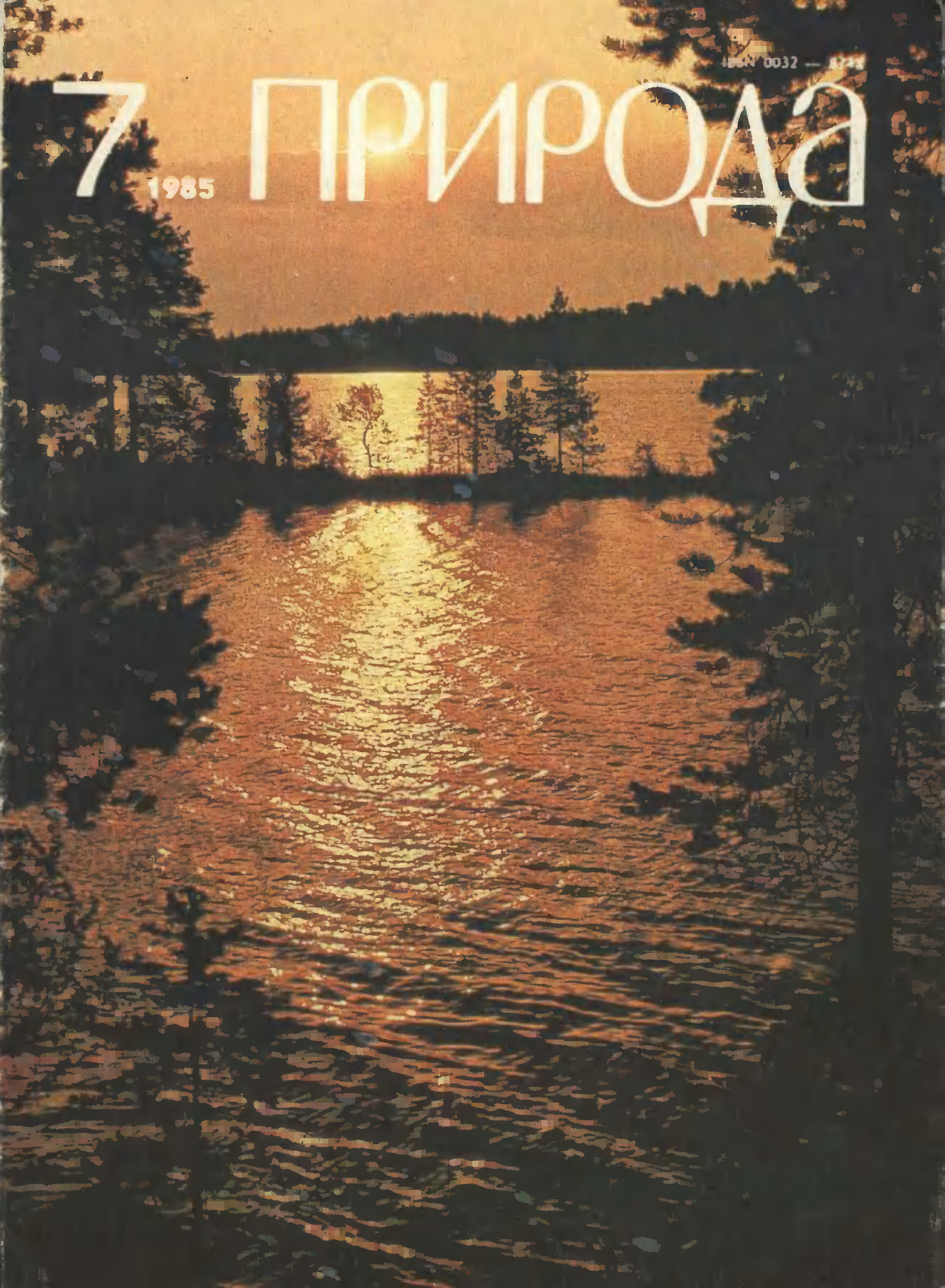


ISSN 0032 — 8778

7 ПРИРОДА

1985



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. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

На первой странице обложки. Расширяется сеть биосферных заповедников нашей страны. См. в номере: Рогачева Э. В., Янковская И. Н. Создан Центральносибирский заповедник.

Фото В. И. Беседина.

На четвертой странице обложки. Многозональная фотография Юго-Восточного Казахстана, полученная с космического корабля «Союз-22». Видны снежные вершины хребта Тарбагатай, степные расчлененные долинами склоны, сельскохозяйственные поля на предгорной равнине и полупустыни в Алакольской впадине. См. в номере: Виноградов Б. В. Аэрокосмические методы в экологическом прогнозе.



В НОМЕРЕ

- Молодежь и задачи современной экологии** 3
- Марчук Г. И. Математическое моделирование и охрана природы** 6
Как совместить рост промышленного и сельскохозяйственного производства с сохранением чистоты окружающей среды? Математическое моделирование помогает найти оптимальные решения этой сложной проблемы.
- Виноградов Б. В. Аэрокосмические методы в экологическом прогнозе** 13
Прогноз нежелательных изменений в экосистемах — задача исключительной научной и народнохозяйственной важности. Такой прогноз становится возможным благодаря аэрокосмической съемке и применению математических моделей.
- Перель Т. С. Дождевые черви — редкие животные?** 24
Некоторые виды этих беспозвоночных, активных создателей почвенного плодородия, внесены во 2-е издание «Красной книги СССР».
- Троцюк В. Я., Немировская И. А. Нефть в океане: загрязнение или естественный приток?** 28
Просачивание нефти из океанического дна определяет тот пороговый уровень, от которого нужно вести отсчет антропогенного нефтяного загрязнения.
- Пржеменецкая В. Ф. Культивирование водорослей — одна из мер охраны шельфа** 36
Чтобы не подорвать природное богатство шельфа, добывая морские водоросли, необходимо выращивать их на искусственных плантациях.
- Рябошапка А. Г. Сера в биосфере** 42
В последние десятилетия заметно растет техногенный приток серы в атмосферу. Это ведет к серьезным экологическим проблемам, решение которых становится все более актуальным.
- Ена В. Г., Ена Ан. В., Ена Ал. В. Природные феномены Крыма** 51
С помощью специальной методики выявлены и классифицированы наиболее ценные ландшафты Крыма. Это позволило наметить оптимальные пути их охраны и использования в условиях ежегодно растущего потока туристов и отдыхающих.
- Спасский А. А., Бибиков Д. И., Коновалов Ю. Н. Паразитологи о волке** 63
Чтобы объективно оценить, полезен или вреден волк в том или ином регионе, нужны паразитологические исследования.
- Крючков В. В. Рекультивация нарушенных земель на Севере** 68
Природа Севера чрезвычайно ранима, и разрушение небольших участков поверхности горными выработками сказывается на больших территориях. Появился опыт рекультивации этих земель.

Экология микроорганизмов до последнего времени изучалась лишь в лабораторных условиях. Перенеся свои эксперименты в природу, микробиологи получили совершенно новые представления о приспособленности микробов к той или иной среде обитания, изменениях структуры микробных сообществ и т. д. Это открывает возможность управлять природными популяциями микроорганизмов.

По состоянию наземных и почвенных животных можно выявлять опасные отклонения в окружающей среде. Своевременный сигнал о неблагополучии позволяет принять необходимые меры по устранению или нейтрализации загрязняющих веществ.

Собака — первое из одомашненных человеком диких животных. Но лишь недавно на основании историко-археологических данных появилась возможность утверждать определенно: диким предком собаки являлся волк.

Обнаружены бактерии, приспособившиеся к жизни в крайне соленых пересыхающих водоемах и лагунах Крыма. Это открытие существенно дополняет представления о возможных путях образования биогенного метана.

НОВОСТИ НАУКИ 12, 106

Загрязнение атмосферы в Арктике (12) • На границе Солнечной системы (106) • Сверхновые и постоянная Хаббла (106) • Открыт «коричневый» карлик (107) • Проект крупнейшего телескопа (107) • Проверка закона тяготения в лабораторных условиях (107) • Рентгеновское излучение при разрушении твердых тел (108) • Асимметрия в структуре атома водорода (109) • Вода в перистых облаках при минус 36 °С (109) • Хвойные оценивают мутагенность биосферы (110) • Биоритмы живой клетки (110) • Дрозофила и витамины (111) • Интерферон против стафилококков (111) • Содержание лития в крови (111) • Зачем нужны слезные железы (112) • Курение и рак (112) • Электросон в профилактике эмоционального стресса (113) • Гусеницы бабочек голубянок — паразиты в системе симбиоза (113) • Яйцеведы против растительноядных клопов (114) • Как обезьяны узнают родичей (115) • Последствия экологической экспансии (115) • Козы угрожают заповедному острову (115) • Нарушение природной среды усугубляет стихийные бедствия (116) • Последствия величайшего пожара (116) • Усиление мутагенного эффекта (117) • Токсические свойства фенитроина (117) • Свинец в питьевой воде англичан (117) • Гербицид, оказавшийся канцерогеном (118) • Исследования рифта в районе Исландии (118) • Уран в земном ядре (119) • Создан Центральносибирский заповедник (119)

РЕЦЕНЗИИ

Суворов А. Л. Дефекты в металлах (125) • Роузвер Н. Т. Перигелий Меркурия. От Лаверье до Эйнштейна (125) • Маннатис Т., Фрич Э., Самбрук Дж. Методы генетической инженерии. Молекулярное клонирование (125) • Прогноз землетрясений (126) • Зетиков И. А. За разгадкой тайн Ледяного континента (126) • Баратов Р. Б., Новиков В. П. Каменное чудо Таджикистана (126) • Васильев Н. Г., Харкевич С. С., Шибнев Ю. Б. Заповедник «Кедровая падь» (126) • Криштопайтис И. Б. Классическая концепция вещества (127) • История науки. Т. 6 (127)

В КОНЦЕ НОМЕРА



Молодежь и задачи современной экологии

В Москве открывается XII Всемирный фестиваль молодежи и студентов. Одна из проблем, которая будет широко обсуждаться участниками фестиваля, — это проблема охраны окружающей среды. Впервые международное молодежное движение на самом представительном своем форуме обращается к экологическим вопросам. В этом — веление самой жизни. Именно молодежь планеты должна взяться за экологическую работу, потому что ей предстоит пользоваться плодами тех конструктивных мероприятий по охране природы, которые планируются и начинают осуществляться сегодня.

Еще недавно экологические прогнозы носили характер более или менее обоснованных догадок и предвидений. Современное состояние науки вооружило молодежь системным подходом к решению глобальных и региональных проблем; сегодня мы имеем возможность делать количественные оценки и прогнозы, и это убеждает нас в своевременности внесения в повестку дня фестиваля комплекса вопросов по охране природы.

Стремительное развитие научно-технической революции с особенной остротой поставило перед человечеством эти вопросы. Непрерывная интенсификация и расширение масштабов недостаточно спланированной хозяйственной деятельности, не всегда к тому же вооруженной научным прогнозом, приводит к нежелательному влиянию на состав атмосферы, тепловой режим планеты; загрязняется Мировой океан, истощаются запасы пресной воды, минерального и энергетического сырья; разрушаются ландшафты и т. д. Все это чревато опасностью для здоровья человека, для будущих поколений.

Последствия медленных, но зачастую необратимых процессов антропогенного изменения окружающей среды в конечном итоге не менее опасны, чем экологические последствия термоядерного конфликта. Но пока у нас есть время, чтобы воспользоваться достижениями науки и предотвратить эти последствия. Народы Земли, и прежде всего молодежь, должны осознать, что для экологических нарушений нет государственных границ, они опасны для всех континентов, для всех наций, для всех слоев населения. Интернациональный долг молодежи — дать будущим поколениям здоровую среду обитания.

Следует подчеркнуть, что отрицательное воздействие нездоровой среды обитания многократно усиливается социальной несправедливостью. Одной из острейших проблем для огромной части населения Земли, особенно в развивающихся странах, остается водоснабжение, и именно социальная несправедливость лишает людей возможности пользоваться чистой, не несущей опасности для здоровья водой. В огромных регионах земного шара сельские жители так же страдают от плохого качества воды, как жители промышленных центров — от плохого воздуха.

К сожалению, наука не может предложить простого и быстрого решения всех этих вопросов. Растущее население Земли требует решения продовольственной проблемы, а это значит, что необходимо интенсифицировать сельское хозяйство, повысить плодородие почвы, урожайность возделываемых культур. Необходимо увеличивать производство удобрений, химических средств защиты растений. Будущие поколения людей не должны страдать ни от голода, ни от болезней, вызванных нездоровой средой обитания, ни от последствий военных конфликтов. Только объединенные усилия молодежи всех стран, вооруженной знаниями, достижениями современной науки, могут обеспечить будущее ей и последующим поколениям.

Чтобы успешно решать эти задачи, необходимо широко пропагандировать экологические знания среди всех слоев населения. Необходимо сформировать у людей новый, экологический тип мышления, научить каждого относиться к биосфере Земли как к уникальной и весьма хрупкой экосистеме. Человеческая деятельность стала сопоставима по своим масштабам с природными процессами. Грандиозные вулканические извержения выбрасывают в атмосферу меньше серы и токсических газов, чем современная промышленность; потребление азотных удобрений становится сопоставимо с естественной фиксацией азота в природе; в огромных регионах полностью зарегулирован сток воды; распашка земель приближается к своему естественному пределу. Чтобы предвидеть последствия наших действий, чтобы не нанести необратимого ущерба природе Земли, необходимо знать все ее сложное «хозяйство», непростую связь явлений между собой. Проблемы антропогенной динамики экосистем становятся объектом все более пристального внимания ученых самых разных специальностей — химиков, физиков, биологов, экологов, медиков, географов, экономистов и др. В итоге должна быть разработана общая стратегия и тактика охраны природной среды и ресурсов.

Охрана природы — важная отрасль международного сотрудничества. Она занимает большое место в деятельности Организации Объединенных Наций, учредившей «Программу ООН по окружающей среде» (ЮНЕП). В рамках осуществления целей этой Программы большую работу проводят Советский Союз, братские социалистические государства. Советский Союз, Академия наук СССР активно участвуют в межправительственной программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера». С 1979 года символом этой программы — МАВ — наш журнал отмечает материалы, которые мы публикуем в рамках участия в ее деятельности. 10-летию программы «Человек и биосфера» был посвящен № 9 «Природы» за 1981 год, получивший высокую оценку ЮНЕСКО.

«Природа» — естественнонаучный журнал. Начиная с самых первых выпусков, вот уже 73 года, в нем пропагандируется идея единства природы в разных ее проявлениях — идея, в наибольшей мере присущая русскому естествознанию и русской культуре в целом. Редакция журнала всегда была солидарна с В. И. Вернадским, разработавшим концепцию о ноосфере — сфере разума, возникшей под влиянием научных достижений и человеческого труда. «Природа» гордится тем, что В. И. Вернадский и многие другие выдающиеся ученые не раз выступали на страницах нашего журнала.

Каждый номер «Природы» включает статьи по экологии, охране природы, каждый номер содержит материалы, позволяющие глубже понять взаимосвязь природных процессов.

Фестиваль даст возможность всей молодежи нашей планеты близко познакомиться с успехами социалистического природопользования. Мы надеемся, что этот выпуск «Природы» поможет участникам и гостям фестиваля составить представление о характере

и масштабах научных исследований в этом направлении, ведущихся в нашей стране, в Академии наук СССР. Один номер не может, конечно, дать полной картины таких исследований. Но читатель заметит, безусловно, что их география охватывает всю территорию нашей огромной страны: от северной тундры до Черного моря, от Молдавии до Дальнего Востока. Этот номер продемонстрирует широту охвата проблем — от бактериальных сообществ в почве до глобального экологического прогноза; разнообразие методов исследования — от натурных наблюдений в поле до космической съемки и математического моделирования.

Особо хочется подчеркнуть одно обстоятельство, не всегда заметное читателям, но хорошо известное редакции журнала. Популярные статьи в «Природе» — это, как правило, итог большой и длительной научной работы автора, лидера в том или ином исследовании. Но за лидером всегда идет коллектив сотрудников — лаборантов, инженеров, стажеров, аспирантов, студентов. Вопросами экологии и охраны природы в нашей стране активно занимаются молодые ученые. Сегодня экология вооружена арсеналом наиболее прогрессивных средств исследования, и энтузиазм научной молодежи в овладении этим арсеналом ставит ее в ряды самых деятельных участников современного экологического движения.

Научные работы по охране окружающей среды и рациональному природопользованию ориентированы не только на решение актуальных проблем сегодняшнего дня, но главным образом — на ближайшую и отдаленную перспективу. Партия, государство придают огромное значение этой работе. Сегодня природоохранные меры в Советском Союзе предопределены Конституцией. Основным закон, в частности, предусматривает (статья 18), что в интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей среды.

И современная молодежь оказывается не только деятельным участником, но и наиболее заинтересованным «заказчиком» на исполнение этой работы. «Мы партия будущего, — писал В. И. Ленин, — а будущее принадлежит молодежи. Мы партия новаторов, а за новаторами всегда охотнее идет молодежь. Мы партия самоотверженной борьбы с старым гнильем, а на самоотверженную борьбу всегда первую пойдет молодежь» (ПСС, т. 14, с. 163).

Чтобы у современной молодежи было будущее, необходимо предотвратить войну, необходимо без устали бороться за прекращение гонки вооружений, за разоружение и всеобщий мир. Термоядерный конфликт принес бы необратимые и опасные для всего живого изменения в природе нашей планеты. Видные ученые всего мира, специалисты в области физики, биологии, географии, климатологии, медицины, основываясь на данных современного естествознания, предупреждают народы Земли о катастрофических для человеческой цивилизации последствиях возможного термоядерного конфликта. Во весь голос говорят об этом советские ученые, и предыдущий, июньский номер «Природы», как и другие публикации журнала под рубрикой «Ученые в борьбе за мир», был посвящен всестороннему рассмотрению этого круга проблем.

Благородный девиз фестиваля — «За антиимпериалистическую солидарность, мир и дружбу!» — всецело отвечает чаяниям всех народов Земли, сегодняшней молодежи, которой предстоит подлинным хозяином планеты вступить в третье тысячелетие новой эры, беречь и приумножать богатства, накопленные человечеством за всю историю его развития.

Математическое моделирование и охрана природы

Г. И. Марчук



Гурий Иванович Марчук, академик, заместитель Председателя Совета Министров СССР, председатель Государственного комитета СССР по науке и технике, председатель Координационного комитета по вычислительной технике при Президиуме АН СССР, заведующий Отделом вычислительной математики АН СССР. Основные научные работы относятся к вычислительной математике, математическому моделированию, физике атмосферы и океана, применению математических методов в экологии и иммунологии. Лауреат Ленинской премии и Государственных премий СССР, Герой Социалистического Труда, иностранный член ряда академий.

В июне Г. И. Марчуку исполнилось 60 лет. Редакционная коллегия и редакция «Природы» сердечно поздравляют Гурия Ивановича и желают ему новых успехов в научной и научно-организаторской деятельности.

Воздух, вода, почва, растения, животные и люди — все, что мы видим вокруг себя, — входит в общий, взаимосвязанный и легкоуязвимый экологический кругооборот. И именно мы, живущие сегодня, ответственны за то, чтобы сохранить грядущим поколениям необходимые жизненные условия. В нашей стране этой проблеме уделяется первостепенное внимание. Впрочем, охрана окружающей среды уже стала поистине международной проблемой, так что в проведении природоохранных и природовосстановительных мероприятий, а также соответствующих научных исследований требуются согласованные усилия всех стран мира.

Самый «чувствительный» компонент природной среды — воздух. Ему принадлежит ведущая роль в жизни человека. В результате хозяйственной деятельности в атмосферу ежегодно поступает около 200 млн т окиси углерода, 150 млн т двуокиси серы, 50 млн т углеводородов, примерно столько же окиси азота и много других загрязнителей. Масса выбрасываемых веществ в целом составляет незначительную долю от массы атмосферы. Однако большая часть всех загрязнений сосредоточена в промышленных районах, занимающих менее 5 % земной поверхности (Европа, восточная часть Северной Америки, Япония), а также в зонах с наибольшей плот-

ностью населения. Поэтому в этих местах загрязнения антропогенного характера намного сильнее естественных, что наносит природе значительный ущерб и угрожает здоровью населения.

Но влияние загрязняющих выбросов на окружающую среду не ограничивается только промышленными районами. Воздушные течения переносят частицы примесей в самые отдаленные уголки планеты, так что воздействие человека на природную среду все более приобретает глобальный характер. Подтверждением служит обнаруженный впервые в 1957 г. арктический «туман» — облака, состоящие из мельчайших частиц углерода. Весной, когда в арктической атмосфере находится много таких частиц и увеличивается интенсивность солнечной радиации, усиливается так называемый парниковый эффект в атмосфере и температура из-за этого тумана может повышаться в среднем от нескольких десятых до одного градуса, что, в свою очередь, влияет на климат всего земного шара.

Загрязнение атмосферы самым тесным образом связано с развитием энергетики. Энергия — это жизнь, и прогресс цивилизации немыслим без непрерывного и весьма быстрого роста выработки энергии. Однако с увеличением производства энергии растет и масса сжигаемого топлива. А поскольку все виды топлива содержат

серу (уголь — в среднем около 2 %, нефть — 2,5 %, газ — 0,05 %), неуклонно усиливается загрязнение атмосферы двуокисью серы. Около одной пятой всех выбросов двуокиси серы приходится на производство цветных металлов. Двуокись серы в атмосфере вступает в химические реакции и в виде серной или сернистой кислот либо сульфатов переносится на сотни и тысячи километров от источника загрязнения. Выпадая на поверхность земли, соединения серы оказывают пагубное влияние на животный и растительный мир, ускоряют коррозию материалов, разрушают сооружения из мрамора и известняка, закисляют почвы и водоемы. К аналогичным последствиям приводит и загрязнение атмосферы окислами азота.

Перечень примеров нетрудно продолжить, упомянув, например, о тяжелых металлах, способных накапливаться в почве, воде и растениях, передаваться по пищевым цепям, оказывая токсическое воздействие на живые организмы, о влиянии на азотный, хлорный и водородный циклы в атмосфере, запылении атмосферы, загрязнении почвы и водоемов пестицидами и канцерогенами и т. д.

Биосфера обладает значительной устойчивостью по отношению к загрязняющим примесям. Эта устойчивость основана на естественной способности различных компонентов природной среды к самоочищению. Вместе с тем способность биосферы «усваивать» без заметного ущерба различного рода примеси небезгранична, так что перед обществом встает сложная проблема определения оптимальных соотношений между объемом производства и необходимостью сохранения чистоты окружающей среды. Изучение этой проблемы в целом требует прежде всего интеграции исследований в различных областях науки, порой довольно далеких друг от друга. Это, в частности, биология и география, экономика и медицина, химия и юриспруденция, физика атмосферы и разработка безотходных технологий, математика и космические исследования и т. д.

В практической деятельности по охране природы можно выделить ряд крупных задач. В первую очередь, к ним относится создание технических средств, позволяющих уменьшить выбросы загрязняющих примесей в атмосферу за счет новых технологий сжигания топлива, более эффективной очистки попадающих в окружающую среду отходов производства, интенсивного внедрения безотходных технологий, в особенности при получении энергии, выплавке

цветных металлов и в других отраслях, наиболее опасных с точки зрения загрязнения природной среды.

Оптимальные хозяйственные решения экономических проблем должны основываться на учете и контроле за выбросами, переносом и трансформацией загрязняющих веществ, а также принимать во внимание результаты исследований самого процесса распространения загрязнений в атмосфере как физического явления, оценки воздействия вредных примесей на те или иные компоненты природной среды, различного рода долгосрочные прогнозы и т. д.

Комплексность и многогранность проблемы, необратимость «натурных» экологических экспериментов, масштабность народного хозяйства неизбежно ведут к тому, что зачастую единственным возможным способом решения многих конкретных природоохранных задач становится математическое моделирование.

Как же строятся математические модели, используемые для решения таких задач? Чтобы понять это, вспомним хорошо знакомую всем картину — шлейф дыма над трубой тепловой электростанции. Этот шлейф состоит из мелких частичек различных примесей, которые переносятся воздушными потоками на большие расстояния. Отсюда сразу следует, что одним из первых шагов в моделировании процесса переноса примесей должно быть определение таких потоков. Они описываются системой уравнений гидротермодинамики атмосферы. Эти уравнения выражают в математической форме известные физические законы сохранения массы, энергии, количества движения системы, а также основные термодинамические соотношения и с математической точки зрения представляют собой систему нелинейных дифференциальных уравнений.

Расчет распределений метеорологических параметров на основе уравнений гидротермодинамики — чрезвычайно сложная задача, решение которой невозможно без привлечения современных методов вычислительной математики и мощных ЭВМ. Сегодня уровень знаний в этой области позволяет прогнозировать изменения распределений различных характеристик, определяющих метеорологические условия в том или ином районе, на сроки порядка недели. Поэтому, имея в виду практическую значимость борьбы с загрязнениями окружающей среды отходами промышленных предприятий и необходимость оценивать долгосрочные последствия таких

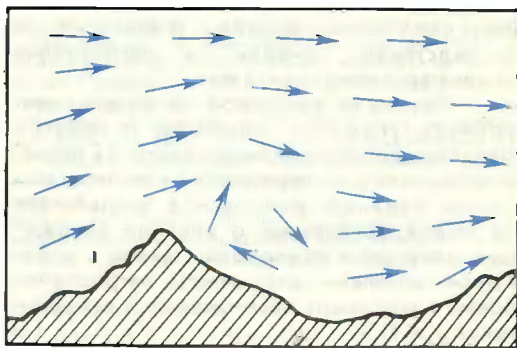
загрязнений, в настоящее время следует считать весьма актуальными исследования распространения загрязнений с учетом данных о крупномасштабных атмосферных процессах, влияющих на климат. Выбор такого масштаба позволяет использовать основные характеристики динамики атмосферы за текущий период (скажем, за последние 10 лет) и проанализировать воздействие загрязнений на биосферу в предположении, что за последующий (сравнимый по продолжительности) промежуток времени существенных изменений климата не произойдет. Это приводит к необходимости создания специализированных баз данных по климатическим характеристикам атмосферы и соответствующего математического обеспечения. Однако такой подход применим только для тех слоев атмосферы, влияние земной поверхности на которые пренебрежимо мало. В нижней же ее части, так называемом пограничном слое (толщиной до 2 км), где сосредоточены все антропогенные источники загрязнений, динамический режим атмосферы приходится определять, исходя из глобальных климатических характеристик свободной атмосферы с учетом различных метеорологических процессов среднего масштаба. Определяющие этот режим процессы, протекающие в планетарном пограничном слое, описываются, как отмечалось, уравнениями гидротермодинамики атмосферы, которые решаются на мощных ЭВМ.

