает разделы 1—7, в скобках приведено количество и даты публикаций).

1. Введение; 2. Адсорбция и катализ (три статьи 1934—1939 гг.); 3. Гидродинамика. Магнитогидродинамика. Теплопередача. Автомодельность (две статьи 1937 г., две статьи 1956 г. и две статьи 1980—1982 гг.); 4. Фазовые переходы. Молекулярная физика (четыре статьи 1935—1944 гг.); 5. Теория ударных волн (две статьи 1946 г.); 6. Теория горения и детонации; 7. Математические аспекты теории горения (разделы 6 и 7 представлены монографией 1944 г., отрывком из монографии 1947 г., одиннадцатью статьями 1939—1949 гг. и статьей 1979 г.); 8. Целное деление урана; 9. Теория элементарных частиц; 10. Ядерная физика; 11. Астрофизика и космология; 12. Математика в работах Я. Б. Зельдовича.

Весьма удачным приемом, использованным в книге, следует считать краткие ком-

ментарии, даваемые после каждой статьи и характеризующие как обстоятельства появления ее на свет, так и основные вехи развития обсуждаемых вопросов в последующие годы.

Общей отличительной чертой всех включенных в книгу публикаций является их удивительным образом сохраняющаяся актуальность. Даже статьи полувекковой давности, по праву считающиеся теперь классическими, остаются в полной мере злободневными. Поэтому и ныне эти статьи широко цитируются, хотя их не всегда удается найти в библиотеке. Сегодняшним читателям часто приходится знакомиться с идеями Я. Б. Зельдовича уже не по его оригинальным статьям, а по упоминаниям о них в более поздних публикациях, которые, конечно, не дают представления о характерных особенностях научного стиля автора первоисточников — умении лаконично описать состояние проблемы и четко поставить задачу, найти настоятельно требуемые приближения, достаточные для ее существенного упрощения, но вместе с тем не вносящие искажений в смысл выводов и результатов, не лишаящие их надежности.

Рецензируемая книга дает читателям возможность войти в творческую лабораторию ученого, ознакомиться с его трудами, которые находят непосредственное продолжение в нынешних исследованиях теоретиков и экспериментаторов по множеству актуальных проблем. В «Избранных трудах» Я. Б. Зельдовича история науки тесно смыкается с современностью, и в этом основные их интерес и ценность.

Все особенности научного стиля Я. Б. Зельдовича, о которых сказано выше, в полной мере проявились уже в наиболее ранней из опубликованных в рецензируемой книге статей — «К теории изотермы адсорбции Фрейндлиха». Этой классической статьей двадцатилетний

ученый положил начало теории адсорбции на неоднородных поверхностях, он доходчиво и четко показал, как имеющая ясное физическое обоснование изотерма Лэнгмюра преобразуется для адсорбции с распределенными адсорбционными характеристиками в наиболее популярную эмпирическую формулу — изотерму Фрейндлиха.

Как известно, Я. Б. Зельдович не получил формального высшего образования и был допущен без вузовского диплома в аспирантуру Института химической физики АН СССР, а затем — к кандидатской защите. Установленная ему диссертационная тема была экспериментальная, но еще до истечения срока аспирант представил и успешно защитил теоретическую диссертацию. Названная выше статья как раз и явилась «изюминкой» этой диссертации.

Следующий этап научного творчества Я. Б. Зельдовича, включая докторскую диссертацию, защищенную в 1939 г., был посвящен главным образом проблемам горения и детонации. Диссертация получила название «Окисление азота при горении и взрывах» и содержала обильный экспериментальный и теоретический материал. Было показано, что окисление азота представляет собой цепную неразветвленную реакцию с равновесной концентрацией активных центров — атомов кислорода.

Эта работа служит характерным примером исследований, значение которых со временем не снижается, а возрастает. Сейчас ее значение стало особенно велико в связи с актуальнейшей экологической проблемой — борьбой с загрязнением окружающей среды продуктами горения от двигателей внутреннего сгорания, угольных ТЭЦ, химических производств. Носящая имя Зельдовича кинетическая схема окисления азота позволяет не только рассчитывать масштабы подобного загрязнения, но и оптимизировать промышленное осуществление процессов горения с учетом требований экологии. Не исключено, что эта схема станет в будущем основой эффективного процесса окисления азота в атомных реакторах с высокотемператур-

ными тепловыделяющими элементами.

Публикация результатов экспериментальных и теоретических работ 1935—1939 гг. по окислению азота в свое время задержалась на несколько лет, и в «Избранных трудах» они приведены после работ по теории воспламенения теплового взрыва и распространения пламени — в виде публикации 1946 г. в «Докладах Академии наук» и двух параграфов вышедшей в свет в 1947 г. книги Я. Б. Зельдовича, П. Я. Садовникова и Д. А. Франка-Каменецкого «Окисление азота при горении».

Середина 40-х годов — период, непосредственно предшествовавший длительным работам Я. Б. Зельдовича по проблемам новой техники — ознаменовалась выходом в свет «трилогии» его замечательных монографий, подытоживших десятилетние труды по важнейшим направлениям химической физики.

За год до уже названной монографии по окислению азота появилась «Теория ударных волн и введении в газодинамику», в которую вошли материалы двух статей 1946 г., опубликованных в ЖЭТФ. Обе эти статьи включены в «Избранные труды». Весьма нетривиальным было содержание в них предсказание возможности существования ударных волн разрежения, например, в газах с достаточно большой теплоемкостью вблизи критической точки перехода жидкость — пар.