Таким образом удается разрешить первую проблему, с которой встречаешься, наблюдая за дымовым шлейфом, — определить потоки ветра. Продолжая наблюдение, можно заметить, что по мере удаления от источника шлейф постепенно «разбухает», приобретая форму, напоминающую вытянутый конус, расширяющийся в направлении движения. Еще дальше от источника он распадается на отдельные образования, увлекаемые на значительные расстояния.

Тут мы сталкиваемся с другой проблемой — необычайной сложности — проблемой турбулентности.

В атмосфере постоянно образуются невидимые вихри, имеющие различные пространственные и временные масштабы. Большие вихри с течением времени распадаются на меньшие, те, в свою очередь, на еще более мелкие и т. д., пока энергия самых маленьких вихрей не превратится в тепло. Возможен и обратный процесс образования больших вихрей из малых. Именно эти вихри, взаимодействуя с дымовым шлейфом, «растаскивают» частицы

примесей в разные стороны, что и приводит к наблюдаемому увеличению его поперечных размеров. Это явление получило название турбулентной диффузии по аналогии с молекулярной диффузией, где перенос вещества происходит из-за хаотического движения молекул. В турбулентной диффузии роль «молекул» играют случайно возникающие и хаотически движущиеся вихри. Ясно, что чем больше размер аэрозольного облака, тем с большими вихрями оно может взаимодействовать. Если же размер вихря намного превосходит размер



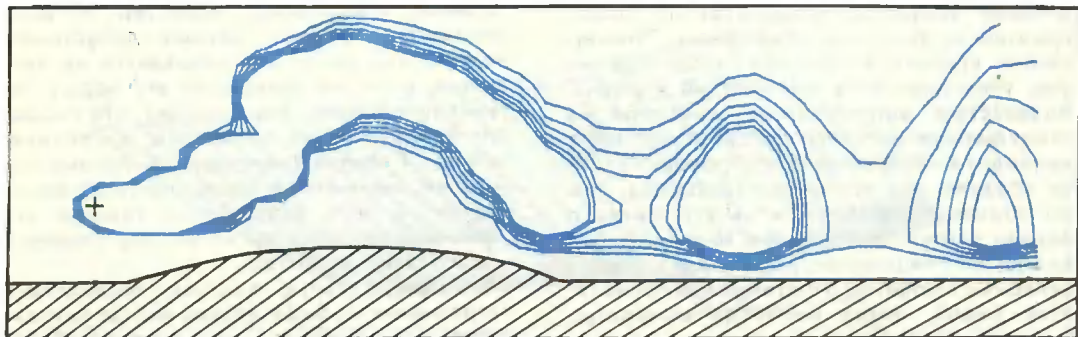
Графическое представление решения задачи о распределении воздушных течений у земной поверхности. Стрелками показаны линии тока, которые имеют в нижнем слое довольно причудливые формы, но постепенно сглаживаются при удалении от поверхности Земли и плавно переходят в линии тока свободной атмосферы.

облака, то примеси распространяются вдоль линий тока этого вихря и диффузии примесей не происходит.

Разработка математических моделей для описания процесса диффузии связана с именами А. Эйнштейна, А. Фоккера, М. Планка. Однако только в середине 30-х годов А. Н. Колмогоров — один из создателей современной теории турбулентности — построил строгую математическую модель и доказал ее применимость к описанию движения частиц в потоке с хаотически возникающими и перемещающимися вихрями. В уравнение турбулентной диффузии в качестве известных параметров входят скорость ветра и мощность источника загрязнения. Кроме того, к параметрам модели относятся так называемые коэффициенты турбулентной диффузии, характеризующие взаимодействие облака примеси с турбулентными вихрями. В модели А. Н. Колмогорова значения этих коэффициентов равны изменениям со временем

квадрата дисперсии (среднего арифметического из квадратов отклонения от среднего значения) плотности примеси и находятся в каждой точке, исходя из размеров облака и характера пульсаций турбулентных вихрей.

Замкнутая теория для конструктивного определения характеристик турбулентных пульсаций до сих пор не создана, и для вычисления коэффициентов турбулентной диффузии при решении конкретных задач пользуются различными эмпирическими упрощениями.



Вертикальный разрез облака примеси, полученный в результате решения на ЭВМ системы уравнений турбулентной диффузии. Крестиком отмечен источник загрязнения. Сплошным линиям отвечают уровни одинаковой плотности примеси.

В задачах о распространении примесей встречаются и другие трудности, которые современная теория пока не в силах полностью устранить. В первую очередь, это относится к взаимодействию облака примеси с земной поверхностью.

Но вернемся к рассмотрению движения этого облака, полагая, что ветровые потоки известны и построены алгоритмы и программы для решения уравнения турбулентной диффузии.

До сих пор мы говорили о частицах примеси, не конкретизируя состава этих частиц. Задавшись целью узнать, из чего состоят частицы примеси, мы неизбежно приходим к вопросу о том, как изменяется их состав в процессе распространения. Оказывается, что дать исчерпывающий ответ на этот вопрос не легче, чем рассчитать потоки ветра или решить уравнение турбулентной диффузии.

Состав атмосферы весьма сложен. В ней помимо изучаемых нами частиц

примеси в том или ином количестве присутствуют различные соединения, взаимодействующие с этими частицами. Кроме того, в атмосфере есть и соединения, ускоряющие химические реакции, — катализаторы, а также сильные окислители и вода. Наконец, днем атмосферу пронизывают мощные потоки солнечной радиации, вносящие свой весомый вклад в многочисленные химические преобразования, протекающие в атмосфере. Положение усугубляется еще и тем, что в разных местах планеты состав атмосферы различен, так что

фотохимические превращения. примеси могут происходить с разной скоростью и давать в итоге различные соединения.

Таким образом, частицы примеси взаимодействуют не только с турбулентными вихрями, но и вступают в химические реакции с составными частями атмосферы. Образовавшиеся при этом соединения, в свою очередь, вступают в реакции и т. д. В результате получается цепочка преобразований, в которой часть исходного соединения переходит во второе, второе — в третье и т. д. В такой цепочке возможны и разветвления, когда часть некоторого соединения образует несколько новых соединений, которые дают начало другим цепочкам.

Вспомним, однако, что все эти реакции протекают в процессе распространения примеси. Это означает, что для описания такого процесса в целом необходимо к уравнению турбулентной диффузии присоединить столько уравнений аналогичного типа, сколько образуется соединений в химических превращениях. При этом все уравнения новой системы оказываются взаимосвязанными — в каждом из уравнений присутствуют функции, входящие в другие уравнения, причем связь между функциями, как правило, нелинейна.

На практике часто приходится рассматривать тот или иной регион, в котором

действуют несколько промышленных предприятий, являющихся источниками загрязнений. В этом случае количество уравнений в математической модели, описывающей процессы переноса, диффузии и трансформации примеси, соответственно увеличивается и становится равным сумме числа членов всех цепочек химических преобразований, берущих начало от выбрасываемых промышленными предприятиями веществ.

Модель для описания динамических характеристик атмосферы и отвечающая ей система уравнений гидротермодинамики должны учитывать и обратные связи, т. е. влияние выбросов промышленных предприятий на динамику атмосферы. Пример такого влияния в крупных масштабах — уже упоминавшийся арктический «туман». Воздействие антропогенных выбросов на атмосферные процессы среднего масштаба приводит к образованию «островов» теплого воздуха над крупными городами, где он поднимается вверх, а на его место с окраин устремляется более холодный. Так возникает специфическая «городская циркуляция». Особенно отчетливо она проявляется зимой, когда перепад температур воздуха между центром города и окраинами достигает значительной величины. Отсюда, в частности, следует вывод о необходимости строить промышленные предприятия на достаточном удалении от больших городов, поскольку их размещение в пригороде не избавляет центр города от проникновения загрязнений.

Обратимся, однако, снова к рассматриваемому облаку примесей. Рано или поздно частицы этого облака вступают во взаимодействие с живой природой. Если модель адекватно отображает процессы, происходящие при распространении облака, можно узнать, какие именно загрязнители и в каком количестве принимают участие в этом взаимодействии. Но тут же встает очередной вопрос — как воздействует определенное количество данного загрязнителя на конкретный объект или комплекс объектов биосферы и что будет, если это воздействие окажется длительным?

Математические модели эволюции популяций как элементов единой экологической системы строятся, исходя из условия баланса изменений их биомассы, и формулируются обычно также в виде систем нелинейных дифференциальных уравнений. Они описывают взаимодействие популяций и скорости нарастания или убывания их биомассы. В общем случае каждое из уравнений системы включает в себя характеристики всех рассматриваемых популяций.

Кроме того, в эти уравнения в качестве параметров входят величины, характеризующие скорости процессов, описываемых моделью. Значения параметров находятся из биологических экспериментов, а зависимости характеристик популяций друг от друга устанавливаются в соответствии с биологическими механизмами развития элементов экосистемы (определить упомянутые параметры и детально описать каждый механизм развития популяции, конечно же, очень и очень непросто).

Воздействие загрязнителей на элементы экологической системы имеет, как правило, «пороговый» характер — если количество примеси меньше допустимой нормы, оно почти не сказывается на эволюции, если же превышает эту норму, то губит популяцию. Это означает, что скорости биологических процессов, а следовательно, и соответствующие им параметры модели, меняются в зависимости от количества и типа загрязнений, причем эта зависимость также носит весьма сложный «пороговый» характер.

При попытке оценить последствия загрязнений в общем случае мы снова сталкиваемся с необходимостью учета обратных связей. В самом деле, пусть некоторые из рассматриваемых компонентов экосистемы представляют собой те или иные виды растительности. Тогда из-за воздействия загрязнений изменяется характеристики растительного покрова, и стало быть, такие важные свойства подстилающей поверхности, как способность отражать солнечное излучение или оказывать сопротивление ветровым потокам. Это, в свою очередь, влияет на взаимодействие примесей с подстилающей поверхностью, динамические характеристики атмосферы, так что, в конечном итоге, приходится совместно решать системы уравнений гидротермодинамики атмосферы, турбулентной диффузии и динамики популяций.

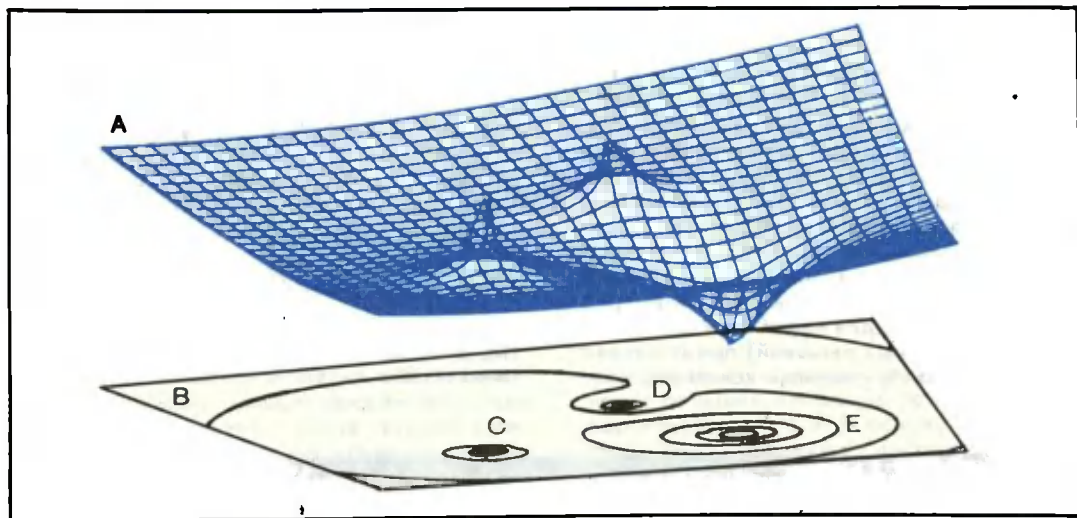
Таким образом, проследив за распространением примеси от заводской трубы вплоть до ее взаимодействия с элементами природной среды, удастся в общих чертах обрисовать структуру модели в целом.

Может показаться, что само по себе построение такой модели уже позволяет выработать стратегию оптимального ведения хозяйства с учетом потребностей охраны природы. Однако это далеко не так. Действительно, пусть в заданном регионе нужно возвести новое промышленное предприятие, для которого тип и количество выбрасываемых загрязнений определены заранее. В этом районе уже существуют

объекты, особо нуждающиеся в охране от загрязнения (жилые массивы, лесные угодья, парки, зоны отдыха и т. п.). Требуется определить место для строительства предприятия так, чтобы воздействие распространяющихся от него примесей на эти объекты было минимальным.

Очевидно, в идейном плане для решения этой задачи наиболее прост подход, при котором предприятие «размещается» по очереди во всех точках региона, а воздействие загрязнений на указанные объекты определяется в каждом случае с помо-

Для рассмотренной модели задача оптимального управления в общем виде формулируется так: при каких значениях параметров модели достигается максимальный экономический эффект. Определенные из решения этой задачи значения параметров и «закладываются» в план хозяйственных действий, который должен привести к оптимальному результату. Отметим, что для решения каждой такой задачи необходимо задать экономический критерий — совокупность числовых показателей, изменяющихся в зависимости от



Решение задачи об оптимальном расположении предприятия. В качестве критерия выбрана сумма затрат на охрану здоровья населения двух пунктов C и D, расположенных в плоскости B, а также на строительство и эксплуатацию предприятия и коммуникаций. В результате математического моделирования строится поверхность A, обладающая следующими свойствами: если в какой-либо точке плоскости B «разместить» промышленное предприятие, то сумма затрат пропорциональна расстоянию от этой точки до поверхности A. Из рисунка ясно, что строить предприятие целесообразнее всего в точке E, где расстояние до поверхности A минимально.

щью модели, о которой говорилось выше. Но, как нетрудно убедиться, для этого понадобится произвести столько вычислений, что их не удастся реализовать в разумное время даже на самых мощных ЭВМ. Нужны, стало быть, новые методы решения оптимизационных задач, ориентированных на охрану окружающей среды. Эти задачи относятся к бурно развивающемуся в последнее время разделу математики — теории оптимального управления.

результатов численного моделирования процессов в окружающей среде. Выбор подобного критерия — нелегкая проблема и требует большой работы по определению констант, связывающих свойства природной среды с производственными показателями.

В общем случае для нахождения оптимальных решений нужно учесть огромное число факторов: экономические затраты на строительство в данном месте, стоимость сооружения и эксплуатации коммуникаций (железных и автомобильных дорог, водопровода, линий связи), а также перспективы развития региона, расходы на здравоохранение и различные природоохранные мероприятия и т. д.

Наряду с необходимостью научного подхода к планированию строительства новых промышленных объектов, для действенной охраны экологически значимых зон требуется выработать четкие требования к выбросам уже действующих предприятий, т. е. определить для каждого предприятия такое предельное количество выбрасываемых аэрозолей, чтобы их сумма

для всех источников загрязнений не превышала санитарных норм. В то же время сразу значительно снизить выбросы нельзя, ибо это ухудшит экономические показатели. Поэтому речь идет о таких ограничениях на выбросы, при которых все же можно достичь максимального экономического эффекта.

В журнальной статье трудно даже просто перечислить все вопросы, возникающие при решении задач, связанных с охраной природы. Здесь упомянуты лишь немногие из них, образующие своеобразный скелет проблемы в целом и позволяющие составить некоторое представление о ней. Среди других важных научных направлений, имеющих большое самостоятельное значение и оказывающих заметное влияние на методику решения этих задач, следует выделить космическое зондирование пространственной структуры и состава загрязнений, а также построение алгоритмов и разработку ЭВМ, ориентированных на данный класс задач.

Таким образом, математические модели для охраны окружающей среды (и в первую очередь, для выработки оптимальных хозяйственных решений) представляют собой большой и сложный комплекс взаи-

мосвязанных программ по различным научным дисциплинам. В некоторых направлениях здесь достигнуты значительные результаты. Другие направления еще только начинают развиваться. В целом же область науки, которую можно назвать «математическим моделированием для охраны окружающей среды», переживает стадию становления. Предстоит много поработать, чтобы отдельные, пока еще разрозненные попытки решения комплексной по своей сути проблемы стали надежным подспорьем в нашей повседневной деятельности, в которой критерии охраны природы приобретают все больший приоритет.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Марчук Г. И. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА. Л.: Гидрометеиздат, 1974.

Марчук Г. И. МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ. М.: Наука, 1980.

Марчук Г. И. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОБЛЕМЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. М.: Наука, 1982.

НОВОСТИ НАУКИ



Экология

Загрязнение атмосферы в Арктике

В последние годы заметно усилилось загрязнение воздушного пространства в арктических областях земного шара, еще недавно считавшихся наименее подверженными антропогенному воздействию. Результатам изучения этого вопроса был посвящен специальный симпозиум по химии арктической атмосферы, состоявшийся в 1984 г. в Торонто (Канада).

Наблюдения на Свальбарде (Шпицберген), проведенные группой специалистов из Норвежского института исследования воздуха в Лиллестрёме во главе с Б. Оттаром (B. Otter), показали, что там в зимнее время в 1 м³ воздуха содержится

до 5 мкг двуокиси серы и 1,5 мкг взвешенных сульфатных частиц. Измерения на ледниковом куполе Гренландии позволили установить, что отложение сульфатов, связанное с антропогенными факторами, в 2,5 раза превышает уровень их естественного здесь накопления. Наибольшей степени загрязненность атмосферы ежегодно достигает в марте — апреле. Повышенная концентрация продуктов серы приводит к возникновению арктической дымки — явления, которое еще 30 лет назад не было известно. То же можно сказать и о кислотных дождях за полярным кругом.

Группа специалистов из Норвегии, США, Дании, Канады и ФРГ под руководством Р. Шнелла (R. Schnell; Национальное управление США по изучению океана и атмосферы) осуществила серию полетов на самолетах-лабораториях над

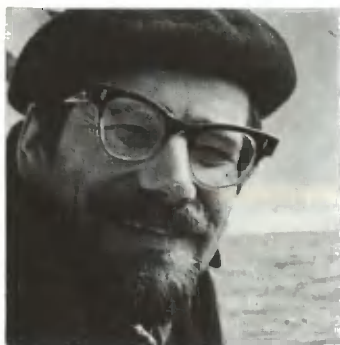
районами Арктики с целью определить распространение дымки и ее плотность. Оказалось, что при возникновении дымки горизонтальная видимость снижается до 8 и даже 3 км, причем занятая ею область может достигать размеров, сравнимых с Северной Америкой. Существуют опасения, что арктическая дымка может приводить к климатическим изменениям. Недавние эксперименты показали, что она способна поглощать значительную часть солнечного излучения. Обнаруженные в полярной атмосфере частицы графита (сажи) могут изменять отражающую способность облачного покрова. В итоге возможен повышенный разогрев атмосферы над всей Арктикой и, как следствие, — глобальные климатические сдвиги.

Ambio, 1984, v. XIII, № 2, p. 122—123 (Швеция).



Аэрокосмические методы в экологическом прогнозе

Б. В. Виноградов



Борис Вениаминович Виноградов, доктор географических наук, профессор, старший научный сотрудник Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР, руководитель рабочей группы по аэрокосмическим методам Международной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера». Один из первых в нашей стране начал заниматься вопросами аэрокосмического земледования. В настоящее время разрабатывает аэрокосмические методы в экологии, изучении ресурсов биосферы и охране природы, результаты которых представлены в последних монографиях автора: Преобразованная Земля — аэрокосмические исследования. М., 1981; Аэрокосмический мониторинг экосистем. М., 1984.

Динамическая экология, которая всегда пользовалась особым вниманием среди биологов, переживает сейчас второе рождение. Насущные задачи управления природными ресурсами и охраны природы, стоящие сегодня перед человечеством, требуют точного знания и учета состояния ресурсов нашей планеты. Активное вмешательство человека в жизнь биосферы на всех ее уровнях приводит к заметным и быстрым изменениям в экосистемах. Все это ставит перед динамической экологией новые задачи: постоянный и точный контроль состояния и динамики окружающей среды, в особенности тех регионов, где влияние человека проявляется наиболее сильно, и как конечный результат такого исследования — экологический прогноз.

Новые задачи определили и поиски новых методов. Обширные и кропотливые исследования последних лет достаточно убедительно показали, что наиболее эффективный метод динамической экологии — метод дистанционного слежения с помощью периодической авиационной и космической съемки. Сравнение аэрокосмических снимков одних и тех же территорий, выполненных в разные годы, дало прекрасные результаты: по ним можно не только регистрировать смены биоценозов (так называемые сукцессии), но и наблюдать катастрофические изменения, вызван-

ные деятельностью человека, одновременно на больших площадях. Математические расчеты, сделанные на основе полученных сведений, позволяют достаточно точно прогнозировать возможные экологические сдвиги. Таким образом, сегодня в центре внимания экологического прогноза — конечной цели экологических исследований — оказались методы аэрокосмического мониторинга, о которых и пойдет речь в нашей статье.

Многие исследователи пытаются дешифровать на одном единственном снимке динамику экосистем¹. В этом случае пользуются так называемыми реликтовыми экосистемами, отражающими условия прошлого и не соответствующими современным условиям изучаемого региона. Например, реликтовые экосистемы с влаголюбивой растительностью среди пустынных песков служат индикаторами современного опустынивания. Изучено много других индикаторов изменений экосистем, и они с успехом используются при картографировании динамики природы. Однако по одному снимку мы не можем измерить скорость изменений и получить количественные

¹ Clements F. E. Plant indicators. N. Y., 1920; Виноградов Б. В. Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов. М., 1964, с. 328.



Реликтовые экосистемы — индикаторы динамики экосистем, позволяющие дешифрировать экологическую обстановку региона по одному аэрофото-снимку.

В а е р х у — среди песчаной пустыни видны высохшие русла рек (светлые полосы) с остатками влаголюбивых кустарников (темные точки), свидетельствующие об уменьшении увлажнения. Западные Каракумы. Масштаб 1:5000.

В н и з у — заросшие растительностью барханы (темно-серые пятна) подвижных в прошлом песков (светлые пятна) говорят об увеличении увлажнения этого пустынного региона. Черные земли Западного Прикаспия. Масштаб 1:20 000.

характеристики для экологического прогноза. Поэтому современные методы аэрокосмического слежения за динамикой экосистем основаны на сопоставлении повторных снимков разных лет².

Для успешного аэрокосмического мониторинга динамики методом сравнения повторных снимков, во-первых, прежде всего нужно определить периодичность съемки, исходя из состояния изучаемых экосистем. При этом очень важно установить оптимальный интервал съемки: если он

² Виноградов Б. В. — Геогр. и природные ресурсы, 1980, № 2, с. 58; Он же. Три уровня дистанционной индикации в изучении экосистем. — Природа, 1977, № 10, с. 24.

будет слишком коротким, изменения экосистем можно не уловить, если слишком длинным — можно пропустить отдельные стадии. Поэтому в каждом регионе устанавливается оптимальная периодичность съемки.

В стабильных регионах, где преобладают устойчивые экосистемы и влияние человека незначительно, съемку достаточно проводить раз в 10—15 лет. Однако таких регионов остается все меньше. В умеренно изменчивых регионах, где воздействие человека существенно не нарушает хода естественных процессов, съемку нужно повторять через 7—10 лет. К таким равносильно устойчивым системам относятся большинство лесо- и сельскохозяйственных регионов, где в результате экстенсивного природопользования за 1 год изменяется менее 0,5 % площади основных экосистем. В среднеизменчивых регионах, территории которых осваиваются довольно интенсивно (за 1 год изменяется около 2 % площади основных экосистем), интервалы съемок сокращаются до 3—5 лет. И, наконец, в сильно изменчивых системах, где смена происходит катастрофически быстро, требуется ежегодная съемка.

Второй существенный момент дистанционного метода — масштаб съемки. Такие простые экосистемы, как элементарные естественные (например, типы леса) или культурные (например, сельскохозяйственные поля) биоценозы, а также вторично-антропогенные экосистемы (например, массивы подвижных песков), достаточно хорошо распознаются на крупном- и среднемасштабных аэрофотоснимках 1:10 000 — 1:30 000. Достаточно протяженные биоценозы, а также сложные экосистемы с различными типами использования земель с крупными нарушениями хорошо дешифрируются на крупномасштабных космических фотографиях с пространственным разрешением 80 м. В целом масштаб съемки должен быть таким, чтобы экосистемы распознавались на снимках с достоверностью не ниже 95—99 %. В противном случае ошибки дешифрирования могут перекрывать происходящие в экосистемах изменения.

Третий и заключительный этап аэрокосмического мониторинга — дешифрирование снимков. Техника сравнения последовательных снимков достаточно разнообразна. При визуальном методе для их сравнения используют единую легенду и один набор дешифровочных признаков. Из инструментальных методов применяются опико-механические, фотографические, а

также электронно-оптические методы с использованием ЭВМ и дисплеев. В одних случаях сначала определяют различия между сравниваемыми снимками, а затем классифицируют обнаруженные различия по видам экологических изменений. В других случаях, наоборот, сначала автоматически классифицируют сравниваемые изображения по единой программе, а затем вычитают опознанные (классифицированные) ранее изображения. Мы пользуемся преимущественно последним методом.

Конечная цель любого сопоставления снимков разных лет — установить общую закономерность происходящих в изучаемой экосистеме изменений, или, говоря иначе, определить экологическую тенденцию таких изменений³. Решение этой главной задачи динамической экологии позволяет научно подойти к экологическому прогнозу. Здесь на помощь исследователям приходит математический расчет.

Наиболее простой случай изменения площади экосистемы описывается простой линейной зависимостью вида:

$$Y = a(X_i - X_0),$$

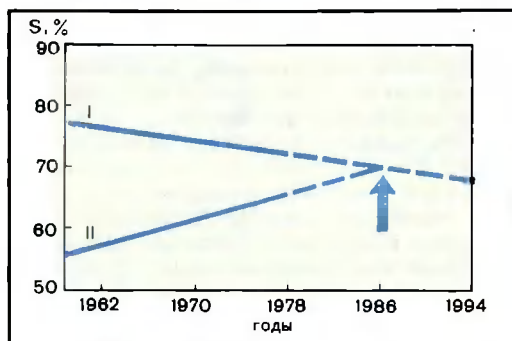
где Y — относительная площадь исследуемой экосистемы, a — коэффициент ее ежегодного изменения в процентах в год, X_i — текущий год регистрации площади экосистемы на аэрокосмическом снимке, X_0 — условный год начала изменения в экосистеме.

Впервые такая зависимость была нами установлена для Сальского сухостепного участка Ростовской области на основе дешифрирования аэрофотоснимков 1962 г. и космических снимков, полученных в 1970 г. с космического корабля «Союз-9» и в 1978 г. с орбитальной станции «Салют-6». Как показало сравнение аэрокосмических снимков разных лет, на этом участке площадью около 100 тыс. га ежегодно под застройку, промышленное и транспортное строительство, водохозяйственные сооружения и другие виды несельскохозяйственного использования уходит 0,25 % площади сельскохозяйственных земель в год, а площадь распаханной земель за счет освоения целинных участков увеличивается на 0,5 % в год. Если эта тенденция сохранится,

³ Виноградов Б. В., Иванченков А. С. и др. — Доклады АН СССР, 1979, т. 249, № 6, с. 1501; Виноградов Б. В., Севастьянов В. И. — Геогр. и природные ресурсы, 1981, № 1, с. 57; Виноградов Б. В., Попов В. А. — Геогр. и природные ресурсы, 1982, № 3, с. 38.

то, согласно математическому расчету, к 2000 г. треть всех пахотных земель (33,5 %) будет использована не по назначению.

Однако экстраполяционный прогноз площади распаханых земель имеет более сложную форму. Дело в том, что увеличивать площадь распаханых земель можно лишь до тех пор, пока есть резерв земель, пригодных для пашни. Как только запас исчерпан, наступает так называемый год качественного перелома. После этого площадь пашни начинает сокращаться, поскольку



Изменение площади S пригодных для пахоты (II) и распаханых (I) земель нескольких хозяйств Ростовской области, по данным картографической и аэрокосмической съемки за период 1962—1978 гг. Экстраполяция экспериментальных данных (пунктир) на 1994 г. позволила определить год качественного перелома (показан стрелкой), после которого площадь пригодных для пашни земель начнет сокращаться.

ку отчуждение земель для несельскохозяйственных нужд продолжается уже за счет пашни. Год такого качественного перелома можно вычислить по уравнению:

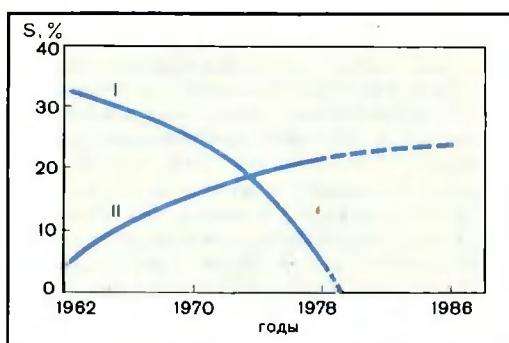
$$S = a(X_{lim} - X'_0) + b(X_{lim} - X''_0),$$

где S — вся исследуемая площадь региона, принимаемая за 100 %, a — коэффициент увеличения площади отчуждения земель под несельскохозяйственное использование в процентах от площади всего региона в год, b — коэффициент увеличения площади распаханых земель в процентах от площади экорегиона в год, X'_0 — условный год начала застройки, X''_0 — условный год начала распахивания.

По этому уравнению год качественного перелома в данном регионе прогнозируется на 1986 г., после чего площадь земель начнет сокращаться. Зная такой

прогноз, можно уже заранее предпринимать необходимые меры для более рационального ведения сельского хозяйства: усиливать интенсивность земледелия и повышать урожайность сельскохозяйственных культур.

Приведенный пример экологического прогноза для территории с умеренно изменяемыми экосистемами представляет собой простейший случай. Однако чаще всего мы имеем дело не с простой линейной зависимостью, а с отдельными отрезками нелинейной функции. В этих случаях мы не



Изменение площади старичных озер и тростниковой растительности (кривая I) и площади пойменных лугово-солончаковых почв с тамариксом и верблюжьей колючкой (кривая II) в дельте Амударьи. Сравнение карт, аэро- и космических снимков этого региона за 1962, 1970 и 1978 гг. показало, что в процессе усыхания площадь старичных озер резко сократилась, а площадь солончаковой поймы в результате засоления, напротив, сильно увеличилась. Рассчитанный до 1986 г. прогноз-предупреждение показан пунктиром.

знаем, как поведет себя функция за пределами экспериментальных данных. Это сильно снижает достоверность линейного прогноза.

Сравнивая результаты дешифрирования повторных аэрокосмических снимков, мы пришли к выводу, что изменения большинства экосистем носят нелинейный характер. Наглядным примером такой тенденции может служить динамика экосистем дельты Амударьи, для которой впервые по данным аэрокосмических съемок был сделан математический расчет согласно уравнению:

$$Y = a + b(X_0 - X_i)^a + c(X_0 - X_i)^b,$$

где Y — площадь исследуемой экосистемы, X_0 — условный год начала изменения ее площади, X_i — площадь экосистемы в год аэрокосмической съемки. На основе по-

вторных аэрокосмических снимков 1962, 1970 и 1978 гг. было рассчитано, что устойчивое состояние пойменных озер с зарослями прибрежно-водной растительности наблюдалось в 1954 г., когда эта экосистема занимала около 32 % площади дельты Амударьи, а исчезновение старичных озер началось в 1978 г.

Сравнение повторных аэрокосмических снимков за многие годы, изучение динамики площади экосистем и математический расчет экологических изменений позволяют перейти к экстраполяционному прогнозу-предупреждению. Наиболее полный эксперимент такого рода был выполнен нами в Черных землях Калмыкии. Там, на песчаных почвах, покрытых прежде густой и высокой полынно-злаковой растительностью, в результате интенсивного использования пастбищ в последние десятилетия появились обширные очаги опустынивания — подвижные пески и лишенные растительности понижения, возникшие в результате ветровой эрозии. На снимках 1953, 1954 и 1958 гг. видно, что небольшие тогда очаги разбитых песков занимали не более 2—3 % площади всего региона. Они сохранялись там веками и играли определенную положительную роль — накапливали пресную влагу и питали водой колодцы. Снимки 1976, 1979, 1981 и 1983 гг. дали совершенно иную картину: очаги подвижных песков и развеваемых ветром понижений составляли уже несколько сотен гектаров каждый. Уже к 1976 г. относительная площадь очагов опустынивания в Черных землях достигла 18 %, к 1981 — 22 %, а к 1983 г. — 33 %. Согласно данным аэрокосмического мониторинга, этот процесс описывается функцией вида:

$$Y = \exp[a(X_t - X_0)],$$

где Y — относительная площадь очагов опустынивания в текущем году съемки, X_t , a — коэффициент ежегодного прироста площади подвижных песков, X_0 — условный год начала процесса.

Из ретроспективного анализа этого уравнения (т. е. экстраполяции в прошлое) следует, что относительно стабильными пески были в 1946 г., а ускоренное опустынивание началось около 1960 г., когда площадь разбитых песков удвоилась по сравнению с устойчивым состоянием и достигла 5 % площади всего региона. На основе этих расчетов можно предположить, что к 1992 г. подвижные пески захватят всю площадь песчаного массива. Такое угрожающее предупреждение требует самых сроч-

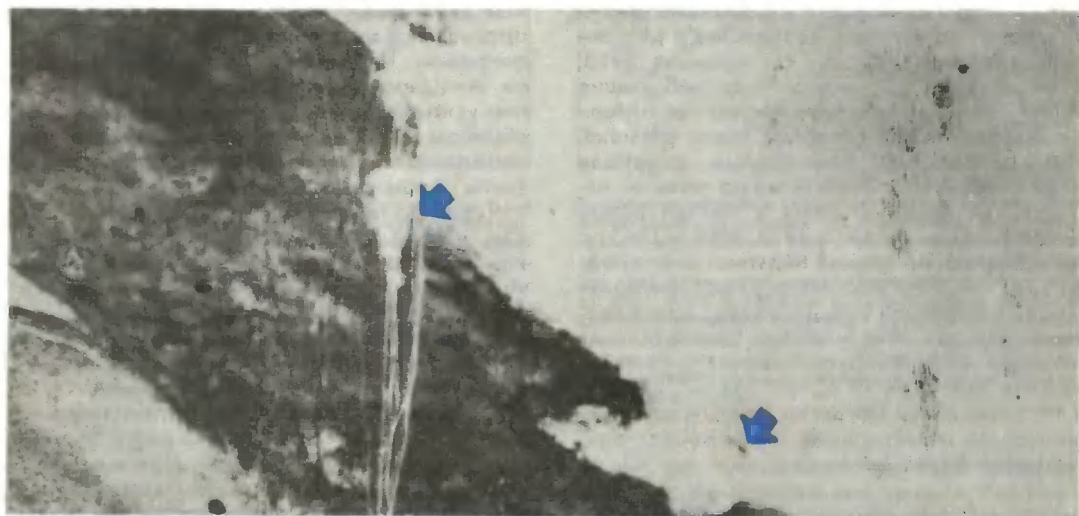
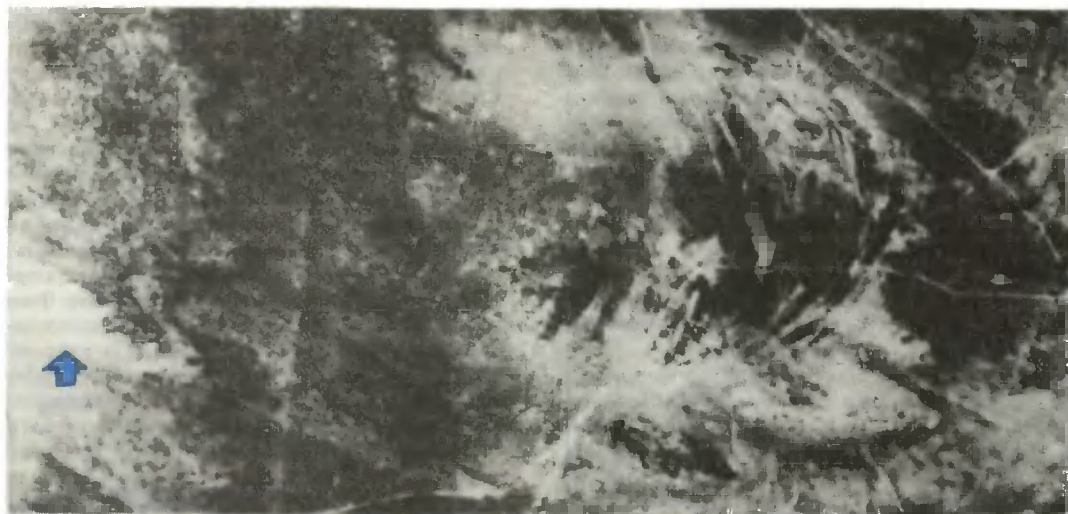
ных мер по ограничению хозяйственного использования Черных земель и незамедлительной агролесомелиорации.

Датируемый экстраполяционный прогноз-предупреждение, основанный на аэрокосмическом мониторинге экосистем, имеет большое экономическое, экологическое и социальное значение, поскольку он позволяет предвидеть, что, где и когда изменится в экологической структуре землепользования, если воздействия на окружающую среду останутся прежними. Так, согласно данным аэрокосмического мониторинга дельты Амударьи, к 2024 г. пустынно-солончаковые экосистемы займут всю площадь региона, если не будет налажено водоснабжение; при этом луговые болота полностью исчезнут к 2015 г., а тугайная растительность еще раньше — к 1994 г.

Большое достоинство этого метода состоит в том, что по мере улучшения или ухудшения экологической ситуации в прогноз-предупреждение можно вводить поправки. Например, если изъятие воды из Амударьи увеличится, то опустынивание ускорится, а если сток компенсируется сбросом ирригационных вод, то процесс замедлится по сравнению с прогнозом. Такие положительные примеры уже имеются: судя по повторным космическим съемкам, начатым с 1969 г., по экстраполяционному прогнозу в заливе Кара-Богаз-Гол вода в лагуне должна была исчезнуть к 1983 г. Однако в настоящее время воды в заливе стало больше, поскольку вовремя подали морскую воду и уникальная гидрохимическая система была сохранена.

До сих пор речь шла об относительно простых экосистемах, занимающих сравнительно небольшие площади. При изучении крупных регионов приходится сталкиваться с дополнительными трудностями, поскольку в них имеются пространственно неоднородные участки, состоящие из разных сочетаний элементарных экосистем⁴. При этом каждая ячейка (элемент) изменяется с разной скоростью (одни экосистемы после нарушений восстанавливаются за несколько лет, другие — за многие десятилетия) и в разном направлении (одни восстанавлива-

⁴ Debussche M., Godron M. et al. — Agro-Ecosystems, 1977, № 3, p. 81; Camarasa J. M., Folch R., Masalles R. M. — Opuscula sparsa. Universidad de Barcelona, 1977, № 24, p. 55; Виноградов Б. В. — Доклады АН СССР, 1979, т. 249, № 3, с. 753; Larson J. S., Mueller A. J., McConnell W. P. — J. Appl. Ecology, 1980, v. 17, p. 677; Виноградов Б. В., Шведе У. А., Капцов А. Н. — Доклады АН СССР, 1984, т. 277, № 6, с. 1505.



Одна из наиболее горячих экологических точек в нашей стране — Черные земли Западного Прикаспия. Вверху — в 1954 г. в этом регионе преобладали ненарушенные пустынно-злаковые пастбища (темно-серые тона); незначительный участок разбитых песков показан на аэрофотоснимке стрелкой. Внизу — в 1978 г. в этом регионе появился огромный очаг подвижных песков (большое светлое поле), засыпающих дороги и населенные пункты (на аэрофотоснимке указаны стрелками).

ются, другие — разрушаются); кроме того, отдельные элементы находятся на разной стадии сукцессии (одни — на начальной, другие — на конечной); и, наконец, сложные экосистемы отличаются разным составом простых экосистем и разным их количественным соотношением. Общее число возможных комбинаций C_m^n условно коренных экосистем n и стадий модификаций, включая коренную m , в таком регионе вычисляют по формуле:

$$C_m^n = \frac{m!}{n!(m-n)!}.$$

Например, в простом песчано-такырном сочетании в Южных Каракумах из 4 условно

коренных экосистем (такры, мелкогрядовые, среднегрядовые и крупногрядовые пески) и 3 стадий модификации возможно 1820 динамических сочетаний элементарных экосистем разного состава. Это очень много! К счастью, в природе все возможные сочетания не встречаются. Так, в Южных Каракумах со значимой частотой (более 1 %) встречаются лишь 11 сочетаний.

Оценка динамики сложных систем вычисляется по формуле:

$$C = \sum C_{ij} - \sum C_{ji}$$

где $\sum C_{ij}$ — сумма пространственных частот прямых переходов, т. е. восстановительных смен, а $\sum C_{ji}$ — сумма обратных переходов, т. е. разрушительных смен. Расчеты по этой формуле определяют направленность изменений в экосистеме в целом, т. е. восстановительную или разрушающую.



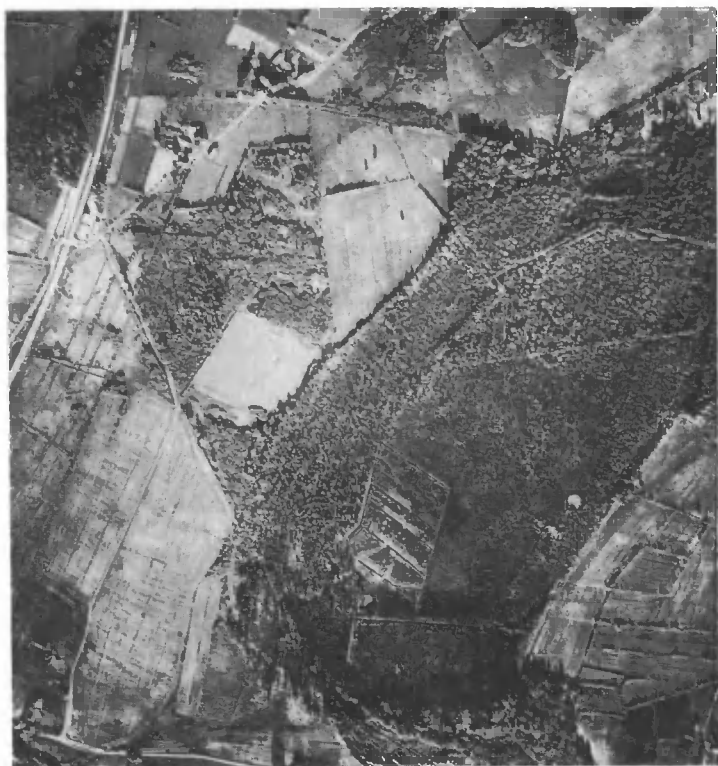
Экспоненциальное увеличение площади подвижных песков на Черных землях Западного Прикаспия, по данным аэросъемки, космической и наземной за период 1954—1983 гг. Экстраполяция на 1994 г. (пунктир) предупреждает, что при сохранении условий уже к 1992 г. подвижные пески займут всю площадь региона.

Многокомпонентность элементарных составляющих сложной экосистемы и разнонаправленность происходящих в них изменений определяет и технику наблюдений. Обычно для вычисления динамики такой системы анализируют результаты двух съемок, выполненных через достаточно большой временной интервал. Сначала по первому снимку рассчитывают площадь каждого компонента и строят вектор начальных состояний. Затем по второму снимку вычисляют площадь тех же компо-

нентов и строят вектор конечных состояний. Сравнивая карты начальных и конечных состояний, вычисляют площади наблюдаемых переходов и строят матрицу переходов, представляющую статистическую модель динамики всего региона.

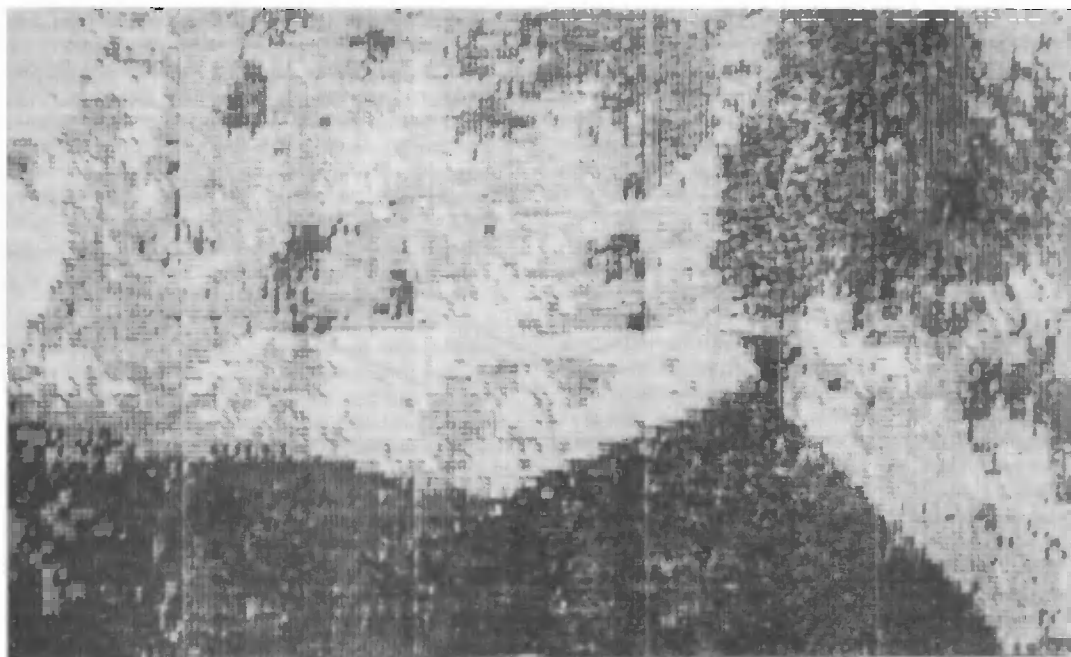
Впервые такой сложный анализ был проведен нами при изучении земельных угодий предгорья Западных Каракумов. По аэрофотоснимкам 1957 г. и космическим снимкам 1977 г. была составлена матрица переходов и по ней вероятностная модель динамики региона. Оказалось, что порядок смен по модели не соответствует известным эколого-генетическим рядам экосистем. Например, от неизменных пустынных пастбищ в результате деятельности человека образуются слабо, средне-, сильно нарушенные пастбища, полностью сбитые пастбища и т. д. Однако экотехнические системы не продолжают этот ряд, а образуют «стоки» от слабо нарушенных пастбищ. Нарушенные экосистемы обычно восстанавливаются на порядок «хуже», чем были исходные. Например, экотехнические системы, возникшие на месте слабо нарушенных пастбищ, после того как они забрасываются (например, неудачные мелиоративные системы), образуют «петли» и восстанавливаются в среденарушенные пастбища. Согласно модели, за год разрушаются около 0,7 % от общей площади региона, а площадь условно коренных экосистем сокращается на 0,35 %, что может привести к их полному исчезновению через 28 лет, если антропогенное воздействие сохранится на современном уровне.

Наиболее полный эксперимент по дистанционному мониторингу динамики был проведен в сложном лесо-болотно-полевом регионе в Средней Латвии. Путем сравнения трех последовательно проведенных серий снимков за 1936, 1956 и 1974 гг., а также по результатам наземных исследований 1983 г. была составлена модель динамики экосистем региона. Ее анализ показал, что за 18 лет (1956—1974 гг.) смены экосистем больше всего были связаны с вырубкой леса, освоением вырубков под пашню, распахкой естественных сенокосов и пастбищ, осушением болот и разработкой торфяников. Такие переходы составили более половины (62 %) всех наблюдаемых в природе изменений. Для этого региона характерны также такие смены, как зарастание выработанных торфяников лесом, распахка редины и кустарников, отчуждение пахотных земель под строительство и приусадебные участки, возрастные смены в лесах (18 %). Наиболее



Участок интенсивного освоения земельных угодий в Центральной Латвии. Сравнение аэрофотоснимков 1956 г. (вверху) и 1978 г. (масштаб 1:10 000) показывает заметное укрупнение полей, осушение болот, распашку выгонов и мелколесий.





1



2



3



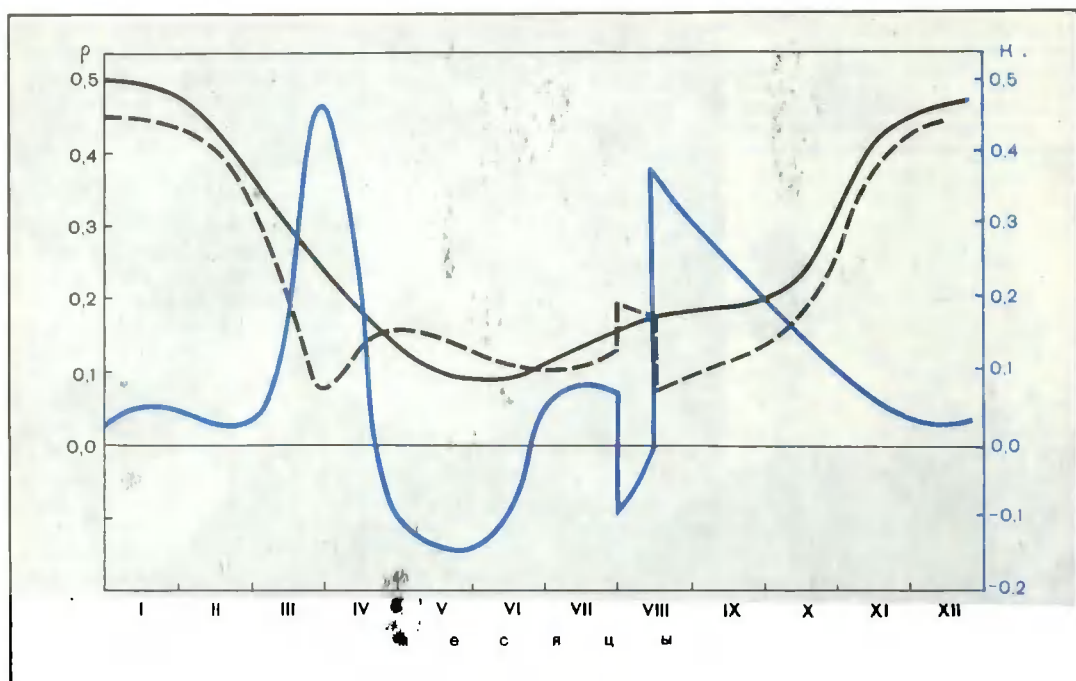
4

Обработанный на ЭВМ снимок возвышенности Карабиля (Туркмения), полученный весной с орбитальной космической станции «Салют-6», показывает, что хозяйственная деятельность изменяет не только растительный покров, но и геофизические характеристики земной поверхности (яркость). Если за эталон принять яркость участка с ненарушенной растительностью [1], то на слабо сбитых пастбищах [2] яркость увеличивается на 40—75 %, на среднесбитых [3] — на 100—125 %, а на сильно сбитых [4] — на 150 % и более.