Анализ проблемы распространения ударных волн в газе с обратимыми химическими реакциями очень типичен для всего подхода Я. Б. Зельдовича к проблемам химической физики, в котором учет воздействия физических факторов (температуры, давление и т. п.) неразрывно сочетается с ясным пониманием и использованием характеристик кинетики и механизма химических реакций. Отсюда — огромная значимость получаемых результатов и для физики, и для химии. Так, например, только что упомянутые статьи легли в основу наиболее эффективного современного метода исследований физико-химической кинетики в газах при высоких температурах — с помощью ударных труб.

Монография 1946 г. послужила ядром будущей книги Я. Б. Зельдовича и Ю. П. Райзера «Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений», переведенной на английский язык и вошедшей — по данным американского «Индекса цитирования» — в число рекордсменов по обилию ссылок на нее в мировой научной литературе.

Третья монография «трилогии» 1944—1947 гг. включена в «Избранные труды» полностью. Здесь уместно привести цитату из предисловия Ю. Б. Харитона к «Избранным трудам»: «Раздел «Теория горения и детонации» мы начали с короткой монографии 1944 г., знаменитой «зеленой книжечки» («Теория горения и детонации газов»). Дело в том, что мы не знаем до сих пор лучшего изложения физических принципов горения и детонации, чем это сделано там, а эта книга стала такой библиографической редкостью, что мало кто ее вообще видел своими глазами».

Как и составители «Избранных трудов», мы несколько нарушили хронологию — говоря о середине 40-х годов, еще не упомянули исторических работ Я. Б. Зельдовича и Ю. Б. Харитона 1939—1940 гг. о цепном делении урана. Но тогда мы вторглись бы в тематику второй книги «Трудов», которая еще только должна выйти в свет. А потому на этом месте «Шахерзада прекратила дозволенные речи».

Опыт «сейсмической прозы»

Г. П. Горшков,
доктор геолого-минералогических наук

Москва

Землетрясения — постоянный и грозный враг человечества, во всяком случае почти половины его, которая живет в сейсмически активных областях. В последние годы средства массовой информации часто приносят известия об очередном сей-



А. А. Никонов. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ... ПРОШЛОЕ, СОВРЕМЕННОСТЬ, ПРОГНОЗ. М.: Знание, сер. «Наука и прогресс», 1984, 192 с.

смическом событии, а иногда и о сейсмических катастрофах. Поэтому вполне понятен интерес не только специалистов, но и широких кругов читателей к землетрясениям и возможности ослабления сейсмической опасности. И надо сказать, что этот повышенный интерес удовлетворяется регулярно выходящими общедоступными изданиями отечественных авторов. В последние годы, кроме того, выпущено несколько переводных книг.

Но таково свойство оригинально и талантливо написанной книги — она обращает на себя внимание и среди многих других. Как справедливо пишет А. А. Никонов в своем предисловии «Вступление в сейсмическую прозу», его книга не повторяет ранее вышедшие ни по структуре, ни по содержанию. Читатель держит в руках не облегченный учебник с систематическим изложением предмета, не журналистский опыт на заданную тему и не сборник страшных рассказов о тех или иных выдающихся землетрясениях. Книга, хотя и состоит из отдельных очерков-глав, казалось бы мало связанных одна с другой, но фактически последовательно и ненавязчиво знакомит читателя со многими важными направ-

лениями современных исследований в области оценки сейсмической опасности.

Сразу скажу: автор обладает несомненным даром (в прежнее время сказали бы — «божьем даром») писать интересно. Как, чем это достигается? Дар есть дар, но некоторые «приемы», используемые автором, следует отметить.

Во-первых, автор знает, о чем пишет. Автор не только популяризатор, он сам известный ученый, он работает в той области естествознания, о которой пишет, — а это бывает далеко не всегда. Очень многие популяризаторы пишут о чем-либо, так сказать, со стороны, пишут о работе ученых, сами не являясь таковыми, пишут то, о чем знают только по книгам, — это сразу чувствуется, с первых страниц, и вызывает недоверие читателя к автору. В данном случае этого нет — автор пишет о своей работе и о работе своих со товарищей квалифицированно, с той степенью точности, которая необходима и которая доступна только специалисту.

Во-вторых, работа написана искренне, эмоционально. Она вводит читателя в кухню научных исканий, которые порой увлекали автора в сторону неизвестного, трудного, и автор откровенно описывает и трудности, с которыми встретился, и радости, которые испытывал на этом пути поисков достоверного.

В-третьих, автор умеет найти место различным деталям, может быть и не существенным, но всегда образным, характерным, значительно оживляющим текст, укрепляющим достоверность излагаемого. Автор умеет показать, что даже в самых специальных предметах можно найти — и автор находит! — и волнение творчества, и радости открытий, стоит лишь проявить инициативу и настойчивость пытливого, увлеченного своим делом исследователя.

Наконец, нельзя не отметить тот факт, что автор находит действительно интересные, живые темы для своих рассказов, темы, вытекающие непосредственно из современной гущи огромного фактического материала современной науки,

и умеет, потянув за, может быть, случайно обнаруженную, но не пропущенную ниточку, прийти к заключениям новым, важным, подымая неожиданные пласты новых аспектов знания. Это касается всех трех неформальных, отсутствующих в оглавлении, но пронизывающих содержание книги разделов: прошлое, современность, прогноз. В каждом из них А. А. Никонов провел серию научных исследований, которые в той или иной мере отражены и в рецензируемой книге. Это не значит, что изложены только темы и результаты его собственных исследований, хотя они преобладают и именно в этом особенность книги: другой исследователь землетрясений включил бы в книгу иные темы и методы исследований, другие примеры и районы.