редко отмечаются зарастание лугов и выгонов лесом, уменьшение возраста лесных насаждений за счет выборочной рубки взрослых деревьев. Такие смены составляют около 10 % всех изменений. Из всех отмеченных переходов только на 20 % площади происходила естественная смена экосистем (в большинстве случаев — это вторичные восстановительные процессы, такие как зарастание торфяников, возрастные смены молодняка и т. д.). Большинство же изменений (80 %) относятся к антропогенным катастрофическим сменам (вырубка лесов, осушение болот, торфоразработки и т. д.). Кроме того, анализ модели показал, что весь регион распадается на две динамические подсистемы: лесо-болот-

ную и лесо-полевую. В пределах ограниченного интервала времени между аэрофотосъемками (18 лет) почти все переходы (99 %) происходили внутри этих подсистем, а переходы между ними составили менее 1 % всей площади изменений. Интересно, что при увеличении интервала между аэрофотосъемками (например, до 36 лет) частота переходов между подсистемами существенно возрастает.

Построение и анализ такой базовой модели позволяет перейти к экстраполяционному прогнозу-предупреждению, который рассчитывается на такой же интервал времени, что и промежуток между съемками, т. е. на 18 лет вперед (до 1992 г.). При сохранении современной тенденции в изменении региона можно предположить, что к 1992 г. совершенно исчезнут или будут крайне редки (менее 1 % площади) сенокосные луга, выгоны, болота, заболоченные леса, поросль и молодняк лесных насаждений. По этому же прогнозу через 18 лет площадь пашни сократится главным образом за счет застройки на 5,4 %. За это время значительно (на 10 %) увеличится площадь средневозрастных лесных насаждений за счет естественного роста молодняков. Такой количественный прогноз позволяет сделать определенные



Влияние хозяйственной деятельности на оптические свойства земной поверхности. Сравнение сезонного хода яркости ρ участка с ненарушенной степной растительностью (сплошная кривая) и пашни с посевом яровой пшеницы (пунктирная) показывает, что временами, особенно весной и осенью, оптические контрасты K настолько велики (цветная кривая), что могут изменять циркуляционно-климатические характеристики атмосферы.

выводы об экологических и экономических последствиях изменений в регионе за 18 лет. Например, уже к 1992 г. из-за осушения болот ухудшится водоснабжение полей и малых рек, что в свою очередь потребует строительства водохранилищ и создания оросительных систем. К этому времени из-за распашки лугов и выгонов полностью исчезнут естественные угодья и возникнет необходимость создания искусственных лугов. И, наконец, ожидаемое сокращение пахотных земель при увеличении населения потребует существенно повышения урожайности для выполнения Продовольственной программы. Такой датируемый временной прогноз возможных нежелательных изменений в регионах составляет главное преимущество аэрокосмического мониторинга и позволяет правильно планировать рациональное ведение хозяйства.

Аэрокосмический мониторинг дает нам не только знания об изменениях в отдельных экосистемах, но и показывает, как эти изменения влияют на радиационный баланс суши, или, говоря иными словами, дают представления о геофизических эффектах динамики экосистем⁵. Установленные на спутниках и самолетах спектрометры и радиометры позволяют оценивать геофизические свойства экосистем, определяющие отражательную и излучательную способность поверхности нашей планеты.

Оценить геофизический эффект динамики экосистем под влиянием хозяйственной деятельности человека можно, сравнив состояние природных экосистем (в заповедном режиме) с их антропогенными модификациями. По разности яркости сравниваемых экосистем-аналогов (природных и антропогенных) можно судить об оптическом эффекте антропогенных изменений, а по разности инфракрасных изображений — рассчитать радиационный эффект. Так, даже умеренный перевыпас пустынных паст-

Будыко М. И. Глобальная экология М., 1977; Виноградов Б. В. Экологическая интерпретация аэрокосмических измерений геофизических эффектов антропогенных воздействий. — В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М., 1983, с. 69.

бищ увеличивает средний годовой коэффициент яркости на 0,04, вырубка лесов — на 0,08, выжигание саванн, наоборот, уменьшает средний годовой коэффициент яркости данного участка на 0,08, распахка степи на 0,04. Эти геофизические изменения чреваты серьезными климатическими последствиями; как было показано М. И. Будыко, изменение отражательной способности только на 0,01 изменяет среднюю температуру на 2,3°.

Кроме того, на изменение климата влияют не только и не столько средние отражательные и излучательные характеристики поверхности Земли, сколько их сезонные вариации. Повторные аэрокосмические съемки и параллельное сопоставление оптических характеристик сравниваемых заповедных и антропогенных экосистем в течение всего вегетационного периода показали, что в сельскохозяйственных регионах при сравнении заповедной степи и поля зерновых культур оптические различия в отдельные сезоны достигают 0,18; в пастбищных — при сравнении заповедной пустыни и сильно сбитых пастбищ — 0,16, а в лесохозяйственных — при сравнении заповедного леса и вырубки — 0,15. Из этих экспериментальных данных видно, что даже при небольших геофизических эффектах, вызванных вмешательством человека, сезонные геофизические отклонения могут

приводить к экстремальным гидрометеорологическим изменениям. Аэрокосмический мониторинг геофизических эффектов динамики экосистем определил новое направление в экологическом прогнозировании, позволяющее делать долговременные прогнозы.

Аэрокосмический мониторинг наиболее разработан при прогнозировании методом хроноаналогий, т. е. при экстраполяционном прогнозе-предупреждении. Это вероятностный краткосрочный прогноз, достаточно надежный на одну треть экспериментального периода — обычно на 8—16 лет вперед. Аэрокосмический мониторинг эффективен и при таком методе прогноза, когда по дистанционным измерениям решаются уравнения баланса энергии и вещества в экосистемах. Весьма эффективно использование аэрокосмической информации при аналитическом прогнозировании, при котором динамические тенденции описываются системами дифференциальных математических уравнений. Такие методы прогнозирования действуют на более продолжительное время. При комплексном использовании различных методов совместно со стационарными методами прогнозирования, например методами натурного подобия, аэрокосмический мониторинг особенно эффективен.

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, Мароновский пер., 26.



Дождевые черви — редкие животные!

Т. С. Перель,

доктор биологических наук

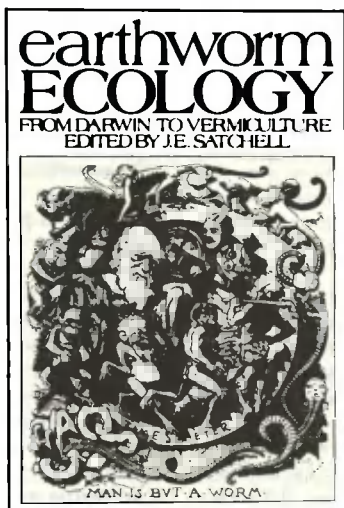
Лаборатория лесоведения АН СССР,
с. Успенское, Московская область

Дождевые черви (в Англии их называют земляными) в представлении тех, кто непричастен к зоологии, это — поперечнополосатый «навозный червь» на крючке рыболова, толстые темно-красные черви, которые попадают при перекопке грядки, и, наконец, всем знакомые медленно передвигающиеся по мокрому асфальту после сильных дождей (отсюда и название) существа, вызывающие чувство брезгливой жалости.

Для зоолога дождевые черви — это крупные почвенные олигохеты (малоцетинковые кольчецы), представленные на территории нашей страны преимущественно одним семейством Lumbricidae, распространенным по всей Голарктике (внетропическим областям Северного полушария).

Ранней весной, пока еще не отросла трава, на поверхности почвы легко заметить выбросы дождевых червей — маленькие конусовидные башенки из слипшихся комочков почвы. Это их экскременты — копролиты, на первый взгляд почти неотличимые от структурных элементов хорошо агрегированной зернистой почвы. Копролиты, в которых минеральные частицы склеены слизистыми выделениями червя, почти не разрушаются водой, содержат обычно больше, чем в окружающей почве, гумуса и элементов минерального питания растений.

Дождевые черви питаются, пропуская через кишечник заглоченную почву, содержащую перегной и еще не разложившиеся отмершие части растений. Некоторые из дождевых червей способны активно разсы-



Суперобложка Трудов международного совещания (Великобритания, 1981), посвященного столетию со времени выхода книги Ч. Дарвина «Образование растительного слоя деятельностью дождевых червей», с воспроизведением дружеской карикатуры на Ч. Дарвина в журнале «Панч» от 6. XII 1881 г.

кивать растительные остатки, скапливающиеся на поверхности почвы: они высовывают из земляного хода передний конец тела и подтягивают к отверстию своей норки опавшие листья, травинки, кусочки коры. Весной в лиственном лесу, где численность дождевых червей может достигать 200—300 экземпляров на каждом квадратном метре, легко заметить, что лесной опад распределяется по поверхности почвы неравномерно и собран в множество небольших кучек. Позднее на их месте останутся от листьев только несъедобные для дождевых червей крупные жилки и черешки.

Таким образом, дождевые черви не только рыхлят и перемешивают опад (что дало основание Ч. Дарвину сравни-

вать результаты их деятельности с обработкой почвы плугом), но и структурируют ее, а также ускоряют разложение растительных остатков. В буквальном смысле слова у нас под ногами происходит то, что заслуживает внимания, но не каждому дано заметить. Для Дарвина наблюдения за дождевыми червями были его «коньком», как писал он переводчику, готовившему немецкое издание работы «Образование растительного слоя деятельностью дождевых червей»¹. Это дарвинское исследование до сих пор вызывает большой интерес, его столетию было посвящено международное научное совещание, состоявшееся в Великобритании в 1981 г., и опубликованы труды совещания: «Экология дождевых червей от Дарвина до искусственного разведения»².

Действительно, уже в целом ряде стран приступили к разведению червей для использования их в качестве корма для птиц и рыб, а также чтобы ускорить разложение промышленных отходов и очистку городских сточных вод. Получаемые при этом копролиты используются как удобрение.

Делаются также успешные попытки интродуцировать дождевых червей для зоологической мелиорации почвы³.

Очевидно, что дождевые черви полезны, но есть ли среди них редкие виды, для которых необходимы специальные разработанные меры охраны?

На территории СССР распространено около 100 видов

¹ Дарвин Ч. Образование растительного слоя деятельностью дождевых червей. М., 1982.

² Earthworm ecology from Darwin to vermiculture. L.—N. Y., 1983.

³ Гиляров М. С. Зоологическая мелиорация почв.— Природа, 1976, № 10, с. 18.



Электронная микрофотография сегментов тела дождевого червя. Видна боковая сторона сегментов тела с щетинками. У дождевых червей семейства Lumbricidae каждый сегмент несет по 8 щетинок. [Увел. в 100 раз].

Электронная микрофотография переднего конца тела дождевого червя *Eisenia nordenskioldi*, обитающего в тундре. Ротовое отверстие, через которое червь заглатывает почву, прикрыто головной лопастью, отходящей от первого сегмента. [Увел. в 50 раз].

дождевых червей⁴. Из них многим наиболее знаком крупный темно-красный червь, встречающийся в средней полосе Европейской части СССР в лесах, на лугах, на огородах. Это *Lumbricus terrestris* — первый из дождевых червей, получивший латинское название, данное ему более двухсот лет назад (в 1758 г.) Карлом Линнеем. Название *L. terrestris*, червь земляной, не отражает никаких признаков, отличающих этот вид от других земляных (дождевых) червей. Названия

видов, описанных позднее, нередко связаны с характерными особенностями червей: например, по окраске названы люмбрикус красный (*Lumbricus rubellus*) и аллолобофора зеленая (*Allolobophora chlorothica*); за большой размер — никодрилюс длинный (*Nicodrilus longus*); по форме тела — эйзениелла четырехгранная (*Eiseniella tetraedra*) и дендробена плоскохвостая (*Dendrobaena platyura*); за способность червя к свечению — микросколекс фосфоресцирующий (*Microscolex phosphoreus*).

Уже из приведенных названий становится ясно, что дождевые черви достаточно разнообразны. Самый крупный из распространенных в СССР видов, встречающийся у нас в Карпатах *Lumbricus polyphemus*, достигает в длину почти полуметра (длина наиболее крупных экземпляров 45 см). Однако у большинства видов длина тела редко превышает 10—12 см, а у наиболее мелких она составляет всего лишь 2—3 см.

По размерам, окраске и форме тела можно судить об экологических особенностях вида⁵. Крупные черви-норники прокладывают глубоко уходящие в почву вертикальные ходы и редко покидают их. Высовываясь из норки, червь держит в глу-

бине хода хвостовой конец тела и при малейшей опасности исчезает под землей. Расширенный на конце хвост служит ему как бы якорем. Цепляясь им и имеющимися на теле щетинками за стенки хода, червь прочно удерживается в норке, и его трудно вытащить оттуда, не повредив.

Небольшие с интенсивно окрашенными покровами (чаще всего темно-красными) дождевые черви держатся вблизи поверхности почвы и в лесной подстилке. Бледную, сероватую окраску имеют непигментированные черви, постоянно живущие в почве, обычно они не выходят на поверхность и питаются почвенным перегноем.

Дождевые черви встречаются почти всюду, за исключением сухих степей и пустынь. Редки они в бедных торфянистых почвах верховых сфагновых болот, но это не связано с переувлажнением субстрата, которое многие виды переносят легко. Некоторые виды встречаются только вблизи водоемов или в заболоченных перегнойных почвах. Дышат дождевые черви всей поверхностью тела, поглощая кислород из воздушной или водной среды. Когда поверхность почвы покрыта слоем воды, затрудняющим аэрацию, некоторые черви высовывают из хода хвостовой конец тела и совершают им колебательные движения, создавая ток

⁴ Перель Т. С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М., 1979.

⁵ Перель Т. С. — Ж. общ. биол., 1975, т. 36, № 2, с. 189.

воды и подгоняя к себе новые ее порции, более богатые кислородом. Хвостовой конец тела у таких видов служит чем-то вроде жабры.

Некоторые виды дождевых червей обитают даже в тундре, например *Eisenia bogdankioidi* — вид, описанный по сборам шведской арктической экспедиции, работавшей в конце прошлого века на о-ве Вайгач и в устье Енисея, и названный так в честь известного полярного исследователя Н. А. Э. Нордenschельда.

Наиболее благоприятны для люмбрицид условия в районах с умеренным климатом, и поэтому они особенно многочисленны в смешанных и широколиственных лесах средней полосы.

Видовое разнообразие в большой мере определяется палеогеографической историей региона. Исключительно разнообразна и богата видами фауна люмбрицид Кавказа: их здесь более 40. Эндемичные кавказские виды распространены преимущественно в горах и предгорьях Большого Кавказа, так как эта территория длительное время представляла собой остров, где фауна и флора развивались изолированно, не имея контактов с видами, населяющими южнорусскую сушу и Малую Азию. Многие дождевые черви Кавказа встречаются и в других районах Восточного Средиземноморья, либо распространены еще более широко.

Богатство фауны дождевых червей Кавказа стало известно еще в начале века благодаря исследованиям немецкого систематика В. Михаэльсена⁶. Он работал в Зоологическом музее в Гамбурге, куда поступали для обработки коллекционные материалы со всего мира. В 1900 г. Михаэльсен подготовил первую и пока единственную мировую сводку по фауне и систематике дождевых червей и других (водных)



Дождевой червь *Eisenia magnifica* — один из видов, включенных в Красную книгу СССР. Обитает в лесах и на лугах Западного Алтая, прокладывает в почве глубокие ходы. Питается опавшими листьями и другими гниющими растительными остатками, высывая из норки передний конец тела темно-бурого цвета. Более светлым расширенным хвостовым концом, который остается в норке, червь упирается в стенки хода, цепляясь за них и изогнутыми щетинками.

олигохет⁷. Однако он несколько преувеличивал степень эндемизма кавказских люмбрицид. Как показали дальнейшие исследования, только семь из них эндемичны для Кавказа и два — относятся к числу крымско-кавказских эндемиков. Три редких кавказских вида (*Dendrobaena faucium*, *Eisenia muganensis* и *E. transcaucasica*) включены в Красную книгу СССР.

О существовании очагов эндемизма также и в горах Западного Тянь-Шаня и Алтайско-Саянской горной системы стало известно значительно позднее, в результате почвенно-зоологических исследований, широко развернувшихся в нашей стране с 50-х годов, когда поч-

венная зоология сформировалась как самостоятельное научное направление.

В Западном Тянь-Шане в настоящее время числится 14 эндемичных видов люмбрицид, три из которых, наиболее редкие (*Allolobophora chlorocephala*, *A. umbrophila* и *A. orphiomorpha*), внесены в Красную книгу СССР. Однако охраны заслуживают все обитающие здесь эндемики, которые составляют основу фауны дождевых червей в этом регионе. Они хорошо приспособлены к местным условиям, неблагоприятным для большинства других видов.

Фауна дождевых червей Алтая и прилежащих горных районов менее своеобразна. Здесь наиболее обычны и многочисленны два широко распространенных в Сибири вида. Почти все эндемичные для этого региона дождевые черви относятся к числу реликтовых видов. Три таких вида (*Eisenia malevici*, *E. salairica*, *E. altaica*), а также *E. magnifica*⁸ — вид с сокращающимся ареалом — занесены в Красную книгу СССР.

⁶ Michaelsen W. — Изв. Кавказского музея, 1907, т. 3, с. 81; Idem. — Ежегодник Зоол. музея Импер. академии наук, 1910, т. 15, с. 74.

⁷ Michaelsen W. *Oligochaeta*. Tierreich, 1900, Lfg 10.

⁸ Роль этого вида в процессе почвообразования подробно описана в книге: Соколов А. А. Значение дождевых червей в почвообразовании. Алма-Ата, 1956. *E. magnifica* назван в ней «гигантский червь дож-



Новый еще не описанный вид дождевого червя рода *Eisenia*. Слизь непигментированные покровы этого постоянно обитающего в почве и никогда не появляющегося на ее поверхности червя просвечивает заглоченная им земля.

В равнинных районах Европейской части нашей страны встречается относительно небольшое число видов дождевых червей, особенно в пределах территории, некогда подвергавшейся оледенению, которое стало причиной исчезновения местной фауны *Lumbricidae*. После отступления ледника сюда проникли немногие легко расселяющиеся виды дождевых червей. К югу от этой территории люмбрициды представлены более разнообразно. Обнаруженный на юге Европейской части СССР (всего лишь в нескольких пунктах) *Eisenia gordejefi* также отнесен к числу охраняемых видов.

Последствия исчезновения каких-либо видов животных или растений всегда трудно предвидеть, тем более дождевых червей, обитающих в почве беспозвоночных, ведущих скрытый образ жизни и еще мало изученных.

Роль дождевых червей в природных ценозах не ограничивается непосредственным участием в создании почвенного плодородия. Они воздействуют на процессы почвообразования и косвенно, активируя деятельность микроорганизмов, численность которых в выбросах червей выше, чем в почве, а также создавая благоприятные условия для мелких почвенных сапрофагов (червей-энхитреид, бескрылых насекомых-ногохвосток и др.), охотой использующих в пищу растительные остатки, переработанные дождевыми червями. Известно также, что выделения дождевых червей, содержащие стеролы, витамины группы В и провитамины D₂, способствуют прорастанию семян и стимулируют рост молодых растений⁹. По ходам червей в глубь почвы проникают корни растений. Наконец, черви — это пища самых разнообразных животных: жуков-жужелиц, хищных многоножек, птиц, кротов и многих других, в том числе и кабана, который в поисках червей «перелопачивает» почву на

больших площадях в лесу и на лугах. Однако настоящую опасность для дождевых червей представляют не эти животные, а человек, вернее, последствия его хозяйственной деятельности.

Изменения, которые возникают в почве в результате различных агротехнических мероприятий, применения инсектицидов, неумеренный выпас скота, промышленное загрязнение и даже повышенные рекреационные нагрузки вызывают значительные изменения в составе почвенного населения.

В качестве примера можно привести результаты, полученные О. И. Лагидзе, проследившей изменение почвенной фауны при осушении и освоении Колхидской низменности. Численность восточно-средиземноморского вида *Helodrilus patriarchalis*, ареал которого и без того постепенно сокращался, в первые же годы после осушения заболоченных ольховых лесов резко снизилась, в редкий вид *Eisenia colchidica*¹⁰ и кавказский эндемик *Dendrobaena faucium* вообще здесь исчезли. На смену им пришли виды *Nicodrilus caliginosus* и *Lumbricus rubellus*.

Редкие виды дождевых червей населяют обычно не нарушенные человеком природные биотопы, поэтому предложение охранять такие виды продиктовано не только стремлением сохранить генофонд, но сохранить также и те уникальные биогеоценозы, в которых эти виды встречаются.

Создание небольших по площади микрозаповедников даст возможность в дальнейшем получить представление о разнообразии местных природных условий, всюду быстро меняющихся под влиянием антропогенных воздействий. Такие эталонные участки могут быть также источником для восстановления фауны, нарушенной деятельностью человека.

девой», так как этот вид был описан и получил латинское название позднее; см.: Светлов П. Г. — Зоол. ж., 1957, т. 36, вып. 2, с. 183.

⁹ Зражевский А. И. Дождевые черви как фактор плодородия лесных почв. Киев, 1959; А. т л а в и н г О. П. Биология дождевых червей и их влияние на плодородие почвы в Литовской ССР. Вильнюс, 1975.

¹⁰ До последнего времени этот вид считался кавказским эндемиком, но совсем недавно был найден на Балканском полуострове: Zicsi A., Michalis K. — Acta zool. Acad. Scient. Hungarica, 1981, t. 27, s. 239.



Нефть в океане: загрязнение или естественный приток?

В. Я. Троцюк, И. А. Немировская



Владислав Яковлевич Троцюк, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией нефтегазогенетического районирования Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР. Специалист в области геохимии органического вещества и прогнозирования нефтегазоносности Мирового океана.



Инна Абрамовна Немировская, кандидат химических наук, младший научный сотрудник аналитической лаборатории того же института. Занимается изучением миграционных форм нефтяного загрязнения в морской воде, разработкой методики определения уровня углеводородного загрязнения Мирового океана.

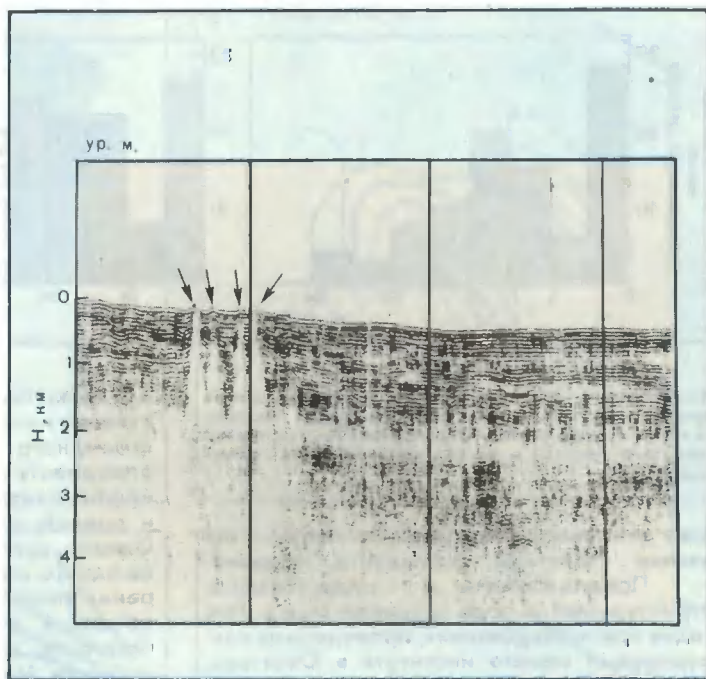
Возрастающее загрязнение Мирового океана нефтью уже несколько десятилетий тревожит специалистов. Антропогенная нефть влияет на процессы взаимодействия атмосферы и океана, изменяет водные экосистемы. Нефть попадает в моря и океаны разными путями: ее несут сточные воды, поступающие в реки, сбрасывают нефтеналивные суда, огромные пятна нефти на поверхности — следствие катастрофических разливов при авариях. Но существует и еще один источник поступления нефтяных углеводородов, и уже не связанный с хозяйственной деятельностью человека.

Этот источник — просачивание нефти на дне океана. Именно он вместе с образованием небольших количеств нефтяных углеводородов из современных осадков, обогащенных органическими веществами, и определяет нулевой, фоновый уровень, от которого нужно вести отсчет антропогенного загрязнения, чтобы судить о его влиянии на экологическое равновесие того или иного района Мирового океана. Появившиеся в последние годы данные о геологии дна и его нефтегазоносности позволяют сделать первые, хотя и приближенные, оценки масштабов этого природного источника.

ПОТОКИ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ДНЕ ОКЕАНА

Современные представления об образовании скоплений нефти и газа одинаково относятся и к континентам и к океанам. Не останавливаясь на них подробно, напомним, что, подобно всем горючим ископаемым, нефть и газ представляют собой продукты трансформации органического вещества¹. Первоначально углеводороды нефтяного ряда рассеяны, и лишь потом

Сейсмический профиль через северо-западную часть Алеутской котловины. Стрелками показаны структуры флюидных прорывов.



концентрируются в недрах при миграции внутри пластов и между ними, направленной главным образом вертикально вверх. Особенно благоприятны для формирования очага образования нефти и газа осадочные толщи мощностью более 6—9 км, нижняя часть которых прогрета до температуры 220—250 °С. В таком очаге, который принято называть зрелым, снизу вверх располагаются три зоны генерации углеводородов: нижняя — газовая, средняя — нефтя-

ная и верхняя — вновь газовая. В двух зонах, нижней и средней, образуется около 70—80 % глобальных ресурсов углеводородов.

Жидкие нефтяные углеводороды возникают в основном при относительно небольших температурах — от 80 до 160 °С, а преобладающее количество горючих газов — при температурах от 200 до 250 °С. В верхней газовой зоне они образуются при значительно меньших температурах — ниже 60 °С — в результате биогеохимических процессов, интенсив-

ность которых зависит в основном от содержания и состава рассеянной в осадках органики.

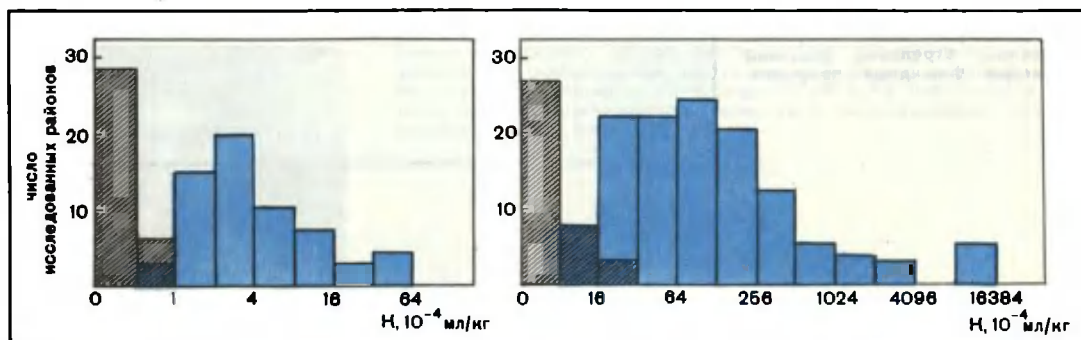
Однако в крупные, промышленные, скопления переходит лишь небольшая часть углеводородов. Остальная, явно большая доля остается рассеянной внутри осадочной толщи, и некоторое ее количество вместе с другими подвижными газовыми и жидкими компонентами (побочными продуктами процессов образования нефти и газа) устремляется вверх. Следовательно, под слоем водной толщи океанов над очагами образования нефти и газа возникает подобный тепловому поток так называемых

¹ Вассоевич Н. В. — Известия АН СССР, сер. геол., 1967, № 11, с. 152.

флюидов. При этом формируются два типа таких потоков: региональный — от всей поверхности очага — и локальный — из отдельных участков очага сквозь хорошо проницаемые зоны трещин и разрывов в толще осадков. Локальные флюидные потоки вызывают снижение скорости прохождения упругих волн и регистрируются на сейсмограммах. Нередко на дне высачиваются струи воды вместе с углеводородами. Если интенсивный локальный флюидный поток не пронизывает всю толщу рыхлых осадков, то они могут быть вовлечены в восходя-

В свою очередь, эти главные факторы формирования плотности флюидного потока определяются целым рядом других. Например, масштабы образования нефти и газа в очаге обусловлены концентрацией внутри него рассеянного органического вещества, особенностями его состава, теплового режима пород и т. п. Проницаемость толщ над очагом зависит от состава пород, их плотности, пористости, температуры и давления в осадках.

Для определения количества углеводородов, просачивающихся через дно океа-



Концентрация (К) газообразных углеводородов в придонных водах (слева) и в донных осадках (справа) над очагом образования нефти и газа (показано цветом) и за его пределами (заштриховано).

щее движение. Этот феномен получил название структуры флюидного прорыва.

Предположение о существовании структур такого рода возникло еще в 70-х годах при исследованиях, проведенных сотрудниками нашего института в Охотском море². Позже, в 1982 г., сейсмические исследования в Командорской и Алеутской котловинах позволили зафиксировать несколько флюидных прорывов. Кстати сказать, они представляют особый интерес как ранее неизвестная форма скоплений углеводородов, залегающих сравнительно неглубоко под дном океана.

Плотность региональных флюидных потоков, т. е. количество подвижных веществ, проходящих в единицу времени через определенный участок дна, неодинакова и зависит прежде всего от размеров очага образования нефти и газа, интенсивности идущих в нем процессов и проницаемости лежащей над очагом толщи.

на, было бы весьма заманчиво непосредственно измерить плотность регионального флюидного потока. Тогда можно было бы определить положение очагов образования нефти и газа под толщей океанской воды и оценить их размеры и продуктивность. Однако, к сожалению, пока не существует ни одного метода непосредственного измерения плотности флюидного потока, хотя поиски в этом направлении ведутся, в частности, в отделе проблем нефтегазоносности Мирового океана нашего института в течение нескольких лет. Но некоторые результаты все же получены с помощью методики высокоточных измерений концентраций газов в морях и океанах. Новые средства герметичного отбора проб придонной воды и грунта, вакуумной дегазации образцов позволили проводить анализ состава газов в условиях судовых лабораторий.

ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПОЛИГОНАХ

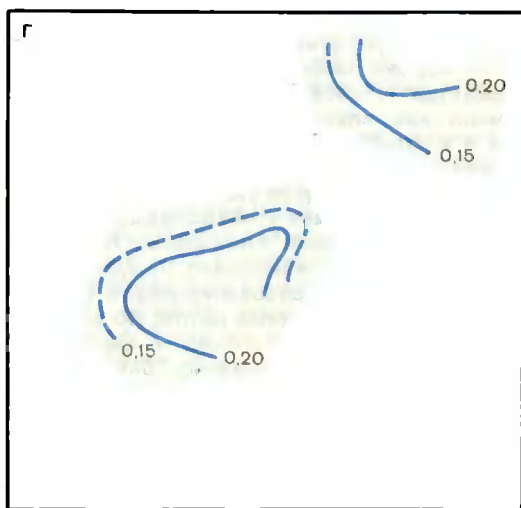
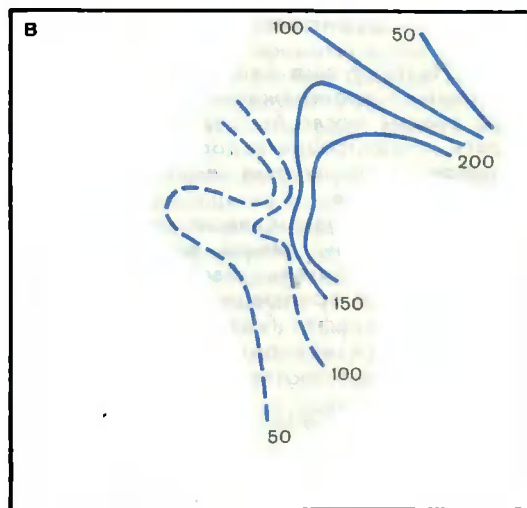
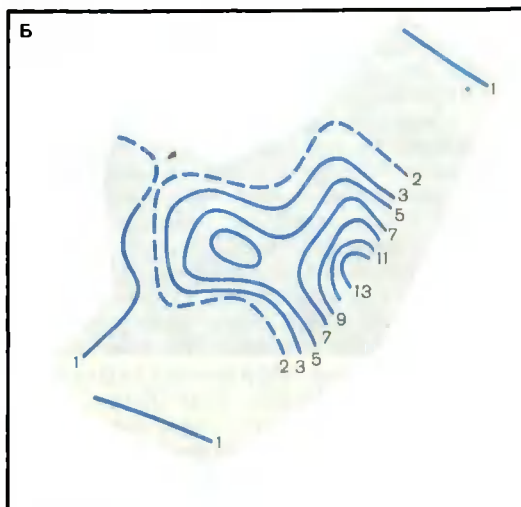
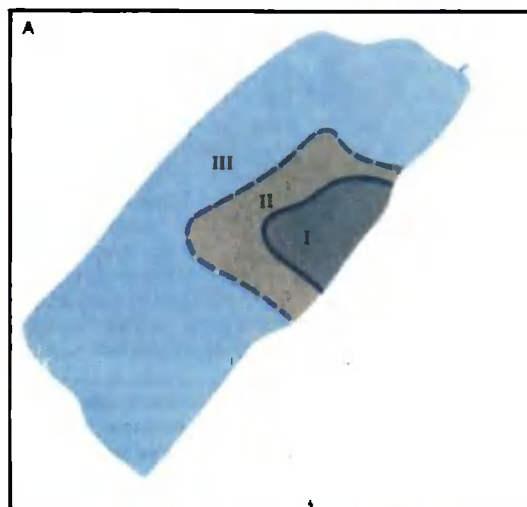
Еще в 70-х годах были проведены газометрические исследования в Балтийском, Черном, Каспийском, Охотском, Беринговом, Норвежском морях, а также в Индийском и Тихом океанах и в ряде акваторий Арктического бассейна Атлантического океана. Они позволили обнаружить,

² Генетические предпосылки нефтегазоносности Мирового океана. М., 1978.

что в придонных слоях осадков и морской воды над зрелым очагом образования нефти и газа концентрация углеводородных газов повышена. Поле аномальных концентраций, как правило, занимает площадь не менее нескольких тысяч квадратных километров и ограничено вертикальной проекцией на дно внешнего контура главных зон генерации углеводородов в недрах. Поскольку исследования охватили многие районы Мирового океана с различным климатом, подводным рельефом, гидрологическими и геолого-геохимическими харак-

теристиками, был сделан вывод, что газовые потоки просачиваются на дне во всех нефтегазоносных акваториях. Становилось очевидным, что за долгую геологическую историю морей и океанов благодаря этим потокам в воды было вынесено огромное количество углеводородов. Расчеты, сделанные не так давно, показали, что только за последние 65 млн лет в кайнозое в Мировой океан поступило не менее 30—40 млрд т углеводородов.

В ходе исследований, по мере накопления данных о составе газов, выявилась



Некоторые геологические и химические характеристики экспериментального полигона (северная окраина Тихого океана). А — положение очага образования нефти и газа под дном: I — его центральная, наиболее продуктивная часть, II — периферий-

ная часть, III — площадь полигона вне очага. Цифры на изолиниях — концентрации: метана (10^{-4} мл/л) в слое воды 1—1,5 м над поверхностью дна (Б), липидов (мкг/л) в придонных водах (В), водорода (10^{-4} мл/кг) в донных осадках (Г).

одна любопытная деталь. В 1980—1981 гг. сотрудники нашего института и Института биохимии и физиологии микроорганизмов АН СССР, анализируя изотопный состав газов из придонных осадков Балтийского и Черного морей, не обнаружили заметной разницы между метаном из проб, взятых в пределах аномального поля концентраций углеводородов над очагом образования нефти и газа и за его пределами. И тут, и там он оказался одинаковым, обогащенным легким изотопом углерода. Между тем известно, что для метана из двух главных, глубинных зон очага (а именно такой метан должен в основном подниматься из очага образования нефти и газа) характерно преобладание тяжелого изотопа углерода³.

Поэтому возникло предположение, что углеводородные газы, поступившие в придонные слои над зрелым очагом образования нефти и газа, подвергаются вторичной биогеохимической переработке. В 1982 г. на полигоне, расположенном в северо-западной части Тихого океана, были проведены исследования, целью которых стала проверка этой гипотезы.

Полигон был выбран таким образом, что под частью его площади был расположен зрелый очаг образования нефти и газа, а под остальной очаг был менее продуктивным или отсутствовал вовсе. Максимальное содержание органического углерода (1,5 %) было зафиксировано в северо-западном углу полигона. Здесь осадки, обогащенные органическим веществом, были, казалось бы, более всего благоприятны для генерации углеводородных газов.

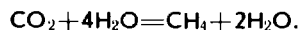
Однако наибольшее количество углеводородных газов как в водном слое толщиной над поверхностью дна до 1,5 м, так и в донных осадках глубиной до 2 м, было выявлено в зоне, простирающейся от центральной части полигона на восток. Здесь концентрация углеводородных газов нарастала с глубиной. Аномальная зона располагалась, как и следовало ожидать, над зрелым очагом образования нефти и газа, откуда и шел флюидный поток. Но изотопный состав углерода метана и здесь был характерным для первично биогенного. В данном случае нельзя было считать, что глубинный поток «наложился» на первично биогенный фон. Дело в том, что в мигрирующих флюидных компонентах имеются углекислота, водород, а также соединения, содержащие азот и фосфор. Эти компонен-

ты способны служить исходными веществами для биосинтеза и ускорения обменных биологических процессов, и в том числе образования дополнительных порций углеводородов.

О трансформации потока газообразных углеводородов, поступающих из очага, свидетельствуют и результаты измерений концентрации групп так называемых липидных компонентов органического вещества. В их состав входят различные углеводороды, жирные кислоты, спирты и некоторые другие соединения. Липиды принимают участие в строении практически всех планктонных и некоторых других морских организмов.

Наибольшие концентрации липидов в придонных водах (около 240 мкг/л) были зафиксированы в зоне, совпадающей с зоной наибольших концентраций углеводородных газов. При этом в придонном слое вод количество липидов оказывалось в несколько раз выше, чем у поверхности. Обычно же в водной толще растворенные липиды распределяются по-другому: их содержание с глубиной снижается, поскольку активные биологические процессы идут в основном в приповерхностном слое.

По мнению микробиологов, не менее 80 % метана образуется в океане за счет реакции восстановления углекислоты водородом, протекающей при участии бактерий:



Поэтому еще одним свидетельством вторичного происхождения углеводородов над очагом могло бы служить понижение здесь концентрации водорода. Результаты измерений полностью подтвердили это предположение.

Таким образом, исследования на полигоне в Тихом океане дали основание считать, что потоки газообразных углеводородов, мигрирующие вверх из очага образования нефти и газа вместе с углекислым газом и водородом, при переходе через поверхность дна трансформируются.

СТИМУЛЯТОРЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Миграция небольших количеств низкомолекулярных углеводородов из недр с флюидными потоками может способствовать более интенсивному развитию в придонных слоях морской воды сообществ бактерий и фитопланктона, биомасса которого в океане наиболее велика.

³ Г а л и м о в Э. М. Геохимия стабильных изотопов углерода. М., 1968.



Отбор проб с борта научно-исследовательского судна «Дмитрий Менделеев».

Воздействие нефтяных углеводородов на морские организмы в достаточной степени избирательно. Наиболее токсичными для них являются такие ароматические соединения, как фенол и анилин. Однако малое содержание и этих веществ не оказывает негативного влияния на рост фитопланктона.

Среди появившихся в последнее время работ, касающихся проблем загрязнения Мирового океана нефтью и нефтепродуктами, обнаруживаются данные о том, что малые концентрации углеводородов в воде стимулируют рост некоторых видов фитопланктона⁴. Так, содержание парафиновых углеводородов, доминирующих в нефти, ускоряет рост клеток диатомей и хлореллы. При концентрации нефти в воде в пределах 50—100 мкг/л увеличивается фотосинтез популяции *Dunaliella*. Экспериментально установлено, что фотосинтез популяции *Nitzschia* при concentra-

циях углеводородов на уровне 5 мкг/л усиливается на 50—70 %. Такое количество углеводородов может поступать за счет флюидных потоков. В результате эти просачивающиеся сквозь дно океана углеводороды вместе с углекислым газом, водородом, соединениями, содержащими азот и фосфор, становятся активными стимуляторами биосинтеза, результатом которого, в свою очередь, будет образование новых порций углеводородов.

В связи с этим вновь возникает вопрос, какое содержание углеводородов в морской воде считать предельно допустимой концентрацией (ПДК)? В нашей стране, например, принято считать, что ПДК составляет 50 мкг/л. В то же время на полигонах, где мы проводили измерения, содержание только липидов составляет от 50 до 240 мкг/л. Такие же величины характерны для наиболее загрязненных антропогенной нефтью и нефтепродуктами районов. Между тем полигоны расположены в районе, где почти полностью отсутствует техногенное загрязнение вод углеводородами.

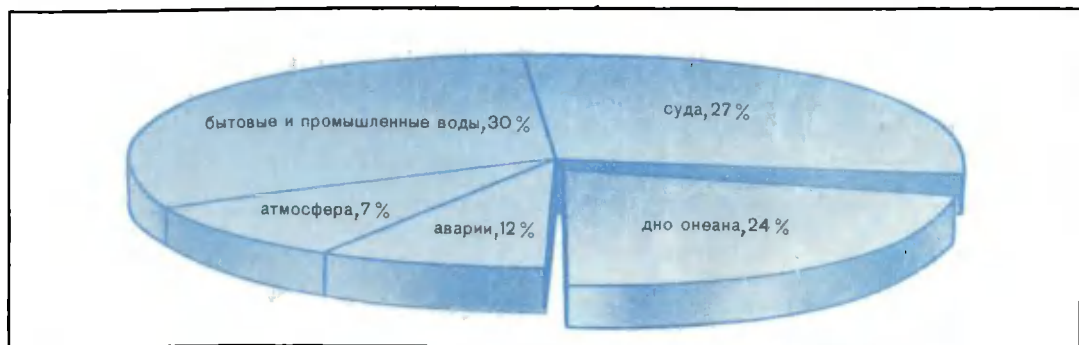
По нашим данным, даже в сильно загрязненных районах концентрации, превышающие ПДК, встречаются крайне редко, а современный биогенный фон составляет от 8 до 20 мкг/л.

Мониторинг нефтяного загрязнения, проводимый в глобальном масштабе, пока-

⁴ Миронов О. Г., Ланская Л. А. Влияние нефти на развитие морского фитопланктона. — В сб.: Международный океанографический конгресс. М., 1966, с. 161.

зал, что концентрация растворимых и диспергируемых форм углеводородов изменяется в морских водах в довольно узком интервале значений. Так, например, в столь загрязненном районе, как центральная часть Северной Атлантики, в большинстве контрольных проб их содержание не превышало 30 мкг/л и лишь в 9 из 61 проб было выше 50 мкг/л⁵. Только в Средиземном море диапазон концентраций оказался очень большим: от 0 до 340 мкг/л. Однако, как уже отмечалось, наиболее значительное содержание характерно для районов силь-

Освоение ресурсов нефти и газа морей и океанов в последние годы приобрело поистине глобальный характер. На шельфах в настоящее время открыто около 1600 месторождений нефти и газа, извлекается почти 1/3 мировой добычи, разведанные здесь запасы превзошли континентальные. Разработка месторождений обычно сопровождается комплексом мер защиты среды, но, к сожалению, катастрофических разливов избежать не удастся. Только с 1975 по 1980 г. зарегистрировано 53 случая повреждения трубопроводов в Северном



Доля различных источников нефтяных углеводородов, поступающих в воды Мирового океана.

ного нефтяного загрязнения и районов, где под дном имеются очаги образования нефти и газа.

ДОЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Подсчитано, что общее количество углеводородов в Мировом океане составляет 13 млн т. По оценкам Межправительственной морской консультативной организации, 3—8 млн т ежегодно поступает в океан в результате антропогенного загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Такой разброс в оценке объясняется трудностями учета неаварийных сбросов и огромного числа источников загрязнения.

Более половины нефтяных углеводородов поступает за счет сточных (бытовых и промышленных) вод и сбросов с нефтеналивных судов промывочных и балластных вод. Существенно меньшая доля технического загрязнения приходится сейчас на катастрофические разливы нефти при авариях танкеров и буровых скважин.

море. Крупная авария произошла на буровой скважине в проливе Санта-Барбара (Калифорния), в результате чего фонтан нефти бил в течение 11 дней и в океан попало 173 тыс. т нефти. При аварии в Мексиканском заливе с 3 июня 1979 по 24 марта 1980 г. в воду вылилось около 490 тыс. т сырой нефти.

Какова же доля естественных источников? По оценкам американских исследователей, с морского дна в виде струй с углеводородами просачивается от 0,02 до 2 млн т нефти в год⁶.

Определить вклад поступлений за счет региональных (рассеянных) флюидных потоков из очагов образования нефти и газа можно также весьма ориентировочно. Представляется, что таким путем из недр выносятся еще не менее 1 млн т углеводородов в год. Этот процесс идет на площади, составляющей 10—15 % от общей площади Мирового океана, на окраинах океанов и во внутриматериковых морях, где распространены нефтегазоносные бассейны.

Десятки и даже сотни миллионов лет поток углеводородов из недр влияет на биологические процессы в океане, хотя

⁵ Global pollution monitoring. UNESCO. P., 1981.

⁶ Wilson R., Monaghan P. et al.—Science, 1974, v. 184, p. 857.

из-за разных масштабов очагов образования нефти и газа его воздействие в различных районах неодинаково. Следует еще подчеркнуть, что этот природный источник проявляется более всего в тех же регионах, где нефтяное загрязнение за счет антропогенных источников наибольшее.

ТРАНСФОРМАЦИЯ В МОРСКОЙ СРЕДЕ

Нефть в море подвергается сложным физико-химическим и биохимическим преобразованиям, приводящим к появлению ряда ее разновидностей: пленочной, растворенной, эмульгированной, сорбированной. Происходит фракционирование нефти, изменение ее состава. Например, через 1—3 недели после разлива испаряется до 1/2 нефтепродуктов. Фракционирование выражается не только в потере низкокипящих компонентов, так как даже высокомолекулярные парафины подвержены испарению. В дальнейшем под действием химических и биохимических факторов происходят изменения содержания отдельных классов химических соединений — углеводородов, смол, парафинов.

Интенсивность и характер этих изменений определяется, главным образом, протекающими в морской среде биохимическими процессами. Так, одна бактериальная клетка за час может окислять в среднем 5·10⁻¹² мг нефти. В настоящее время выделено более ста видов микроорганизмов, представляющих около 40 родов бактерий, дрожжей и плесеней, способных усваивать углеводороды. Исследования нефтяного пятна после аварии танкера «Торри Каньон» в 1976 г. в Ла-Манше позволили заключить, что океаны с помощью микроорганизмов могут перерабатывать около 10 млн т нефти в год. Эти возможности, очевидно, обусловлены многомиллионной предысторией воздействий на морскую биоту флюидных потоков — естественных источников тех же нефтяных углеводородов.

*

Итак, углеводороды, попавшие в воду при загрязнении или через дно океана, включаются в одни и те же трансформационные процессы. Наши данные показывают, что состав их в районах сильного загрязнения близок к углеводородам биогенного (фотосинтетического, бактериального) и вторичного — биогеохимического происхождения. В настоящее время известно, что углеводороды повсеместно обра-

зуются живыми системами, и не только парафины, но и ароматические соединения, вплоть до бензопирена. В частности, в районах, где фотосинтезируется большое количество углеводов и возможно их образование в биогеохимических процессах (например, в Беринговом и Баренцевом морях, в районе Перуанского апвеллинга), их концентрация во многих случаях превышает ПДК. Поэтому вполне понятно, сколько важно уточнение критериев для определения источника происхождения углеводородов и отсюда оценки нефтяного загрязнения.

Проблема поисков общности и различия современных биогенных углеводородов и углеводородов осадочных пород чрезвычайно важна не только для решения вопросов борьбы с нефтяным загрязнением, но и для поисков новых нефтяных месторождений.

К сожалению, пока эту задачу нельзя считать решенной. Нужны новые комплексные исследования в дополнение к уже ведущемуся мониторингу содержания углеводородов. Именно эти работы позволят выявить нулевые уровни, от которых следует вести отсчет степени нефтяного загрязнения в сильно изменчивом поле естественных концентраций углеводородов. Но уже сейчас можно считать, что таких нулевых уровней должно быть по крайней мере два. Один — для окраинных областей океанов и внутренних морей, где распространены нефтегазоносные акватории и районы интенсивного образования биогенных углеводородов, и другой — для зон, где возможно повышенное содержание нефти и нефтепродуктов только за счет антропогенных источников. С другой стороны, достоверно установив уровень загрязнения морских вод, можно выявить новые очаги образования нефти и газа в недрах.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Геодакян А. А., Троцюк В. Я., Берлин Ю. М., Пиляк В. Л. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ АКВАТОРИЙ. М.: Недра, 1980.

Монин А. С., Войтов В. И. ЧЕРНЫЕ ПРИЛИВЫ. М.: Молодая гвардия, 1984.

Нестерова М. П., Симонов А. И., Немировская И. А. НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В МОРСКИХ ВОДАХ, ФОРМА ИХ СУЩЕСТВОВАНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ. — В кн.: Человек и биосфера, вып. 7. М.: Изд-во МГУ, 1982.

Троцюк В. Я. ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ АКВАТОРИЙ. М.: Недра, 1982.



Культивирование водорослей — одна из мер охраны шельфа

В. Ф. Пржеменецкая,

кандидат биологических наук

Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии

Владивосток

Водоросли — древнейшие растения, возникновение которых уходит в глубь истории Земли. Еще в отдаленные геологические эпохи они размножались и распространялись по поверхности Земли в таком количестве, что смогли оставить след в слоях земной коры. При их участии формировались земная атмосфера и облик нашей планеты. Велика роль морских водорослей в развитии и поддержании жизни на шельфе морей.

С древнейших времен, вероятно, с первых человеческих поселений на морских побережьях, морские водоросли употреблялись в пищу и на корм домашним животным. И сейчас значение морских

растений в жизни населения прибрежных стран огромно. И недаром, поскольку в водорослях содержатся углеводы, белки, жиры, полный набор микроэлементов и витамины. Высока пищевая и лекарственная ценность водорослей. В пищу употребляются ламинария, ундария, порфира, ульва, грацилярия, родимения, энтероморфа и многие другие виды; как лекарственные и профилактические средства — ламинариевые и фукусовые, содержащие в большом количестве йод и другие микроэлементы, необходимые для нормального функционирования организма, а также некоторые красные водоросли — хондрус, гелидиум, птерокладия, дигеней, корал-



Заросли бурых водорослей на шельфе залива Петра Великого.