Не запугивая грозными и подчас беспощадными проявлениями стихии, автор стремится познакомить читателя с основными понятиями сейсмологии, рассказать о современном состоянии ряда научных и практических проблем и, более того, научить активной позиции и отдельным конкретным приемам уменьшения опасности при землетрясениях.

Таковы, например, главы «Кавказский сейсмоисторический детектив», «Срез ласковый, грозный и... полезный», «Землетрясение в Калифорнии. Когда?». Вот, например, очерк с интригующим названием «Кавказский сейсмоисторический детектив». Казалось бы, уйдя в далекую историю XVII в., да еще сосредоточившись на единственном землетрясении, автор мог ограничиться им и только. Однако рассматривая единичное событие в контексте решения важнейшей проблемы (оценки максимально возможных по интенсивности землетрясений Кавказа), автор сумел показать тот путь, трудный и противоречивый, с находками и возражениями оппонентов, который ведет к решению практически важной проблемы. И как бы ни относиться к выводам автора в оценке сейсмической опасности Кавказа и его местами весьма эмоциональному их изложению, уже становится невозможным отмахнуться от новых фактов и заключений.

Не все главы-очерки написаны одинаково живо, некоторые даются в спокойном повествовательном ключе («Несколько ступенек вниз при входе в здание сейсмологии», «Камчатский опыт», «Человек возбуждает землетрясения»). Эти стилистические различия не нарушают общего, обращенного к каждому читателю, доверительного тона изложения и даже как-то разнообразят его.

Как и всякая другая, книга А. А. Никонова, конечно, не лишена недостатков. Можно понять автора, когда он предупреждает читателя о том, что «темы и районы ограничены в той мере, в какой ограничены интересы и личный опыт автора» (с. 10). Но читателю популярной книги, конечно, было бы интересно узнать, например, о таких печально знаменитых землетрясениях, как Лиссабонское, Ашхабадское, Монгольское, Ташкентское и др.

Говоря об античных мифах, автор мог бы найти в древнеримских, древнегреческих мифах и отечественных старинных

сказаниях много дополнительных любопытных положений. Достаточно вспомнить о боге Эйносигее-Посейдоне-Нептуне.

Как и некоторые другие исследователи, я отношусь довольно скептически к «возбужденным» землетрясениям, которым отведена специальная глава в рецензируемой книге. Повидимому, возбужденные землетрясения случаются, но слабые и редкие, случаи 7-, 8- и 9-балльных «искусственных» землетрясений нуждаются в проверке, которая обычно показывает, что вопрос решался недостаточно корректно.

Можно было привести и другие упущения и некоторые неточности. Но важнее сказать другое: я начал читать книгу с «Вступления...» и продолжал чтение без перерыва, пока не дошел до последней страницы. Думаю, что так поступит любой читатель: в книге много интересного, малоизвестного, занимательного, увлекательного; она «зовет» с собой, не оставляет читателя равнодушным. Книга читается как научно-художест-

венная, а до сих пор сейсмологическая тематика, при всей ее актуальности, этим жанром литературы не избалована. Главное же, жанр в этом случае не столько способствует увлекательности, сколько служит, говоря высоким слогом, просветительской цели, особенно в тех главах, где даются практические знания и советы живущим в сейсмически опасных областях.

Книга издана хорошим тиражом (85 тыс. экз.) и удачно в целом оформлена. Досадно, однако, что в ней отсутствуют фотографии (хотя автор известен коллегам как хороший фотограф), а две фотографии на внутренней стороне обложки прямого отношения к теме книги не имеют.

В общем же надо сказать, что издательство «Знание» сделало еще один, весьма удачный, подарок обширному кругу любителей действительно популярной, одновременно серьезной и увлекательной литературы.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ. Отв. ред. И. Ю. Кобзарев. М.: Наука, сер. «Наука и технический прогресс», 1984, 144 с., ц. 50 к.

Книга составлена из статей, опубликованных в «Природе» в 1979—1983 гг. Собранные вместе, они позволяют не просто проследить за возникновением и развитием физических идей, но и оценить ситуацию в целом, создавшуюся в физике элементарных частиц к 1983 г.

В последнее десятилетие эта область науки пережила период бурного подъема. Получила многочисленные подтверждения объединенная теория электрослабых взаимодействий; развилась и окрепла квантовая хромодинамика; окончательно стало ясно, что протоны, нейтроны и другие адроны — отнюдь

не элементарны, а состоят из кварков. О том, как удалось систематизировать многочисленное семейство адронов и как в результате этого возникла и развилась идея их кваркового строения, рассказывается в статье В. М. Шехтера.

Описать окружающий нас мир с помощью небольшого числа фундаментальных объектов и единого взаимодействия — одна из главных целей современной физики. Попыткам построения единой теории электромагнетизма и гравитации посвятил многие годы своей жизни Эйнштейн. Об этом последнем замысле великого физика идет речь в статье директора Международного центра теоретической физики в Триесте (Италия) А. Салама — одного из создателей единой теории электрослабых взаимодействий. Как эту задачу пытаются решить в наши дни на основе калибровочных

полей, рассказывается в статье А. А. Ансельма. Плодотворность такого подхода убедительно демонстрирует теория электрослабых взаимодействий Глэшоу — Вайнберга — Салама, получившая блестящее экспериментальное подтверждение в 1983 г. после открытия в ЦЕРНе W^{\pm} - и Z^0 -бозонов. Свойствам этих частиц, переносящих слабые взаимодействия, и экспериментам по их обнаружению посвящена статья М. А. Смондырева.