Куртина ламинарии и цистозир.



лина, обладающие теми или иными лечебными свойствами. Жители морских побережий издавна используют водоросли в качестве удобрений. В настоящее время особенно важна статья использования морских макрофитов — получение из них различных веществ, способных образовывать коллоидные растворы, желе. К числу таких веществ относятся агар, агароид, каррагин, альгинаты и др. Для получения этих желеобразующих веществ используются как морские травы, так и красные и бурые водоросли.

Водоросли — самые продуктивные растения на Земле, они могут давать за год до 150 т и более зеленой массы с гектара. Видимо, поэтому долгое время существовало мнение, что их запасы в морях неисчерпаемы. Однако от мысли о неисчерпаемости пришлось отказаться после того, как были подорваны запасы грацилярии у побережья Австралии, макроцистиса у берегов Калифорнии, ламинарии у побережья Японии, Китая и Кореи, значительно сократились запасы анфельции в прибрежьях Белого моря и на Дальнем Востоке, филлофоры на Черном море.

Ежегодно для нужд человека добывается громадное количество водорослей. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО), в 1971—1973 гг. в мире добывалось более 800 тыс. т красных водорослей в год и более 1,3 млн т бурых. Только агароносов в различных странах мира ежегодно добывали больше 30 тыс. т (сухой массы), получая из них около 6 тыс. т агара¹. И это не считалось пределом. По подсчетам, можно добывать более 2,6 млн т красных и 15,6 млн т бурых водорослей².

Но не скажется ли отрицательно такая добыча морских макрофитов на существовании биогеоценозов шельфа? Ведь водоросли — их основные компоненты, от которых зависит жизнь всех других обитателей шельфа. Здесь водоросли образуют настоящие подводные леса, дающие приют множеству беспозвоночных и рыб, особенно их молоди. Подводные водорослевые леса своей многоярусностью напоминают джунгли, которые в умеренных широтах простираются на сотни километров. Крупные ламинариевые, фукусовые и другие водоросли встречаются в сравнительно узкой зоне моря — континентальном шельфе,

причем большая их часть находится на глубине, не превышающей 40—50 м. Длина слоевищ этих водорослей достигает порой десятков метров, в их зарослях поселяются не только морские животные, но и огромное число водорослей-эпифитов.

Эпифиты распределяются ярусами на разной глубине: светолюбивые растут на верхних частях слоевищ крупных водорослей, теневыносливые — на их стеблях и ризоидах. Многие виды диатомей и синезеленых, а также мелкие бурые, красные и зеленые водоросли, подобно орхидеям тропических лесов, могут расти только эпифитно, прикрепившись к другим растениям. Следовательно, если снизится количество крупных водорослей, вместе в ними неминуемо значительно сократится число мелких эпифитов.

В зарослях крупных морских водорослей разнообразие животных всегда огромно. Здесь нерестятся бычки, терпуг и некоторые другие рыбы, приклеивая икру к слоевищам тихокарпуса, родомелы, одонтакции. В морской траве — зостере — нерестится сельдь, прикрепляя икру к ее листьям, здесь же обитает затем и ее молодь. Заросли морских трав и водорослей буквально кишат различными брюхоногими и двустворчатыми моллюсками, разно- и равноногими раками и многими другими животными. Не менее богаты биоценозы анфельции, где помимо водорослей обитают полихеты, мшанки, асцидии, моллюски, морские звезды, различные ракообразные, в том числе молодь камчатского краба, иглокожие (в частности, трепанг) и т. д.

В сообществах литорали и верхней сублиторали до глубины 20—30 м в видовом отношении над растениями преобладают животные. Например, в заливе Посьета и в других районах залива Петра Великого в распространенных здесь на глубине 15—20 м биоценозах ламинарии японской и десмарестии обитает еще 8—10 видов водорослей, а на пластинах, между ризоидами и просто среди слоевищ — до 50 и более видов сидячих, свободноживущих и плавающих форм животных. В сообществах морских трав (зостеры, филоспидикса) можно встретить 5—10 видов водорослей-эпифитов и 25—30, а иногда и много больше видов животных, при этом общая биомасса фауны составляет 500—600 г/м², а флоры — 7—8 кг/м². В заливе Посьета на глубине 2 м в зарослях ламинарии японской обитает еще 9 видов водорослей и 64 вида животных, но биомасса растений составляет 21 кг/м², а всех обитателей животного царства — всего лишь 18 г/м².

¹ Seaweed Resources of the Ocean. FAO-Fish. Techn. Paper, 1975, № 138, p. 127.

² Yama da J.— J. Fish. Res. Board. Canada, 1976, v. 33. № 11, p. 1024.

Вся жизнь многих видов животных или отдельные этапы цикла развития проходят среди водорослей. Поэтому промысловая добыча макрофитов влечет за собой гибель не только водорослей-эпифитов, но и огромного числа животных.

В последние годы использование морских ресурсов расширяется, все более интенсивной становится и добыча морских растительных организмов. Совершенно очевидно, что бесконечно увеличивать объем добычи водорослей и морских трав невозможно. Следует помнить, что даже самые богатые, на первый взгляд неисчерпаемые запасы морских макрофитов при неумеренной эксплуатации быстро истощаются и в короткий срок могут быть подорваны полностью. Главное же — неумеренный промысел растительных ресурсов моря чреват серьезными нарушениями в биоценозах континентального шельфа, при которых неизбежна гибель организмов, населяющих эту зону океана, и сокращение запасов промысловых беспозвоночных и рыб. Кроме того, запасы водорослей и морских трав значительно колеблются год от года и зависят от самых разных обстоятельств: тайфуны, жестокие осенние штормы, неожиданно ранняя зима или вспышка численности животных, питающихся водорослями, могут значительно снизить число водорослей и без их промысла.

Однако не добывать водоросли тоже нельзя — слишком велика потребность в содержащихся в них веществах. Следовательно, чтобы не сократилось количество водорослей и их разнообразие, чтобы не нарушились естественные биоценозы шельфа — места обитания, нереста и источника пищи для беспозвоночных и рыб, необходимо создавать плантации промысловых видов водорослей. В настоящее время это наиболее эффективная мера, с помощью которой удастся сохранить и необходимый уровень добычи морских водорослей и природную среду шельфа. Выращивая водоросли на плантациях, можно значительно уменьшить или полностью прекратить их добычу из естественных местообитаний и тем самым предотвратить разрушение прибрежных биоценозов. Кроме того, совсем немаловажно, что плантации станут дополнительными, созданными руками человека новыми местообитаниями для многих видов промысловых животных.

В последние годы в некоторых странах культивирование промысловых видов водорослей, таких как ламинария, ундария, порфира, гелидиум, грацилярия, осуществляется в крупном масштабе. Особенно

широко культивируют водоросли в странах тихоокеанского бассейна — Японии, Китае, Филиппинах, на Корейском п-ове. По сведениям ФАО, мировая продукция аквакультуры (водоросли и животные) увеличилась с 6 млн т в 1975 г. до 8 млн т в 1981 г.³ К культивированию морских водорослей макрофитов, в связи с дефицитом добываемых из них веществ, растет общий интерес во многих странах; строятся планы в отношении поликультуры из разных видов морских водорослей и животных, поскольку именно в этом случае можно добиться безотходности, характерной для природных экосистем.

В нашей стране тоже создаются искусственные поля морских водорослей. Уже более 10 лет на Дальнем Востоке на плантациях выращивается морская капуста. В настоящее время разработаны и внедряются методы более экономичного одногодичного цикла выращивания двухлетней по своей природе ламинарии. Площади водорослевых плантаций пока невелики (каждая плантация занимает площадь в 20—40 га), но и на них уже добывается урожай, в значительной степени удовлетворяющий потребности в этой морской продукции и возможности перерабатывающих предприятий Дальнего Востока. Добыча ламинарии из природных популяций в связи с этим значительно сократилась.

Надо сказать, что при выращивании морских водорослей возникают осложнения, подобные тем, с которыми приходится бороться растениеводам на полях сельскохозяйственных культур. В любом монокультурном хозяйстве чаще, чем в естественных биоценозах, вспыхивают болезни и численность вредителей. Для морских водорослей на плантациях губительным может оказаться также чрезмерное развитие эпифитов, хотя в природных сообществах шельфа они не наносят никакого вреда водорослям, а просто живут, прикрепившись к ним.

И все же не столько эпифиты, сколько водоросли, поселяющиеся на плантационных сооружениях, снижают качество ламинарии или пагубно действуют на ее количество. Особенно обильно развивается на таких плантациях костария ребристая (*Costaria costata*). В годы высокой численности она становится конкурентом за свет и питание для морской капусты, а при недостатке того и другого ламинария дает значительно

³ Pillay T. V. State of Aquaculture 1981.— It: World Conference on Aquaculture. Venice, 1981, p. 2.



Звездчатая камбала среди морской травы.



Заросли морской травы (зостеры) в зоне прилива.



Один из типичных участков биоценоза в заливе Петра Великого.



Приморский гребешок в зарослях ульвы.

меньший урожай, чем обычно. Но костарию, бурно развившуюся на плантациях ламинарии, можно собрать и выделить из нее альгинаты — ценные, образующие гели, вещества. Другая сопутствующая морской капусте водоросль — десмарестия (*Desmarestia viridis*, иначе ее называют «ведьмины волосы») — может уничтожить урожай ламинарии полностью. Связано это с тем, что серная кислота, которая выделяется при разложении десмарестии, разрушает ткани всех других водорослей, соприкасающихся с ней.

Губительным для плантаций может стать и бурное развитие животных организмов. Так, в 1976 г. на плантации ламинарии в бухте Кит погиб почти весь урожай из-за того, что чрезвычайной численности достиг брюхоногий моллюск эфериа башневидная (*Epheria turrita*). Поселяясь на слоевищах ламинарии, он выгрызает в ее пластинах сквозные отверстия, и в результате, даже при несильном шторме, а иногда и без морских волнений, слоевища обрываются.

Меры борьбы со всеми такими организмами — лучше всего биологические: поселить на плантациях ламинарии естественных врагов вредителей. Но самый рациональный способ ведения морского хозяйства — это выращивание на плантациях не одной, а нескольких видов водорослей, соседствующих в естественных биоценозах шельфа.

На созданных человеком плантациях воссоздается богатый биоценоз, компонентами которого являются также и промысловые организмы⁴. Так, среди слоевищ ламинарии особенно весной и в летние месяцы, когда она достигает 3—4 м в длину, появляются многочисленные беспозвоночные, стаи терпуга и других рыб, питающихся организмами, которые обитают среди водорослей. Под плантациями на грунте в массе поселяются морские ежи, которые питаются обрывками опадающих слоевищ, различные виды камбалы. На пластинах ламинарии оседает молодь приморского гребешка и гребешка Свифта, которая через несколько месяцев покидает слоевища и оседает здесь же на грунте. Среди ризоидов в изобилии развиваются полихеты, ракообразные, моллюски, актинии, асцидии; на различных деталях плантационных сооружений в огромном количестве оседает и развивается мидия съедобная.

Таким образом, не рассчитывая на безграничность морских богатств, уже сейчас следует переходить от активного вылова организмов к их культивированию. Создание водорослевых плантаций — это наиболее надежный путь и эффективная мера рационального использования морских богатств шельфа.

⁴ Пржеменецкая В. Ф., Климова В. Л. Эпифиты ламинарии (*Laminaria japonica*, Phaeophyta) в культуре. — В сб.: Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток, 1983, с. 110.

Сера в биосфере

А. Г. Рябошапко



Алексей Григорьевич Рябошапко, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией Института прикладной геофизики Государственного комитета СССР по Гидрометеорологии и контролю природной среды. Основные научные интересы связаны с исследованиями источников загрязняющих атмосферу веществ, их трансформации и путей выведения из атмосферы.

Весьма трудно определить то время, когда человек начал менять круговорот серы в природе. Можно предположить, что первые заметные нарушения в этом круговороте относятся к периоду возникновения пастбищного животноводства и связанной с ним эрозией почвы. Однако более ощутимо влияние человека стало проявляться с началом технической революции XIX в. Уже в 1913 г. русский ученый П. С. Коссович писал, что «для некоторых областей земного шара весьма существенным источником серы в атмосфере является сернистая кислота, образующаяся при сжигании органических веществ, главным образом каменного угля»¹. Обратим внимание на то, что название его работы звучит исключительно современно: «О круговороте серы и хлора на земном шаре и о значении этого процесса в природе».

Сегодня человек извлекает серу из литосферы целенаправленно ради самой серы (самородная сера), в виде химических соединений с добываемыми элементами (сульфидные руды металлов) и в качестве нежелательной примеси к основному про-

дукту (ископаемые топлива). Какова же дальнейшая судьба серы, вовлеченной в сферу человеческой деятельности, и каковы масштабы этого вовлечения? Прежде чем ответить на эти вопросы, следует оговориться, что по мере научно-технического прогресса меняется как структура добычи содержащих серу веществ, так и объемы этой добычи. В нашей статье речь пойдет о ситуации на начало 80-х годов текущего столетия.

В естественных природных условиях сера проходит различные этапы существования. В литосфере содержащие серу горные породы зарождаются, например, в процессах седиментаций и диагенеза осадков, затем в результате тектонических движений они подвергаются метаморфизму и в конечном итоге в процессах выветривания и эрозии разрушаются. В гидросфере сера переходит в осадочные породы. В атмосферу сера поступает в виде газов или аэрозольных частиц, которые потом вновь возвращаются на Землю. Содержание серы и скорости ее миграции в различных геосферах существенно отличаются: в литосфере серы больше чем в атмосфере, в 5 млрд раз, но скорость ее круговорота в атмосфере примерно во столько же раз выше.

Активно вмешиваясь в природные

¹ Коссович П. С. Бюро по земледелию и почвоведению. Сообщение XII. СПб, 1913, с. 86.

Сера в основных геосферах

Геосфера	Содержание серы, млн т	Среднее время жизни серы в геосфере
Литосфера	$25,5 \cdot 10^9$	180 млн лет
Гидросфера	$1,3 \cdot 10^9$	8 млн лет
Атмосфера	4,83	7 дней

процессы, человек ежегодно перемещает по поверхности планеты $2 \cdot 10^7$ млн т вещества, содержащего около $2 \cdot 10^4$ млн т серы. Большая часть этой серы так и остается в литосфере, поскольку активно перерабатывается лишь $2 \cdot 10^4$ млн т вещества, представляющего собой руды и вмещающие породы. Однако в этой части горной массы содержание серы существенно выше среднего по литосфере, и именно из этой горной массы сера активно перераспределяется между средами².

и океаны. Существенное количество серы содержат минеральные удобрения. Вместе с удобрениями в почвы ежегодно поступает 28 млн т серы. Вносимая с удобрениями сера долго не задерживается в почве и также поступает в гидросферу. Часть серы (5,6 млн т/год) из почвы извлекается с урожаем, однако, пройдя по пищевым цепям, эта сера удаляется с водным стоком. Наконец, около 32 млн т серы сбрасывается предприятиями со сточными водами непосредственно в гидросферу. Та-

Содержание соединений серы в атмосфере

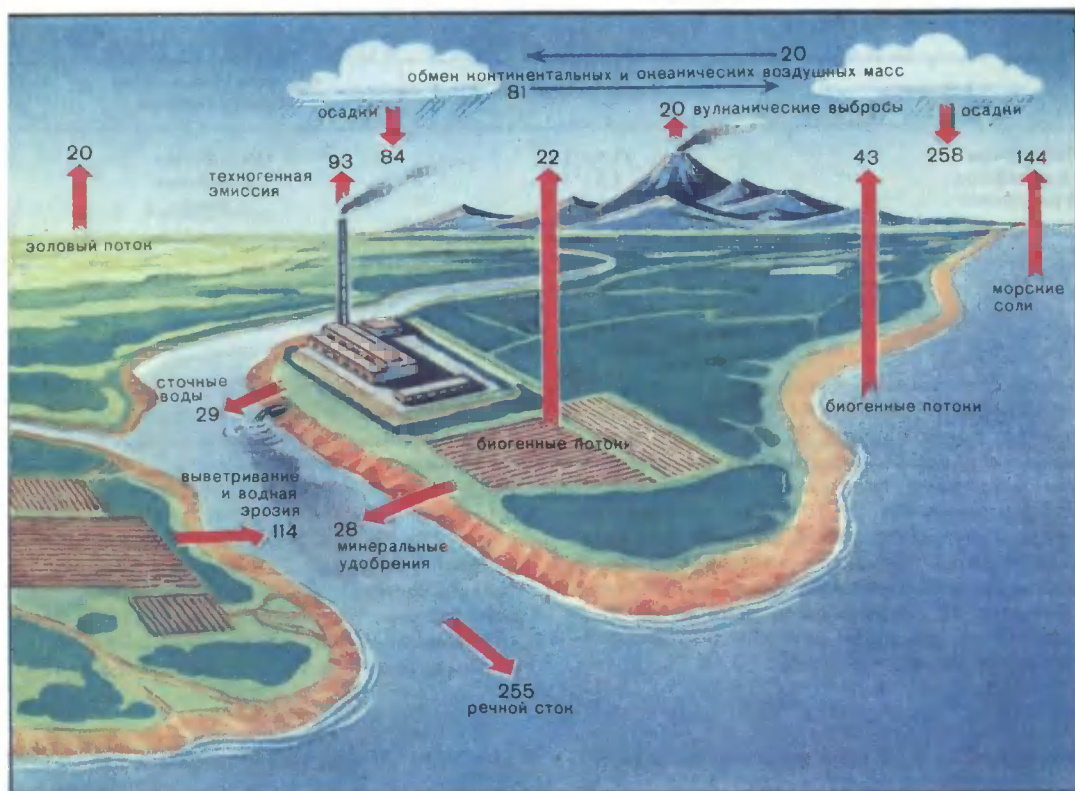
Соединения серы	Среднее содержание, млн т	Диапазон возможных значений, млн т
Короткоживущие соединения восстановленной серы: H_2S , $(CH_3)_2S$ и т. д.	0,1	0,025—0,25
Долгоживущие соединения восстановленной серы: OCS , CS_2	3,0	2,0—4,2
Двуокись серы: SO_2	0,5	0,25—0,8
Сульфатная сера (в тропосфере): SO_4^{2-}	0,7	0,4—1,2
Сульфатная сера (в стратосфере): SO_4^{2-}	0,5	0,3—0,6
Всего	4,8	3,0—7,0

По современным представлениям, из литосферы ежегодно извлекается около 150 млн т серы. В процессе переработки добываемого сырья большая часть серы (90 млн т/год) выбрасывается в атмосферу. Из атмосферы с осадками сера выпадает либо на поверхность океанов, либо на сушу, откуда достаточно быстро вымывается в реки, озера, а в конечном счете в моря

ким образом, мы видим, что вся сера, извлеченная человеком из литосферы, в конечном итоге попадает в Мировой океан.

Сравнивая величины потоков антропогенной серы между литосферой, гидросферой и атмосферой с содержанием серы в каждом из этих резервуаров, легко установить степень влияния на них человеческой деятельности. Начнем с литосферы. Величина годового извлечения серы из литосферы на восемь порядков ниже ее содержания в литосфере, поэтому здесь трудно говорить об антропогенном наруше-

² Глобальный биогеохимический цикл серы и влияние на него деятельности человека. М., 1983.



Глобальный цикл серы (середина 80-х годов). Цифры обозначают количество серы в млн т.

нии серного цикла. Следует однако заметить, что большая часть литосферной серы находится в осадочных породах ($7,7 \cdot 10^9$ млн т), а извлекается сера в основном вместе с ископаемыми топливами и сульфидными рудами цветных металлов ($1,4 \cdot 10^4$ млн т), запасы которых отнюдь не безграничны.

В Мировом океане серы так много, что даже ежегодное увеличение антропогенного стока на 2 % в ближайшие 100 лет не изменит концентрацию серы в морской воде и на сотые доли процента. С другой стороны, в пресных водоемах отдельных регионов концентрация серы за последние десятилетия в результате деятельности человека заметно возросла. Так, в водах рек Чехословакии около 80 % сульфатов имеют антропогенное происхождение³.

В наибольшей степени влияние человека сказывается на атмосферном цикле серы: годовой антропогенный выброс в настоящее время почти в 20 (!) раз превышает содержание серы в атмосфере. Это обстоятельство заставляет самым тщательным образом изучать все составляющие глобального атмосферного баланса серы.

В атмосфере сера присутствует в виде трех химических форм: восстановленной сульфидной (валентность — 2), сульфитной (валентность +4) и сульфатной (валентность +6). Сульфидная сера входит в состав целого ряда газообразных соединений, таких как сероводород (H_2S), диметилсульфид ($(CH_3)_2S$), сероуглерод (CS_2), карбонилсульфид (OS). Как правило, соединения восстановленной серы в атмосфере быстро окисляются. Так, среднее время жизни сероводорода, диметилсульфида и меркаптанов лежит в пределах от 0,5 до 1 дня. (Напомним, что под средним временем жизни понимается время, за которое исходное количество вещества уменьшается в е раз.) Исключением служит относительно инертный карбонилсульфид, среднее время жизни которого составляет около года.

³ Pačes T.— AMBIO, 1982, v. 11, № 4, p. 206.

Все эти соединения в конце концов переходят в сульфитную форму, т. е. окисляются до двуокиси серы (SO_2).

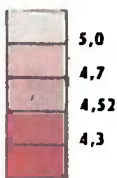
Дальнейшее окисление сульфитной серы в атмосфере — чрезвычайно сложный процесс. Оно может протекать как в газозависимых (в основном фотохимических), так и в гетерогенных реакциях на поверхности аэрозольных частиц и в жидкой фазе капель воды. В любом случае при окислении образуется серная кислота (H_2SO_4). Скорость окисления двуокиси серы зависит от многих факторов, прежде всего от интенсивности солнечной радиации, содержания и химического состава аэрозольных частиц, влажности воздуха. Летом в загрязненной атмосфере больших городов среднее время жизни двуокиси серы мало — всего несколько часов. С другой стороны, в чистом арктическом воздухе при минимуме солнечной радиации двуокись серы окисляется медленно, и среднее время жизни может достигать 2—3 недель.

В атмосфере образовавшаяся серная кислота постепенно нейтрализуется. Скорость этого процесса определяется наличием в воздухе нейтрализующих агентов, главным из которых выступает аммиак (NH_3). В результате образуются соли серной кислоты, в основном бисульфат (NH_4HSO_4) и сульфат аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). Серная кислота и ее соли присутствуют в атмосфере в виде аэрозольных частиц размером от 0,1 до 1 мкм и могут витать в воздухе достаточно долго. В стратосфере, например, капельки серной кислоты такого размера существуют около года. В нижней атмосфере содержащие сульфаты частицы живут от 2 до 10 дней и за это время разносятся ветрами на сотни и тысячи километров от места их образования.

Общее количество серы в виде тех или иных соединений определяется, с одной стороны, интенсивностью источников поступления, а с другой — скоростью выведения, т. е. средним временем жизни. Неудивительно поэтому, что в атмосфере больше всего долгоживущих соединений восстановленной серы, среднее время жизни которых составляет около года. Эти соединения достаточно равномерно распределены в атмосфере. Медленно окисляясь, именно они обуславливают наличие фоновых концентраций двуокиси серы и сульфатов в атмосфере. Отметим, что наши знания о содержании серы в атмосфере еще достаточно неопределенны; это связано с трудностями измерения фоновых концентраций и с высокой вариабель-



Распределение кислотных осадков в Европе в 1974 г. Дана цветная шкала pH осадков. По кн. The OECD Programme on long range transport of air pollutants; Measurements and findings Organisation for Economic Cooperation and Development, P., 1977]



ностью концентраций отдельных соединений во времени и пространстве.

Откуда же сера поступает в атмосферу? На протяжении всей истории Земли источником атмосферной серы были наземные вулканы. Вулканы, как известно, действуют не постоянно. В отдельные годы при мощных извержениях в атмосферу выбрасываются громадные количества серы, при этом высота выброса может достигать 30—40 км. Эти годы отмечены аномально высоким содержанием сульфатов в приуроченных к ним слоях ледников Гренландии и Антарктиды. Изучая распределение сульфатов по толще ледников, можно проследить все крупнейшие извер-

Поступление серы в атмосферу от различных источников

Источник	Поток, млн т/год	
	в настоящее время	до начала хозяйственной деятельности человека
Вулканизм	20	20
Морские соли	140	140
Биогенная эмиссия	70	70
Ветровая эрозия почв	20	10
Индустриальные процессы	90	0
Всего	340	240

жения вулканов за последние 50 тыс. лет. Однако в среднем существенно больше серы поступает в атмосферу не в периоды извержений, а постоянно и достаточно равномерно в составе фумарольных газов. По последним литературным данным, в результате вулканической деятельности в атмосферу ежегодно поступает в среднем 20 млн т серы.

Пожалуй, самым мощным источником атмосферной серы служит Мировой океан. Всем, кто бывал в морских путешествиях, известно, что даже в спокойную погоду все части судна постепенно покрываются сероватым налетом морской соли. Это мельчайшие капельки морской воды, которые в воздухе быстро высыхают и превращаются в частицы морской соли. Эти частицы могут подняться высоко в атмосферу, хотя в основном они сосредоточены в нижнем слое толщиной 1,5 км. Часть таких частиц переносится ветрами далеко в глубь континентов, но основная масса их вновь выпадает на водную поверхность. Вместе с частицами морской соли в атмосферу ежегодно выносятся около 140 млн т сульфатной серы морского происхождения.

Как известно, сера входит в состав живой материи. При ее отмирании и разложении сера в виде газообразных сульфидных соединений также поступает в атмосферу. Но самый большой вклад в биогенный поток серы в атмосферу принадлежит сульфатовосстанавливающим бактериям. Находясь в анаэробных условиях, эти бактерии восстанавливают сульфатную серу (валентность +6) до сульфидной (валентность —2). Оценить количество биогенной серы, поступающей в атмосферу,

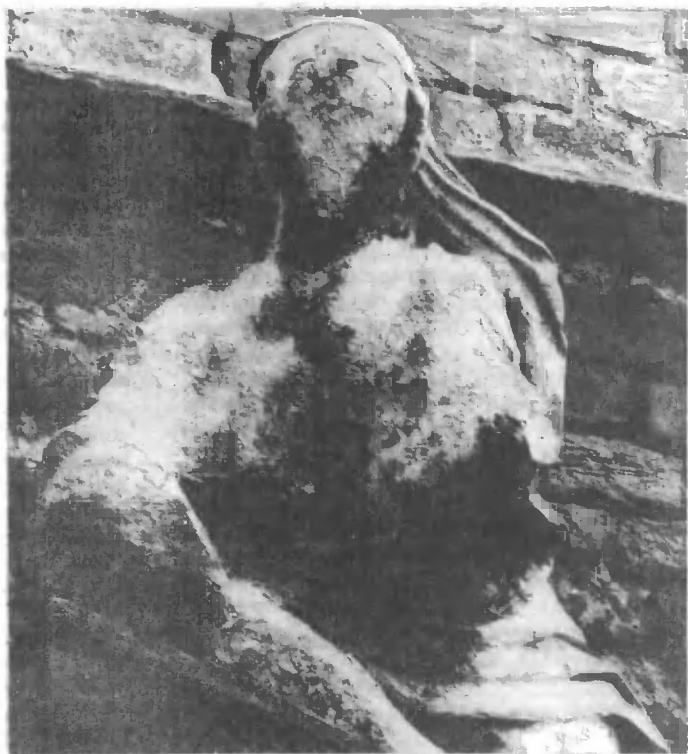
чрезвычайно трудно. Дело в том, что в одном и том же болоте или приливно-отливной зоне интенсивность выделения серы на расстояниях буквально в несколько метров может меняться на 3 порядка. Важную роль играет и температура среды. Кроме того, биогенная эмиссия представлена широким спектром различных газов, определить и измерить которые довольно сложно. Ранее считали, что биогенная сера поступает в атмосферу в основном в виде сероводорода. Однако в последнее время показано, что в толще воды или в почве сероводород быстро окисляется. Главный же поставщик атмосферной биогенной серы — диметилсульфид. В целом по планете биогенный поток оценивается величиной 65 млн т/год.

Если вулканические выбросы серы и поток с морской солью безусловно не подвержены влиянию человеческой деятельности, этого нельзя сказать о биогенном потоке, особенно на суше. Человек решительным образом качественно и количественно изменил условия существования наземных экосистем. Значительную часть суши сегодня занимают пашни, обработка которых сказывается на условиях поступления соединений серы в атмосферу над сушей, однако дать количественную характеристику изменений или хотя бы указать направление изменений в настоящее время не представляется возможным.

Еще одним и почти не изученным источником сульфатной серы в атмосфере служит ветровая эрозия почв в засушливых зонах. Поднимаемые ветром частицы почвы имеют размеры в пределах 1—100 мкм. Крупные частицы с размерами 10—100 мкм довольно быстро выпадают из атмосферы, в то время как мелкие (1—10 мкм) способны переноситься на далекие расстояния. Такой путь поступления сульфатной серы в атмосферу наиболее характерен для центральных районов Евразии, в частности для южных районов СССР. По меньшей мере половина сульфатов, растворенных в выпадающих здесь атмосферных осадках, золотого происхождения. В среднем этот поток, имеющий спорадический характер, оценивается величиной 20 млн т в год. В то же время бывают случаи, когда одна пыльная буря поднимает в воздух до 30 млн т серы в виде сульфатов! Это больше, чем выбрасывается в атмосферу при самых мощных извержениях вулканов.

Изменил ли человек величину золотого потока? Можно ответить однозначно — безусловно, да. Уничтожение травя-

Красноречивое свидетельство разрушительной силы атмосферной серы. Скульптура из песчаника, установленная в 1702 г. в замке Гертен (Земля Северный Рейн-Вестфалия, Вестфальский каменноугольный бассейн, ФРГ), почти не пострадала за два с лишним столетия (вверху, снимок 1908 г.) и разрушилась до неузнаваемости за последние 60 лет (внизу, снимок 1969 г.).



ного покрова при выпасе скота, вспашка почвы привели к усилению ветровой эрозии. Ярким примером служит ситуация в районе Аральского моря. В результате его обмеления в последние годы обнажились большие площади дна, покрытые легкопылящим слоем донных осадков с высоким содержанием сульфатов. Можно предположить, что до активного вмешательства человека в ход природных процессов золотое поступление серы в атмосферу было вполтора меньше современного. Оговоримся, что эта оценка носит в значительной степени умозрительный характер.

С развитием индустрии появился еще один источник атмосферной серы — техногенный. До середины прошлого века человек загрязнял атмосферу главным образом за счет сжигания древесины, но уже с 1860 г. заметный вклад в техногенный поток дает сжигание угля. К 1890 г. сжигание угля становится основным техногенным источником атмосферной серы. Такая ситуация сохраняется до настоящего времени. Начиная с середины нашего века опережающими темпами начало расти потребление нефтепродуктов. Соответственно резко увеличилось антропогенное поступление серы в атмосферу от сжигания нефтяных топлив. На начало 80-х годов во всем мире в атмосферу ежегодно выбрасывалось около 90 млн т серы, из которых 65 млн т — от сжигания угля и нефти¹.

Каковы же основные составляющие атмосферного бюджета серы в совокупности и как они изменились под воздействием человеческой деятельности? В настоящее время суммарное поступление серы в атмосферу оценивается в 340 млн т в год, т. е. по сравнению с доисторическим периодом оно увеличилось на 40 %. Если отдельно рассмотреть атмосферу над сушей, мы найдем, что поток серы в континентальную атмосферу возрос в 3 раза в основном за счет техногенного выброса. С экологической точки зрения чрезвычайно важным является то, что на 88 % техногенный выброс серы представлен двуокисью серы, легко вступающей в реакции и продуцирующей в самой атмосфере серную кислоту. Кроме того, техногенный выброс пространственно ограничен промышленно развитыми районами, площадь которых не превышает 8 % от площади суши. Это привело к возникновению в последние десятилетия

ряда серьезнейших экологических проблем.

Прежде всего, интенсивный выброс соединений серы в атмосферу больших городов сказался на здоровье населения. Рост городов и одновременный рост выбросов двуокиси серы крупными предприятиями и массой мелких источников тепла привели к недопустимо высоким ее концентрациям в городской атмосфере. Вспомним хотя бы лондонский серноокислотный смог 1954 г., унесший 4 тыс. человеческих жизней. Необходимо было срочно искать выход, и выход был найден: централизация систем отопления, удаление предприятий за черту города и строительство высоких дымовых труб. Но оказалось, что праздновать победу было рано. Строительство высоких труб при продолжающемся росте выбросов привело к подмене локальной проблемы загрязнения двуокисью серы региональной проблемой кислотных осадков.

Понятие «кислотные осадки» включает в себя как атмосферные осадки (дождь, снег), содержащие высокие концентрации свободных ионов водорода, так и оседание кислых субстанций в сухую погоду. Мельчайшие капли воды, возникающие при образовании облаков, активно захватывают частицы, содержащие кислые сульфаты или серную кислоту. Кроме того, в этих каплях растворяется двуокись серы и затем в жидкой фазе окисляется до серной кислоты. Вода облаков может быть чрезвычайно кислой: ее значение pH часто опускается до 2,5 и даже ниже. Формирующиеся дождевые капли или снежинки несут кислоту на землю, по пути вымывая из атмосферы дополнительные порции кислотообразующих веществ. В сухую погоду молекулы двуокиси серы и содержащие кислоту частицы захватываются элементами земной поверхности. Особенно активно такие вещества поглощает растительность из-за развитой поверхности листьев.

Кислотные осадки вызывают целый ряд негативных явлений: закисление рек и озер, снижение продуктивности и поражение растительности, разрушение металлических и каменных конструкций. В Скандинавии и в некоторых районах Северной Америки повышение кислотности пресных вод привело к частичному или полному исчезновению рыбы в тысячах озер, при этом наиболее чувствительной к закислению оказалась рыба самых ценных, лососевых пород. Увеличение кислотности поверхностных и грунтовых вод ведет к повышению миграционной способности ряда

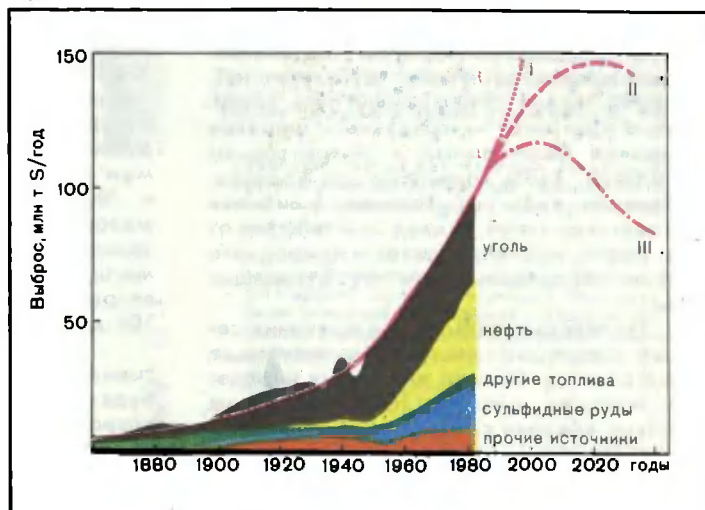
¹ Möller D. — Atmospheric Environment, 1984, v. 18, p. 19.

ядовитых тяжелых металлов и соответствующему росту их концентрации в питьевой воде.

Влияние кислотных осадков на растительность может быть как прямым, так и косвенным. В первом случае действуют в основном вещества, осевшие на поверхность листвы в сухую погоду. Высокая локальная кислотность вызывает эрозию поверхности, нарушение дыхательных функций и водного баланса растений. Особенно сильно страдают хвойные породы деревьев

ная конференция по закислению окружающей среды в своих решениях постулировала, что негативные явления закисления возможны в тех районах, где среднее значение pH атмосферных осадков опускается ниже 4,7, а темп выпадения серы с осадками превышает $0,5 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$. Такие величины в последнее десятилетие постоянно регистрируются в восточной части США и Канады, во всех странах Центральной и Северной Европы. До некоторой степени явление закисления окружающей среды характерно

Техногенный выброс серы в атмосферу. Показан вклад различных источников в загрязнение атмосферы. I — экспоненциальный рост техногенного выброса серы; II — прогноз техногенного загрязнения в случае отсутствия очистки сырья от серы (снижение серных примесей обусловлено истощением природных источников); III — прогноз техногенного загрязнения при широком применении методов очистки сырья от серы.



в зимнее время и ранней весной, когда нарушения водного баланса из-за эрозии поверхности хвои наиболее критичны. Косвенное влияние кислотных осадков на растительность обусловлено изменениями свойств почвы. Содержащие кислоту атмосферные осадки вымывают из почвы питательные вещества, приводят к нарушению физической структуры почвы, снижают продуктивность азотфиксирующих бактерий. Особая роль принадлежит алюминию, содержание которого в любой почве достаточно велико. При снижении pH почвенной влаги до 5 и ниже растворимость алюминия резко возрастает, и его соли становятся чрезвычайно токсичными для корневой системы многих видов растений.

Закисление окружающей среды охватило в последние годы значительные районы земной поверхности. Важно отметить, что оно проявляется за сотни и даже тысячи километров от источников выброса соединений серы в атмосферу. Состоявшаяся в Стокгольме в 1983 г. Международ-

и для Северо-Западных районов СССР⁵.

На повестке дня стоит еще одна проблема, на этот раз глобальная. Измерения показали рост концентрации частиц в стратосферном сульфатном слое⁶. В последние годы содержание частиц увеличивается ежегодно на $9 \pm 2 \%$. Предполагается, что причиной этого явления может быть растущий антропогенный выброс карбонилсульфида и сероуглерода. Изменение свойств сульфатного слоя в стратосфере может нарушить радиационный баланс планеты в целом, что приведет к серьезным климатическим сдвигам. Таким образом, долгоживущие соединения восстановленной серы могут стать важным климатообразующим фактором.

⁵ Израэль Ю. А. и др. Кислотные дожди. Л., 1983.

⁶ Hoffman D., Rosen I. — Science, 1980, v. 208, p. 1368.

Естественно, что в ближайшем будущем сера по-прежнему будет вовлекаться в сферу человеческой деятельности. Более того, в ближайшие десятилетия темпы ее извлечения из литосферы с ископаемыми топливами и рудами цветных металлов будут расти. Однако уже сейчас очевидно, что если не для всей планеты, то для крупных регионов насыщение атмосферы соединениями серы имеет серьезные экологические последствия. Дальнейшее загрязнение атмосферы усилит кризисную ситуацию в индустриально развитых районах мира и приведет к расползанию «кислотных лишаев» по планете.

Негативный опыт прошлого (вспомним попытку решить проблему серы с помощью высоких дымовых труб) учит нас, что единственно приемлемый путь технического прогресса — создание и широкое внедрение безотходных и малоотходных технологий. Здесь возможны два подхода: извлечение серы из топлива (наиболее перспективен такой подход при очистке от серы нефти, нефтепродуктов и природного газа) и извлечение серы из отходящих газов.

Технически проблемы извлечения серы из сырья или из газов в настоящее время решены. Однако широкому внедрению методов очистки препятствует их довольно высокая стоимость. Экономистами подсчитано, что очистка топлива или дымовых газов от примесей серы на 50 % увеличит стоимость производимой энергии на 15—20 %. Зависимость эта нелинейна: извлечение 95 % серы увеличит стоимость энергии уже в несколько раз. Однако, несмотря на экономические трудности, проблему можно решить. Прекрасным примером служит разработка технологии улавливания диоксида серы методом двойного контактирования при производстве серной кислоты. Несмотря на рост производства серной кислоты во всем мире, выброс диоксида серы в этой отрасли промышленности снижается.

Поскольку экологические проблемы серы переросли рамки городов и даже отдельных стран, их решение необходимо искать на основе международного сотрудничества. Первые шаги в этом направлении уже сделаны. В 1979 г. страны Европы и Северной Америки подписали Конвенцию о мониторинге трансграничного переноса загрязняющих веществ, в первую очередь соединений серы. В 1984 г. большинство высокоразвитых европейских стран на Межправительственной конференции в Мюнхене объявили о своей готовности принять меры к снижению выбросов серы в атмо-

сферу или ее трансграничных потоков за национальные пределы к 1993 г. на 30 % от существующего ныне уровня.

Какой же представляется ситуация в будущем? Можно рассмотреть два варианта: отсутствие внедрения методов очистки сырья от примесей серы в первом и широкое их применение во втором. По первому сценарию (кривая II на диаграмме) выброс серы в атмосферу будет расти вслед за ростом ее извлечения из литосферы. По мере истощения извлекаемых запасов топлива и минеральных руд, с одной стороны, и замены топливной энергетики на ядерную (а возможно, и термоядерную) — с другой, темпы выбросов серы будут снижаться, достигнув максимума в период 2020—2030 гг. (140—150 млн т/год). По второму сценарию, темпы роста выбросов в атмосферу начнут снижаться в ближайшем будущем (кривая III на диаграмме). Максимум выбросов будет, очевидно, достигнут к 2000 г. (110—120 млн т/год). Крайне маловероятно, чтобы удалось добиться улавливания более 30 % серы в глобальном масштабе, поэтому к 2020 г. выброс, по второму сценарию, составит не менее 100 млн т/год.

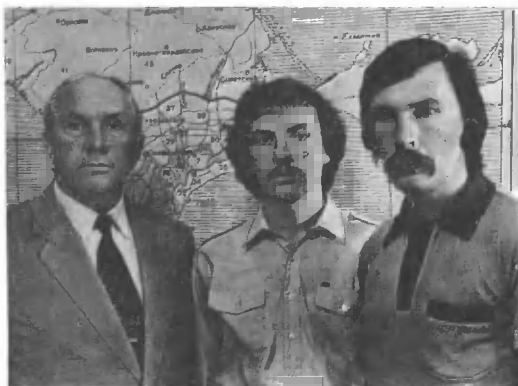
Нетрудно оценить, что по первому сценарию в ближайшие 40 лет в атмосферу будет выброшено $5,4 \cdot 10^3$ млн т серы, а по второму сценарию — $4,4 \cdot 10^3$ млн т. Таким образом, если будут широко внедряться методы очистки от примесей серы (второй сценарий), то человечество столкнется с необходимостью утилизировать за 40 лет около миллиарда тонн серы в основном в виде соединений, в настоящее время не находящихся широкого применения.

Над решением всех проблем серы в окружающей среде работают большие коллективы ученых и специалистов во всех развитых странах. Будем надеяться, что эти проблемы будут решены еще до того, как вся содержащаяся в топливах и рудах сера будет извлечена из литосферы.



Природные феномены Крыма

В. Г. Ена, Ан. В. Ена, Ал. В. Ена



Один из первых исследователей Крыма петербургский академик В. Ф. Зуев, побывав здесь в 1782 г., назвал полуостров «малой землицей... изобильно всею, от самой натуры снабженной». Другой петербургский академик П. С. Паллас сравнивал Крым с книгой, в которой естествоиспытатель «весьма много найдет того, что может послужить к изъяснению состава нашего земного шара», а выдающийся советский геолог А. Е. Ферсман, с юных лет изучавший Крым, назвал его музеем природы и своим первым университетом. Вслед за Ферсманом здесь работали крупные советские ученые В. Н. Сукачев, Л. И. Прасолов, И. И. Пузанов и др. Так что этот уникальный уголок, территория которого составляет немногим более 0,1 % всей площади нашей страны, издавна привлекает внимание естествоиспытателей. О Крыме существует немало самой разной литературы. Если раньше целью многих публикаций было привлечь внимание к красоте и достопримечательностям его ландшафтов, то теперь нужно думать о том, чтобы это «внимание» не стало губительным для природы полуострова.

Ежегодно в Крым приезжает в 3—3,5 раза больше людей, чем их здесь

Василий Георгиевич Ена, кандидат географических наук, проректор, заведующий кафедрой общего землеведения Симферопольского государственного университета им. М. В. Фрунзе. Специалист в области ландшафтной географии и заповедного дела. Автор многих книг по этим проблемам, в том числе: *Заповедные ландшафты Крыма*. Симферополь, 1983.

Андрей Васильевич Ена, аспирант Государственного Никитского ботанического сада. Занимается проблемами экологии реликтовой флоры Крыма и вопросах ее охраны.

Александр Васильевич Ена, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института минеральных ресурсов Министерства геологии УССР. Занимается геоморфологией, проблемами комплексного использования и охраны минеральных ресурсов Крыма.

живет постоянно. Если за двадцать предвоенных лет в Крыму отдыхало и путешествовало около 3 млн человек, то только за один 1984 г. область приняла почти 8 млн отдыхающих. По прогнозам, к 2000 г. их число может достигнуть 16—20 млн. За несколько веков хозяйственного освоения природные ландшафты Крыма, отличающиеся удивительным богатством и живописностью, уже были заметно изменены и преобразованы. Ныне возникла острая необходимость решить сложную проблему: как сохранить уникальные природные ландшафты полуострова при их интенсивном рекреационном использовании.

Давно уже нет спора о том, что ландшафты нужно беречь, ценить и охранять. Однако нужно разобраться в том, что именно и как ценить. А для этого необходимо выработать дифференциальную оценку каждой пяди крымской земли. Решая эту проблему, авторы предлагаемой статьи классифицировали природные феномены Крыма — наиболее ценные в научном и эстетическом отношении ландшафты — и на этой основе попытались определить оптимальные пути их заповедной охраны и организованного туристско-экскурсионного использования.

ПРИРОДНЫЙ МУЗЕЙ

С географической точки зрения в Крыму оригинально сочетаются две крупные, различные по происхождению, но тесно связанные части: горно-лесная и равнинно-степная. Горный Крым — одно из складчатых сооружений внешней зоны альпийского пояса — обладает сложной геолого-геоморфологической основой, которая определяет высокую степень ландшафтной дифференциации и интенсивности геодинамических процессов. Равнинный Крым — часть малоподвижной Скифской платформы — отличается относительной простотой геологического строения и более простым набором ландшафтов.

Чрезвычайно сложное геологическое прошлое Крыма нашло свое отражение в отложениях, имеющих самый различный возраст: от пермского до голоценового. На полуострове выявлено и описано 33 оригинальных стратиграфических подразделения. Некоторые из стратиграфических объектов приобрели всеобщую и даже мировую известность: таврический флиш Южного берега, среднеюрские вулканогенные толщи Карадага, чаудинские слои плейстоцена Керченского холмогорья. В Крыму известно около 200 минеральных видов, среди них с крымскими именами: алуштит, керченит, кеффекилит, азовскит, митридатит, камышбурунит и др.

На поверхности и в недрах многих горных массивов Южного Крыма встречаются своеобразные формы карстового рельефа: тысячи воронок, более 800 шахт, колодцев и пещер. Среди них, например, самая значительная в СССР пещера в известняках Кизил-Коба (Красная), протяженность которой превышает 13 км, и самая глубокая в Крыму карстовая шахта Солдатская (более 500 м).

Крым небогат естественными водами, но некоторые из его гидрологических объектов заслуживают высокой оценки. Таковы самый большой по высоте (98 м) водопад Учансу близ Ялты и самый мощный водопад Джур-Джур в ущелье Хапхал. Большой интерес представляют крупные карстовые источники — Карасубашинский на Караби-Яйле, Аянский на Чатырдаге, некоторые соляные озера равнинного Крыма и Керченского п-ова — места средоточения редких водоплавающих птиц: Бакал, Донузлав, Акташское и др.

Во многих отношениях интересна и живая природа Крыма, сформировавшаяся на стыке субтропических и умеренных широт. Богатая крымская флора насчиты-

Памятник природы Гора Ак-Кая.

Земляничниковый гребень — известняковый яйлинский отторжец с реликтовой вечнозеленой растительностью.

Заросли земляничного дерева в заповеднике Мыс Мартьян.

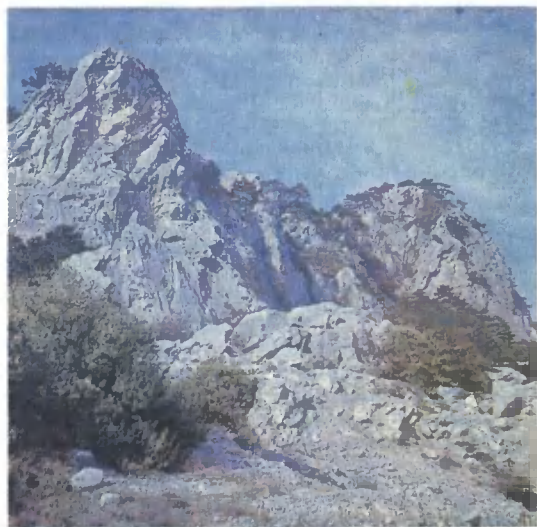
вает 2600 видов, в числе которых 95 эндемиков¹. Свыше половины всех видов — средиземноморские доледниковые реликты, многие из которых больше нигде в Европейской части СССР не произрастают. В Крымских горах распространены дубовые, буквые, сосновые и можжевельниковые леса, к сожалению, сильно пострадавшие в результате многовековых хищнических порубок, чрезмерного выпаса и частых пожаров.

В убежищах приморского ландшафтного пояса сохранились с доледникового времени фрагменты редкостных реликтовых фитоценозов с вечнозелеными видами. К наиболее примечательным древесным растениям таких сообществ относится земляничник мелкоплодный — единственное аборигенное вечнозеленое лиственное дерево во всей Европейской части страны. Эта одна из красивейших и редчайших древесных пород страны. На Южном берегу Крыма нами выявлено и описано всего около десяти популяций этого вида. Изучение земляничника мелкоплодного и реликтовых вечнозеленых кустарников помогает восстановить важнейшие страницы истории четвертичного периода в горном Крыму, определить пути сохранения их убежищ.

Растительность крымской яйлы представляет собой своеобразное сочетание нагорных лугов, луговых и петрофитных (каменистых) степей, значительно измененных в прошлом под прессом скотоводства. Здесь встречаются эндемики: ясколка Биберштейна крымский эдельвейс, эремурус крымский, смолевка яйлинская и др. Типчаковые, ковыльные и разнотравные степи равнинного Крыма почти полностью распаханы и сохранились только в виде немногочисленных разрозненных участков, нуждающихся в заповедании.

Во флоре полуострова насчитывается более 500 редких и исчезающих видов растений, нуждающихся в различной степени защиты, среди них — сосна пицундская (сосна Станкевича), клен Стевена, боярыш-

¹ Голубев В. Н., Косых В. М. — Ботан. ж., 1982, т. 67, № 9, с. 1296.





Карстовые формы рельефа в заказнике Караби-Яйла. На заднем плане памятник природы Гора Каратау со старым буковым лесом.

ник Поярковой, цикламен Кузнецова, анограмма тонколистная и др. Из этих видов 87 уже занесены в «Красные книги» СССР и УССР.