Если силы природы управляет единый фундаментальный закон, то, как полагают, носителем различий между известными сейчас основными взаимодействиями служит физический вакуум. Структура вакуума в современных физических теориях — основная тема статьи А. Д. Линде и Д. А. Киржница. О том, какую роль играет электрон-позитронный вакуум квантовой электродинами-

ки, к каким своеобразным экспериментально наблюдаемым явлениям приводят его квантовые флуктуации, рассказано в статье В. С. Попова, заключающей данный сборник.

Перечисленные темы, однако, далеко не исчерпывают всего многообразия проблем и достижений современной физики элементарных частиц. Прекрасное тому подтверждение — многочисленные публикации, появившиеся на страницах «Природы» в 1983—1985 гг. Они составляют содержание нового сборника, который готовится к выпуску в издательстве «Наука». Читателя ждут увлекательные путешествия в экспериментальные залы ЦЕРНа и Серпуховского синхрофазотрона, в соляную шахту, наполненную 8 тысячами тонн воды для поисков распада протона, в вычислительные центры, где ставятся численные эксперименты в квантовой хромодинамике и т. д. Сборник так и будет называться: «Семь путешествий в микромир».

Астрономия

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ НА 1985 Г. ЕЖЕГОДНИК. ПЕРЕМЕННАЯ ЧАСТЬ. Вып. 88-й. М.: Наука, Главная ред. физ.-мат. лит-ры, 1984, 320 с., ч. 1 р. 10 к.

Советская программа исследований кометы Галлея предусматривает самое широкое привлечение любителей астрономии (главным образом тех, кто объединен в отделениях Всесоюзного астрономического общества, в кружках при дворах и домах пионеров и школьников, при станциях юных техников и т. п.) к регулярным наблюдениям этой кометы, которая уже с осени 1985 г. будет видна в небольшие телескопы. Этой задаче посвящена большая подборка материалов в очередном выпуске «Астрономического календаря», который издается с 1895 г. Нижегородским кружком любителей физики и астрономии. Рассказывается о международной и советской программах изучения кометы Галлея (Я. С. Яцкив), о космических исследованиях этой кометы (С. А. Никитин), об условиях

ее видимости (Н. А. Беляев и М. М. Дагаев), о любительских наблюдениях кометы (К. И. Чурюмов).

Традиционный раздел календаря «Эфемериды» содержит, как обычно, сведения о движениях и условиях наблюдения различных астрономических объектов и явлений. В разделе «Приложения», кроме публикаций о комете Галлея, есть статьи о строении Галактики (Ю. Н. Ефремов), о природе квазаров (В. М. Чаругин), о столетних исследованиях серебристых облаков (В. А. Бронштэн) и др.

Специальный раздел содержит материалы о памятных датах астрономии в 1985 г. В заключение приводится литература для астрономов-любителей.

Физика атмосферы

Д. В. Наливкин. СМЕРЧИ. М.: Наука, сер. «Человек и окружающая среда», 1984, 110 с., ц. 40 к.

Академик Д. В. Наливкин (1889—1982) — выдающийся советский геолог и палеонтолог, труды которого имели огромное значение для освоения естественных ресурсов, в частности месторождений горючих полезных ископаемых и бокситов. Как пишет ответственный редактор книги член-корреспондент АН СССР М. И. Будыко, Д. В. Наливкину была свойственна широта научного кругозора, интерес к природным явлениям, выходящим за рамки геологии. Яркий пример этому — работы Д. В. Наливкина, посвященные атмосфере. Научно-популярная книга «Смерчи» была написана им в последние годы жизни (работу, связанную с изданием, завершил его сын, В. Д. Наливкин).

Книга состоит из восьми небольших глав. В ней описано строение смерчей и рассказано о причинах их возникновения. Автор опирается на огромный фактический материал, собранный им за много лет, приводит свидетельства очевидцев о наиболее сильных смерчах в Европе, Азии и Америке. Читатель узнает о том, как распространяются эти гигантские воронко-

образные облака и какие атмосферные явления их сопровождают: рассказывается об электрических явлениях, шаровых молниях, грозовых ливнях и граде. Читатель получит представление о способности смерчей переносить различные предметы, животных и растения на большие расстояния, о «дожде» из рыб, крабов, медуз. Проведена классификация смерчей. Специальную главу автор посвятил обсуждению связи между атмосферными и геологическими явлениями.

Физика. Химия. Биология

СИНЕРГЕТИКА. Сб. статей. Пер. с англ. под ред. и с предисл. Б. Б. Кадомова. М.: Мир, 1984, 248 с., ц. 1 р. 40 к.

Синергетика — это не отрасль науки, замечает редактор перевода, а скорее термин, получивший с легкой руки немецкого физика-теоретика Г. Хакена широкое признание и распространение как некое общее название для междисциплинарной области, занимающейся изучением процессов самоорганизации — появления и развития структур в первоначально однородной среде. Примеры тому — рост кристаллов, переход к турбулентному течению в жидкостях, автоволны в химически активных средах и т. д.

В сборнике представлены статьи видных зарубежных ученых, освещающих результаты теоретического и экспериментального исследования процессов самоорганизации в неравновесных системах, а также детерминированного и стохастического поведения нелинейных систем. В особый раздел сборника выделены статьи, описывающие результаты последних исследований многочисленных нелинейных явлений в химически активных средах. Завершается сборник изложением двух интересных экспериментальных работ по наблюдению конвекции в жидкости.

Книга предназначена широкому кругу специалистов — физикам, математикам, биологам, химикам, интересующимся вопросами самоорганизации.

Биология

А. А. Нейфах, Е. Р. Лозовская. ГЕНЫ И РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМА. Отв. ред. Н. Г. Хрущов. М.: Наука, сер. «От молекул до организмов», 1984, 188 с., ц. 65 к.

В нормальном развитии организма участвуют все клеточные компоненты. Легко представить поэтому, что в биологии развития нет простых процессов. Сейчас наиболее изучены процессы развития на молекулярном уровне: исследователи почти разобрались в том, как устроены и работают невидимые глазу гены. Гораздо менее ясно, как и почему изменяется форма клеток, хорошо видимых под микроскопом. Однако специалисты, по всей вероятности, приближаются к решению и этого вопроса. А вот понять, как, благодаря перемещению тех же клеток, создается форма органов, видимых уже невооруженным глазом, пока не только не удастся, но неизвестно даже, каким образом к этой проблеме лучше подойти.

В своей книге А. А. Нейфах и Е. Р. Лозовская уделяют основное внимание генетическому аспекту биологии развития, который представляется им главным. На примерах просто и сложно устроенных организмов они рассматривают развитие как процесс реализации генетической информации. Кроме того, авторы посвящают несколько глав своей книги образованию иммунной защиты организма, формированию клеток крови, методам гибридизации клеток и целых организмов.

Написанная легко и популярно, книга А. А. Нейфаха и Е. Р. Лозовской, безусловно, явится для читателей источником новых знаний в этой, пожалуй, самой таинственной области биологии.

Геология

В. С. Храмовских, А. А. Никонов. ПО СЛЕДАМ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ. Отв. ред. и авт. предисл. Н. А. Логачев. М.: Наука, сер. «Человек и окружающая среда», 1984, 144 с., ц. 60 к.

Сильные землетрясения, периодически вспарывающие

земную кору, оставляют неизгладимые следы — трещины, уступы в скальных и рыхлых породах, гирлянды обвалов и оползней. Долгое время люди не понимали истинной природы и значения этих следов, а между тем они должны были служить предупредительным сигналом.

Распознаванием и изучением следов сильных землетрясений — занимается палеосейсмогеология; это новое научное направление стало формироваться советскими учеными начиная с 60-х годов. Популяризируя это направление, книга одновременно носит характер первой научной сводки всего, что достигнуто палеосейсмогеологией с момента ее становления.

Читатель не только узнает о неизвестных ранее сильнейших землетрясениях на Земле и их значении для оценки сейсмической опасности тех или иных зон, но и встретится с интересными фактами, которые еще ждут своего объяснения; раскрытием и тут же следующим за ним закрытием гигантских трещин, возвратно-поступательным и вращательным движением горных хребтов, «спокойным» разрастанием сейсмических разрывов, не приводящих к ожидаемым в таких случаях сильным сотрясениям земной поверхности, и др.

География

Г. Рихтер. КУЛЬТУРА ЛАНДШАФТА В СОЦИАЛИСТИЧЕСКОМ ОБЩЕСТВЕ. Пер. с нем. Г. Н. Шендерук. Отв. ред. И. П. Герасимов, М.: Прогресс, 1983, 160 с., ц. 60 к.

В книге ученого из ГДР — страны, где географические аспекты культуры землепользования (ландескультуры) давно и успешно разрабатываются в качестве особого направления ландшафтоведения, — изложены самые разнообразные сведения по вопросам рациональной организации окружающей среды. А главное — обобщена реальная практика высокоразвитого в технико-экономическом отношении социалистического государства. Книга дает представление о территориальном взаимо-

действии народного хозяйства ГДР с природным ландшафтом, а также о системе мероприятий по управлению этим взаимодействием. Особая глава посвящена территориальным типам «ландескультуры» в ГДР. Эта работа профессора из университета г. Галле может оказаться интересной в методологическом, теоретическом и практическом отношении для широкого круга научных работников и различного рода специалистов в области сельского хозяйства и охраны природы.

Охрана природы

КРАСНАЯ КНИГА УЗБЕКСКОЙ ССР. РЕДКИЕ И НАХОДЯЩИЕСЯ ПОД УГРОЗОЙ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ВИДЫ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ. Т. II. Растения. Гл. ред. А. С. Садыков, отв. ред. II тома М. М. Набиев. Ташкент: изд-во «Фан» УзССР, 1984, 150 с., ц. 2 р. 40 к.

На территории Узбекистана насчитывается свыше 4000 видов дикорастущих высших растений; более 10—12 % флоры относится к редким, эндемичным или реликтовым видам. Природные запасы многих растений в результате усиленной промышленной заготовки катастрофически сократились. К их числу относятся тюльпаны и пионы, славящиеся своей красотой во всем мире, лекарственное растение зайцегуб опьяняющий, пищевое растение лук анзур и др. Значительный урон дикорастущей флоре наносит бесконтрольный сбор любителями траволечения редких лекарственных растений, в особенности луковичных, клубнелуковичных и корневищных. Сильно сокращается численность многих декоративных растений.

Из более чем 400 местных видов, нуждающихся в охране, в Красную книгу Узбекской ССР включены 163 — те, которым более всего грозит исчезновение. Для каждого внесенного в книгу вида проводится краткое его описание, указываются места распространения, численность (при наличии данных), причины ее изменения.

О «флере для збереження глаз» и муке из земляных яблук г-на Пармантье

Ю. С. Салин,
кандидат геолого-
минералогических наук
Хабаровск

Вплоть до 20—30 годов нашего века студенты изучали специальный курс «Полевая геология», в котором много видевшие и много испытывавшие профессора с обстоятельностью первопроходцев-натуралистов передавали свой опыт молодым коллегам. Советы начинающим простирались до детальных указаний.

«Напившись чаю, принимаются за ведение дневника», «силу осла пробуют, взяв его за хвост и стараюсь сдвинуть с места; сильные осла не пятаются при такой пробе», — просвещает молодежь патриарх советской геологии академик Владимир Афанасьевич Обручев. Представляю, что стало бы с хвостом, если бы мой камчатский товарищ Коля Храмов воспользовался обручевской рекомендацией. Бедный осел... Уж лучше бы ему оказаться послабее...

«На леднике не опаснее, чем в городе во время гололедицы», «тайга — обыкновенный лес», «кавказские разбойники не трогают безобидного и безденежного геолога», — успокаивает студентов в «Курсе полевой геологии» 1923 г. профессор Валерий Николаевич Вебер и добавляет, что пробковые шлемы хуже бумажных и что непромокаемых сапог не бывает...

Но первым, скорее всего, и в экспедиционной педагогике был Гораций Бенедикт де Соссюр, покоривший Монблан два века тому назад. «Дабы не отя-

гощать оными (образцами ископаемых.— Ю. С.) карманы или чтобы проводники нарочно их не выбрасывали для своего облегчения,— пишет он,— у меня прикрепляются к седлу кожаные мешки, в которых вожу их до удобного места к загрузке в холщовый мешок с сеном».

У В. А. Обручева — другая методика работы в условиях обилия каменного материала: «При очень обширных сборах можно иметь рюкзак на спине спутника-рабочего (и самому вкладывать в него образцы)».

Как удобнее перевозить образцы — на спине рабочего или в кожаных седельных сумках? Я имел счастье испытать на себе оба варианта.

Постоянную маршрутную пару в Мугоджанской партии 3-й Аэрогеологической экспедиции в 1959 г. составляли мы с Валентиной Кузьминой. И хотя оба мы были студентами-дипломниками (Валя — Московского университета, а я — Московского нефтяного института) и по всем прочим параметрам также были абсолютно равными и даже невзираю на то, что между мужичиной и женщиной ко времени наших совместных маршрутов был уже солидный опыт полного равноправия, Валентина считала вполне уместным перевозить наши общие образцы в моем заплечном мешке, как на спине спутника-рабочего, — в строгом соответствии с рекомендациями В. А. Обручева. При этом она не забывала пользоваться и наставлениями Г. Б. де Соссюра: чтобы я нарочно ничего не выбрасывал для своего облегчения, она не посвящала меня в свои маленькие женские секреты, т. е. что, сколько и зачем она накладывает в мой пе-

регруженный, трещавший по швам рюкзак. Я что-то ни разу не видел, чтобы она аккуратно обколачивала образцы на месте, отбивая от них замшелые, выветрелые края. Возможно, Валентине чего-то для этого не хватало. «При обколачивании,— учит В. Н. Вебер,— образец держат в левой руке и бьют передней гранью четырехугольного бойка молотка, а не его острием... Отбивание образцов пород требует навыка, который необходимо приобрести, не жалея левой руки. Для начала удобны замшевые кучерские перчатки на левую руку». Может быть, Валентина жалела левую руку или у нее не было замшевых кучерских перчаток, или были, но на правую руку... Зато после прихода на лагерь она доводила образцы до кондиции и, не стесняясь моего присутствия, сокращала каждый кирпич до размера тюбика губной помады, да еще крутила носом: «Вот это не надо, и это тоже не надо, а это чудище зачем я взяла?»

После каждой такой реплики очередной булыжник летел в необъятную, как гряда металлелома после студенческого субботника, кучу камней между нашими палатками. «А вот это,— она с усилием приподняла внушительный каменный монолит,— я знаю, зачем я взяла». Валентина хитро посмотрела на меня, но я лишь недоуменно хлопал глазами: образцов таких заурядных песчаников у нас и так было — девать некуда. «Затем, чтобы... чтобы ты не бежал слишком быстро». Заметив по моему виду, что я ничего не могу взять в толк, она выдержала длинную паузу, но потом все же соображала прокомментировать: «А то я отстать очень боялась!»

Оказывается, следить надо не только за рабочим-проводником, чтобы он не выбрасывал образцы для своего облегчения, но и за геологом, чтобы он не подбрасывал их для чужого отягощения. Впрочем, такие коллизии, пожалуй, поставили бы в тупик Г. Б. де Соссюра с В. А. Обручевым. Их геология не была еще такой эмоциональной, а психология научного поиска — настолько утонченной. Потому что женщин в экспедиции было тогда не больше, чем сейчас в танковом батальоне или в узбекской чайхане.

«Дабы не поскользнуться, идучи по крепкому снежному насту,— предостерегает Г. Б. де Соссюр,— по льду и весьма слизкому дерну, который еще опаснее, я советую употреблять крючки, ибо и я употреблял их с пользою. В последнем моем путешествии носил я башмаки, коих крепкая кожаная подошва вооружена большими винтами, которые расставлены между собой на 8 или 9 линий; головки сих винтов стальные и представляют осьмистороннюю пирамиду. У меня есть также башмаки и с маленькими винтами или гвоздями, кои длиною только в две с половиной линии, и такой же почти ширины, для льдов, утесов и слизких дернов, а в больших хожу я по твердым снегам».

Помнится, однажды я ходил по твердым снегам, по льду и весьма «слизкому» дерну в кирзовых сапогах с гвоздями. Не знаю, сколько линий в длину (это старая неметрическая единица, равная примерно 2,5 мм) были те гвозди; мне они казались очень большими. Но в глубине души что-то не сложилось у меня расположения к рецепту первопокорителя Монблана. Может, потому, что гвозди торчали наружу, а внутрь сапога? А может, все дело в том, что от века к веку вкусы меняются. Как пишет В. Н. Вебер, нынче и само «...восхождение на Монблан считается плохим тоном у настоящих альпинистов». Так же как и ношение сапог с гвоздями — у камчатских геологов.

Какой только обуви ни понапридумывали наши стар-

шие товарищи! Кроме башмаков с гвоздями, в старинных курсах полевой геологии описываются унты, торбазы, шнурованные ботинки с чулками, краги, бесчисленные разновидности сапог... Одни для болот, другие для гор, третьи — для степей...

А Центракадемнаб предлагает в широком ассортименте только кирзовые сапоги и болотные бахилы. И так как кирзовые сапоги в камчатских условиях — все равно что римские сандали, ходим мы в длинных резиновых и по болотам, и по скалам, рекам, пескам и весьма «слизким» дернам, по райисполкомам, сельсоветам и магазинам, по Сибири и Дальнему Востоку, поутру и по холодку, по делу и просто так. И ни на какие краги и шнурованные ботинки не променяю я свою привычную, испытанную обувь — литой резиновый сапог массового конвейерного производства. Если и были еще более выдающиеся прецеденты в мировой обувной истории, то связаны они, наверное, лишь с русскими лаптями. Но о них мы знаем понаслышке.

«Что касается до самой особы путешественника, ему нужно иметь легкое суконное платье без подкладки, белого цвета, равно как и шляпу, дабы он менее претерпеть мог от солнечного зноя; камзолы или жилеты холодные и теплые, одни для холодных стран и высоких гор, другие для стран теплых и долин; доброй сертук; зеленые очки и черной флер, для збережения глаз от вреда, каковой может им причинить белизна снегов. Если должен он проводить ночь на открытом воздухе, то нужны ему палатка или складной шалаш, медвежья кожа для подстилки и шерстяное одеяло».

Не совсем понятно, как можно путешествовать в белом, даже будучи обслуживаемым кухаркой и камердинером. Пройдись разок по марям и гарям, по пещерам и болотам — что будет с камзолом? И дабы урон светлому облику ученого геолога не так бросался в глаза, фабрика геологического снаряжения шьет камзолы черного цвета, в крайнем случае

насыщенного синего или зеленого.

Не всегда есть возможность воспользоваться и рекомендациями Соссюра насчет палатки или складного шалаша и шерстяного одеяла. В конце октября нам с Колей позарез понадобилось совершить пересечение хребта Кумроч. Много удобства на себе унести мы не могли. Взяли спальные мешки, надувные резиновые матрацы и маленький тентик для «збережения» от дождя. В долине стоял туман, сверху сочилась морось, от которой через пару часов мой камзол под названием «телогрейка» вымок, хоть выжимай. А когда мы поднялись на водораздел, по скалам мягко струилась сухая пороша.

Готовясь к ночевке, мы положили матрацы прямо на снег и натянули тент поперек ветра, но за его краями сразу захрилась белая метель. Не обращая внимания ни на что, я залез в мешок с головой, застегнулся на все пуговицы и проспал до утра. А Коля не помещался ни в какой мешок, и поэтому его голова осталась на улице. К тому же он предпочитал в поле носить шляпу — она спасает и от холода, и от дождя, на нее удобно набрасывать черную толстую сетку от комаров и таким образом обходиться без накомарника с его несуразными проволочными обручами. Короче говоря, всем хороша в поле шляпа. Но только спать в ней нельзя.

За ночь в буйные Колыны кудри намело целый сугроб. У корней волос снег подаивал, вода просачивалась вниз и там, при минус десяти, согласно закону природы, превращалась в лед.

Проснулся Коля утром, а голова будто припаяна. Забеспокоился, а понять ничего не может — не посмотришь ведь, что там случилось, шею не повернешь. Хорошо, я внес ясность. «Обычное явление,— говорю,— Коля, обледенение головы. На больших высотах у таких длинных, как ты, это каждый понедельник случается, особенно если не слушаться старших и палатку с собой не брать или складной шалаш с

шерстяным одеялом. Теперь наберись терпения, я тебя облачивать буду. Или предпочитаешь, чтобы я тебя кипятком оттаивал? А хочешь, костер вокруг твоей головы разложу!»

В общем, операцию облачивания я провел благополучно. Голова у Коли до сих пор на плечах, и кудри на голове, не все, правда, но обледенение здесь не при чем.

«Наконец, — завершает свои советы Соссюр, — когда в отдаленных от жилищ человеческих пустынях долгое время провести должно, нужно брать с собой солонину или прилично приготовленную говядину; но мука из земляных яблок г-на Пармантье, дощечки бульона и хлеб составляет самую лучшую пищу, и притом сей припас не требует много места для своей укладки. Небольшая жаровня, мешок с углем и кастрюля медная или из луженого железа составляет мою дорожную посуду. Не худо также носить в кармане стакан из каучука или упругой смолы для утоления жажды, которая столь часто томит в таких путешествиях».

Земляные яблоки, упомянутые Соссюром, я думаю,

были обыкновенной картошкой. Но картошка для нас в поле слишком тяжела. Правда, женевский профессор говорит о муке из земляных яблок г-на Пармантье. Опять-таки, это, по видимому, сухая картошка, вещь в наш век тоже достаточно обыкновенная. Но в ту эпоху, когда на Монблан еще не ступала нога человека, мука г-на Пармантье и дощечки бульона были, конечно, экзотическими припасами. Ах, эта милая наивная старина...

В XVIII в. путешественники, судя по «Наставлениям» Соссюра, умирали от жажды рядом с горным родником, если у них в кармане не оказывалось стакана из каучука или упругой смолы. Но скажите, зачем в XX в. каучуковый стакан Коле, если он способен одной пригоршней напоить досыта коня?

Мы берем с собой в поле такой жесткий минимум вещей, который был неведом даже В. Н. Веберу, убежденному противнику всяких излишеств экспедиционного быта. Даже транзистор мы оставляем дома. К чему среди дикой природы кричащее напоминание о цивилизации, от которой и в горо-

де голова трещит? Зато как приятно, возвратившись к людям, услышать музыку, узнать голос диктора и задать вопрос первому встречному: «Ну что там передавали, какая завтра будет погода?».

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Вебер В. Н. ПОЛЕВАЯ ГЕОЛОГИЯ. М., 1923.

Обручев В. А. ПОЛЕВАЯ ГЕОЛОГИЯ. Т.1, М.-Л., 1932.

Севастьянов А. Ф. ГЕОГНОЗИЯ ИЛИ НАУКА О ГОРАХ И ГОРНЫХ ПОРОДАХ, С ПРИСОВОКУПЛЕНИЕМ НАСТАВЛЕНИЙ ПУТЕШЕСТВУЮЩЕМУ ГЕОЛОГУ, ПОЧЕРПНУТЫХ ИЗ 4-ГО ТОМА ПУТЕШЕСТВИЙ Г. СОССЮРА ПО АЛПИЙСКИМ ГОРАМ. СПб, 1810.

Zittel K. A. V. GESCHICHTE DER GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE BIS ENDE DES 19. JAHRHUNDERT. München und Leipzig, 1899.

В номере использованы фотографии АСТАФЬЕВОЙ Г. В., ВЕЙСМАНА Л. И., КАДЖАЯ Т. Л., ЛЮБИНСКОГО Е. Г., ТАСС.



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы.

Художник П. Г. АБЕЛИН

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:
Э. А. ГЕОРГАДЗЕ, Т. Д. МИРЛИС

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука».

Адрес редакции:

117049, Москва, ГСП-1,
Мароновский пер., 26.
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 27.02.85.

Подписано к печати 12.04.85.

Т—05088

Формат 70×100 1/6

Офсет

Усл.-печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 1441,9 тыс.

Уч.-изд. л. 15,7

Бум. л. 4

Тираж 53 860 экз. Зак. 606

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. г. Чехов Московской области



В следующем номере

В результате совместного советско-итальянского эксперимента, осуществленного в ЦЕРНе, впервые получено ограничение на количество антивещества в ранней Вселенной, полностью основанное на экспериментальных и наблюдательных фактах.

Саложников М. Г. Взаимодействие антипротонов с гелием и астрофизика.



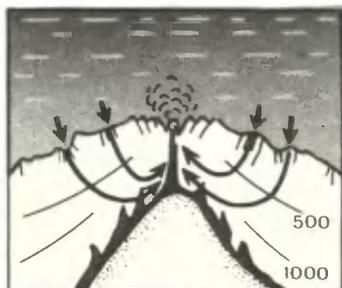
В изучении деятельности мозга, и особенно таких его интегративных функций, как память и способность к обучению, исследователи отводят первостепенную роль молекулярным механизмам этих процессов и действию таких веществ, как нейромедиаторы, нуклеиновые кислоты, белки и пептиды. Но нейробиологии предстоит пройти еще немалый путь в этом направлении.

Кругляков Р. И. Молекулы и память.



Бурное развитие молекулярной биологии дает основание предположить, что эволюция молекул несколько отличается от биологической эволюции. И хотя такое предположение не имеет пока общего признания, оно дает новый импульс развитию современной теории эволюции.

Волькенштейн М. В. Биологическая эволюция и эволюция макромолекул.



До последнего времени сульфидные руды считались исключительной принадлежностью континентов. Детальные исследования геологии океана заставили отказаться от этих представлений: сульфидные руды были обнаружены сначала на дне Красного моря, а затем во многих районах открытого океана.

Батурич Г. Н. Сульфидные руды на дне океана.



Как бы это ни казалось неожиданным, но в биологии многих видов животных, внесенных в «Красную книгу СССР», наши «знания» сводятся к набору вопросов, на которые еще предстоит найти ответ. К числу таких животных относится и безлегочный тритон — самая загадочная амфибия Дальнего Востока.

Козик С. С., Труберг А. Г. Уссурийский когтистый тритон.

Цена 80 к.
Индекс 76707