Оригинален, хотя и небогат животный мир Крыма. Фауна полуострова (прежде всего позвоночных — их около 400 видов) за последние века сильно оскудела, причем этот процесс продолжается и в настоящее время. Составленный крымскими учеными перечень редких, малочисленных и находящихся под угрозой исчезновения животных Крыма включает свыше 150 видов². Примечательно, что более 12 % видов животных, занесенных в «Красную книгу СССР», — это виды, обитающие на Крымском п-ове, в том числе летучая мышь гигантская вечерница, крымский геккон, леопардовый полоз, крымская жужелица и др.

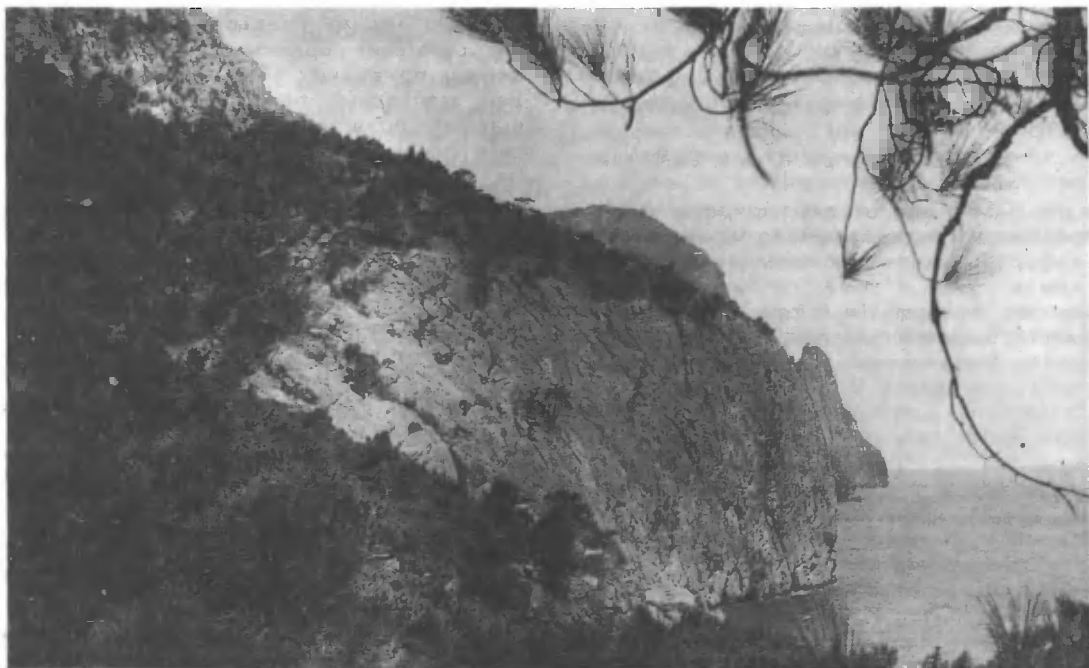
Итак, даже краткий экскурс в естественный музей природы Крыма убеждает в том, что этот уголок Советского Союза

поистине уникален. Неповторимость крымских ландшафтов связана прежде всего с наличием в них многочисленных природных достопримечательностей, которые могут служить мерой ценности того или иного объекта. Такие памятники природы (мы их называем ландшафтными уникалами) — большое народное достояние. Они, так же как и памятники истории, подлежат тщательному учету, изучению и определению характера заповедного режима.

ОЦЕНКА ЛАНДШАФТА

Конкретная научная ценность того или иного ландшафта не равнозначна. Мы проводили оценку по методике, разработанной американскими специалистами по охране природы. Использовалась составленная нами таблица, характеризующая геолого-геоморфологический, гидрологический и биологический компоненты ландшафта в баллах. Каждый из компонентов рассматривается с десяти сторон. В частности, при оценке геолого-геоморфологического компонента учитывается обилие горных пород, фигур выветривания, карстовых пещер и воронок, расчлененность рельефа и т. п. Каждый из этих десяти показателей может получить оценку от одного до пяти баллов. Например, если в ландшафте насчитывается до 10 карстовых воронок на 1 км², то он получает

² Делямуре С. Л., Ена В. Г., Мишнев В. Г., Молчанов Е. Ф. — Бюл. гос. Никитского ботан. сада. Ялта, 1978, вып. 2, с. 5.



Ландшафтный заказник Мыс Айя с лесом из пицундской сосны, можжевельника высокого и земляничного дерева.

один балл, 11—20 — два балла, 21—30 — три балла, 31—40 — четыре, и наконец, если таких воронок больше 40 — пять баллов. В целом геолого-морфологический компонент ландшафта максимально оценивается в 50 баллов.

При характеристике биологического компонента ландшафта также учитывается 10 признаков. Один из них — флористическое богатство (число видов). При этом один балл эквивалентен 50 видам. Наибольший балл (пять) получает ландшафт, если число видов в нем превышает 200.

Таким образом, максимальная суммарная оценка ландшафта теоретически может составить 150 баллов.

Используя эту методику, в течение нескольких лет мы оценили ландшафтные памятники Крыма³. Данные, полученные по каждому из них, позволили провести их классификацию и разделить на три класса. Ландшафтные уникумы, оцененные

в 116—138 баллов, отнесены к I классу (их в Крыму выявлено 37). Такие ландшафты представляют наибольшую научную ценность, и мы преимущественно рекомендуем использовать их как эталоны для экологического мониторинга. Пример объекта I класса — Карадагский древневулканический массив (138 баллов).

35 природных уникумов II класса (94—115 баллов) могут служить индикаторами развития ландшафтов. Им отводится роль естественнонаучных полигонов для проведения полевых практик студентов геологических, географических и биологических специальностей. В их числе, например, ущелье Хапхал с водопадом Джур-Джур (97 баллов). Наконец, низкобалльные (72—93 балла) памятники III класса (их 110) при соответствующих ограничениях по временам года и числу посещений могут быть широко использованы для познавательно-рекреационных, экскурсионно-учебных целей. На базе таких памятников природы целесообразно развивать также научно-методические исследования по проблемам оптимизации охраны окружающей природной среды в различных (по временам года и по объемам) условиях рекреационных нагрузок.

Оценка ландшафтных областей полуострова по степени заповедной насыщенности вместе с исследованием и картографированием природных комплексов-

³ Ена В. Г., Ена А. В. Картографирование и оценка природных комплексов-уникумов в связи с проблемой их охраны. — В сб.: 23-й Международный географический конгресс. Международная география-76, общ. физ. география. М., 1976, т. 5, с. 72.

уникалумах даје могућност наметнути пути оптималне заштите околине природне средине и планирања диференцираног коришћења природних ресурса Крима.

ЗАПОВЕДНОЕ ДЕЛО У КРИМУ

Проблема заштите природе Крима решавала се последователно и постепено с првих година постојања Совјетске државе. Већ у 1917 г. био постављен питање о оснивању у планинском Криму на месту бившег заповедника императорске ловнице (организован у 1870 г.) националног заповедника. У 1918 г. Комисаријатом земљоправства Совјетске Републике Тавриде био издан декрет «Об заштити животиња у шумама Крима». Иако иностранна интервенција и грађанска ратна година дуго задржавали претварање у живот идеја о заштити природе.

Прве практичне кораке у заштити природних богатстава полуострва везују са именом В. И. Ленина. У декрету «Об изјевљању из коришћења свежеископане земље», потписаном В. И. Лениним 23. новембра 1921 г., напомињало се, да шуме Крима, као смештене у планинским склоновима, имају заштитну вредност и не допуштају никаквих расчистака за обраћање у другог врста пољопривреде. Важним етапом на путу организованог заповедног заштите природе Крима био је ленински декрет «Об заштити споменика природе, паркова и паркова», потписаног 16. септембра 1921 г. Руководствујући овим документом, Савет Народног Комисаријата РСФСР 30. јула 1923 г. издао декрет «О планинском државном заповеднику и планинској биолошкој станици». У 1947 г. на полуострву функционисао планински заповедник и 33 споменика природе такође су били заповедни. У току наредних година заштитне територије полуострва. Тако, наші истраживања у 1958—1984 гг. дозволила су изјаснити, картографисати и описати овде још 89 ландшафтних, геолошких и биолошких споменика и, поред тога, у 15 споменика додатно охарактеризовати вредне природне особине.

По нашем предлогу, решењама совјетских органа за ове посебне природне објекте био установљен заповедни режим и одговарајућа категорија заштите. На 1. јануара 1984 г. мрежа заповедних објеката у Криму укључивала 182 јединице. Укупна величина заповедних територија и акваторија полуострва превазилазила 100 тис. га, што чини 3,6 % његове површине. То је један од највиших показатеља у Совјетском Сојузу. У најстаријем на полуострву и највећем планинском заповеднику под заштитом и научноистраживачка истраживања одвојено територија у централној делу планинског Крима. Заповедни планинско-шумски, планинско-шумски (јајлински) и делимично јужнообално-шумски природни комплекси. На заштитној територији произраста око 1200 врста виших биљака (почи полавина флоре Крима), живи више од 200 врста кичмењацих животиња (половина сусрећених у Криму). У вековним дубовим, буковим и храстовим шумама сусрећу се не само ретке планинске врсте. Велики водо-шумски, почвенски, научни и културно-образовни значај заповедника. У 1957 г. планински заповедник био претворен у планинско државно заповедно-ловно-шумско привредно-шумско привредно (површина — 33 397 га). Треба напоменути, да такав статус није предвиђен структуром нових «Типових одређења о државним заповедницима, споменицима природе, ботаничким вртама и дендролошким парковима, зоолошким парковима, заказницима и природним националним парковима», потврђених постановком Госплана СССР и Госкомитета СССР по науци и техници (1981 г.). Стога је разумно најстаријем заштитном природном објекту у Криму вратити његов старији статус заповедника. У 1973 г. на полуострву су били основани Јајлински државни планинско-шумски заповедник и заповедник Мија Мартијан. У 1979 г. заповедником постао планински масив Карадаг. Такође, у планинском Криму концентрисано велико заповедно-ловно-шумско привредно-шумско привредно (с филијалом на Лебежјим острвима у равничарској делу полуострва) и три заповедника (из 12, смештених на територији Украјине). Подчернемо, да сви ови заповедници смештени у јединственој ланд-

⁴ Ена В. Г. — Вестник Моск. ун-та, сер. геогр., 1970, № 1, с. 77; Ена Ал. В., Ена В. Г. Проблеми оптимизације система посебно заштићених природних територија Крима. — В сб.: Физичка географија и геоморфологија. Киев, 1983, вып. 30, с. 50; Ена Ал. В. Об заштити

местобитних реликтових вечнозелених листених дендрофлора планинског Крима. — В сб.: Заштита живе природе. М., 1983, с. 63.

шафтной области — крымском Южно-бережье.

Ялтинский горно-лесной заповедник охватывает южные склоны и частично яйлинские закарстованные вершины Главной гряды — от Фороса до Гурзуфа. Этот заповедник, хотя и самый значительный в Крыму (14 590 га), занимает всего 0,5 % его площади. В то же время флора заповедника насчитывает около 1400 видов высших растений — 53 % всех видов, обитающих в Крыму. Ялтинский заповедник — лесной природный комп-

лекс. Леса занимают 3/4 его территории. На горных склонах распространены высокоствольные леса из сосны крымской (они составляют 57 % всех лесов), а также широколиственные (буковые и дубовые) леса. Главное назначение заповедника — сохранение от пожаров южнобережных, особенно сосновых, лесов, являющихся водоохранной зоной и своеобразными «зелеными легкими» всесоюзной здравницы.

Заповедник Мыс Мартыан, расположенный к востоку от Никитского бота-



Схема распространения заповедных территорий в ландшафте Крымского п-ова. Римскими цифрами отмечены физико-географические области: I — Главная гряда, II — Южнобережье, III — Крымское предгорье, IV — Керченское холмогорье, V — равнинный Крым. Арабскими цифрами — заповедники: 1 — Ялтинский горно-лесной, 2 — Мыс Мартыан, 3 — Карадагский, 4 — Крымское заповедно-охотничье хозяйство.

- Парки-памятники садово-паркового искусства
- Заповедники
- Территория проектируемого природного национального парка «Таврида»
- Границы физико-географических областей

Заказники, памятники природы, заповедные урочища:

- местного значения
- республиканского значения

нического сада, занимает всего 120 га суши и 120 га прибрежной акватории Черного моря. Однако здесь, в этой приморской местности Ялтинского амфитеатрообразного ландшафта, где сохранился реликтовый высокоможжевеловый средиземноморский лес, насчитывается более 500 ви-



Формы ячеистого выветривания песчаников на участке побережья между селами Солнечногорское и Малореченское.

дов растений. Большой научный интерес на Мартьяне представляют разреженные заросли земляничного дерева (земляничника мелкоплодного). Этот реликт и еще три вида растений, обитающих вместе с ним на Мартьяне (можжевельник высокий, ремнелепестник козий и борщевик опушенный), внесены в «Красную книгу Международного союза охраны природы», ряд видов — в «Красные книги» СССР и УССР. Толща смещенных от Яйлы верхнеюрских известняков (массандровская свита), красноцветные почвы в сочетании с редкими биоценозами придают заповеднику Мыс Мартьян высокую научную ценность и ши-

рокую известность: это — натурная лаборатория Никитского ботанического сада.

Наконец, самый восточный из крымских заповедников — Карадагский — занимает территорию древневулканического горно-лесного ландшафта (2855 га суши и в том числе 809 га черноморской акватории) — между южнобережными полуостровами Меганом и Киик-Атлама. Этот ландшафтный заповедник, примечательный во всех отношениях⁵, создан прежде всего для сохранения уникальных геологических и биологических объектов и в качестве исследовательской базы Института биологии южных морей АН УССР.

Исследуются не только заповедники, но и многочисленные другие небольшие по площади ландшафтные уникумы Крыма. На этой основе пересматривается система размещения и природоохранный статус многих особо охраняемых природных территорий полуострова. Так, в последние годы, в соответствии с рекомендациями специалистов, в Крыму организовано 12 государственных заказников УССР, 12 памятников природы получили республиканский ранг. Каждый из этих сравнительно небольших по площади заказников и памятников природы по-своему уникален. Большой каньон в Крыму, например, это самое величественное на полуострове ущелье на северном склоне Ай-Петринской Яйлы. Каньон поражает суровой красотой; на всем его трехкилометровом протяжении нависают отвесные скалы из мраморовидных известняков, глубина каньона достигает 250—320 м. На дне ущелья поток выработал многочисленные каменные ванны и котлы, а на скалах растут редкие виды: тисс ягодный, иглица подъязычная, орхидея башмачок настоящий, занесенные в «Красную книгу СССР», редкие папоротники, эндемичная камнеломка и другие растения.

На живописных известняковых скалах Новосветского заказника (близ Судака) разместилась реликтовая роща сосны Станкевича (около 5000 сосен) и третичного реликта можжевельника высокого. Подобная роща охраняется в заказнике Мыс Айя (10 000 стволов).

Заказник же Кубалач в Крымском предгорье — единственное в мире местонахождение эндемичного цикламена Кузнецова — красивейшего растения, занесенного также в «Красную книгу СССР».

Астанинская плавня Керченского холмогорья является хранилищем многих

⁵ Ена Ал. В., Дубонос В. Н. Карадагский заповедник. — Природа, 1982, № 9, с. 80.



Памятник природы Сфинксы Каралезской долины.

перелетных и гнездящихся в Крыму водоплавающих птиц. Особенно интересны обитающие здесь утки огари: на озере гнездится свыше 300 семейств этих редких птиц.

В числе особенно известных заказников — горный массив Аюдаг на Южном берегу Крыма. В интрузивных породах этого «неудавшегося вулкана» — габбро-диабаз — обнаружено 18 минералов, в том числе недавно открытый здесь везувиан. Интересно отметить, что из крымского габбро-диабазы сделаны трибуны на Красной площади в Москве. В лесах на крутых склонах Аюдага встречается немало редких видов растений: земляничное дерево, фисташка туполистная, ладанник крымский, а в 1984 г. здесь было обнаружено единственное в Европейской части СССР местообитание папоротника краекучника птерисовидного. Природные редкости в памятниках республиканского значения нередко дополняются археологическими и историческими достопримечательностями. Таковы, например, руины средневекового «пещерного» города на горе Мангун-Кале, многочисленные палеолитические стоянки (эпохи мусье) горы Ак-Кая и др.

Остальные заповедные территории Крыма отнесены к заказникам и памятникам природы местного (т. е. областного) значения (всего их 119); взяты под охрану многие парки-памятники садово-паркового искусства, и в том числе Форосский, Алупинский, Ливадийский, Гурзуфский и др., и заповедные урочища.

Почти все эти объекты имеют заповедный режим, как правило, исключающий их рекреационное использование. В то же время из года в год в Крым устремляется все возрастающий поток отдыхающих и туристов. Очевидно, этот мощный поток необходимо не только оптимально рассредоточить по территории полуострова, но и, обеспечив надежную охрану природы, шире открыть ее богатства для гостей Крыма, посещающих его в учебно-научных, познавательных, туристских и оздоровительных целях. Каковы же пути решения этой сложной проблемы?

Ряд исследователей, в том числе и авторы статьи, в целях улучшения всесторонней охраны природы и направленной рекреационной организации территории рекомендуют создать здесь новую крупную заповедно-рекреационную зону — Горно-Крымский государственный природный национальный парк «Таврида». Эта проблема обсуждалась и получила одобрение на выездной сессии научного совета АН СССР по проблемам биосферы «Рациональное использование и охрана курортных и рекреационных ресурсов Крыма», состоявшейся в Ялте в октябре 1982 г.

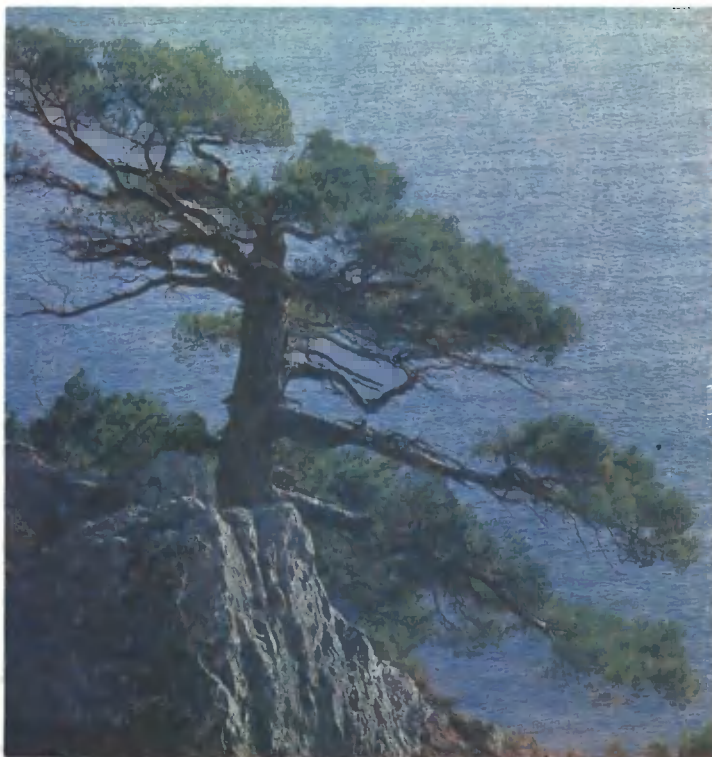
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ТАВРИДА»

Вопрос об организации в Крыму национального парка ставился научной общественностью неоднократно. Еще в феврале 1922 г. на Всероссийском научном курортном съезде в Москве об этом говорил в своем докладе известный геолог А. П. Павлов. Со специальной статьей «О национальном парке на Карадаге» выступил в 1924 г. директор Карадагской



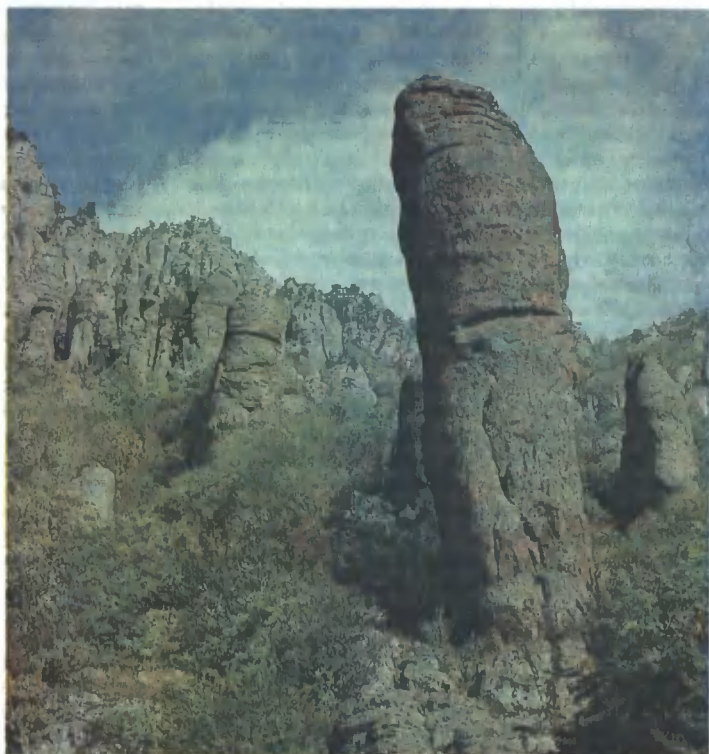
Скала Маяк в Карадагском заповеднике.

Сосна крымская в Ялтинском горно-лесном заповеднике.



Сосна пицундская в ботаническом заказнике Новый свет.

Оригинальные формы выветривания конгломератов. Долина привидений в урочище Демерджи.



научной станции А. Ф. Слудский⁶. Но если для 20-х годов, когда в Крыму ежегодно отдыхало несколько десятков тысяч человек, Карадаг с его небольшой площадью и мог в какой-то мере решать рекреационные проблемы, то теперь, когда Крым ежегодно посещают миллионы людей, проблему эту необходимо решать по-новому, в масштабах и на научном уровне, соответствующих нашему времени.

Подавляющая часть горно-лесных ландшафтов Крыма до сих пор не заповедана. Огромная масса неорганизованных, «диких» туристов устремляется сюда, нередко создавая пожароопасную обстановку и загрязняя природную среду. Было бы, однако, неправильно закрыть пути в горы для многочисленных любителей туризма, которых неудержимо притягивают к себе красоты крымских ландшафтов. Более того, есть глубокий смысл в том, чтобы расширить такое паломничество к природным достопримечательностям, которым принадлежит неоспоримая роль в экологическом и эстетическом воспитании людей. Феномены природы Крыма должны быть доступны и охраняемы одновременно! Дальнейшее же развитие сети заповедников не может решить эту двудиную проблему. Если Крым — природный музей, то разве можно его закрывать на замок?

Поэтому и возникает крайняя необходимость создания здесь природного национального парка, посещение которого будет строго регламентировано, а ознакомление с его ландшафтами пойдет только по определенным маршрутам и преимущественно группами туристов во главе с опытными проводниками. Именно такое двоякое назначение и предусмотрено положением о национальных парках, которые образуются для сохранения природных комплексов, имеющих особую экологическую, историческую и эстетическую ценность в силу благоприятного сочетания естественных и культурных ландшафтов, и использования их в рекреационных, просветительных, научных и культурных целях.

Планируя организацию парка «Таврида», необходимо иметь в виду и то, что, по данным ряда исследователей, создание ограниченных охраняемых территорий приводит к тому, что они становятся неспособными сохранить в течение длительного времени все, в особенности крупные виды организмов, а тем более поддерживать

их эволюцию. Важнейший вывод, следующий отсюда, заключается в необходимости создания возможно больших по площади резерватов, которые должны в значительной степени управляться человеком. С этой целью крымский парк должен иметь площадь порядка 300 тыс. га. В масштабах Крыма это составит немногим более 10 % его площади. Такая доля охраняемой территории, кстати, считается вообще оптимальной, по расчетам Международного союза охраны природы. Границы парка «Таврида» должны охватывать практически всю хозяйственно не освоенную горно-лесную территорию Крыма от мыса Айя на юго-западе до Карадага на северо-востоке (сюда войдут ландшафты всей Главной гряды, частично Южного бережья и Крымского предгорья). Что же касается узкой приморской полосы, где сосредоточены санатории и дома отдыха, то она останется за пределами национального парка. Исходя из международного опыта, средние допустимые рекреационные нагрузки на 1000 га национального парка составляют в год 2—3 тыс. человек. Это позволит парку «Таврида» ежегодно принимать 600—900 тыс. туристов.

Таким образом, только Горно-Крымский природный национальный парк позволит коренным образом изменить и улучшить постановку охраны природы и рационального природопользования и в то же время научно решить проблему рекреационного использования Крыма.

В заключение нужно подчеркнуть, что неверно было бы рассматривать особо охраняемые природные территории как якобы изъятые из активного природопользования, как пассивную форму охраны природы. В действительности, как справедливо утверждает ряд специалистов заповедного дела, они выступают в качестве регуляторов экологического равновесия, т. е. являются одной из самых эффективных форм природопользования, а вместе с удовлетворением рекреационных запросов общества рассматриваются как неотъемлемый элемент его социально-экономического развития⁷. Ибо, говоря словами Константина Паустовского, прекрасный ландшафт есть дело государственной важности. Он должен охраняться законом, потому что он плодотворен, облагораживает человека, создает то жизнеутверждающее состояние, без которого немислим полноценный человек нашего времени.

⁶ Слудский А. Ф. О национальном парке на Карадаге. Феодосия, 1924.

⁷ Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. Особо охраняемые природные территории. М., 1978.

Паразитологи о волке

А. А. Спасский,
академик АН МолдССР

Кишинев

Д. И. Бибииков,
доктор биологических наук

Москва

Ю. Н. Коновалов

Кишинев

Едва ли можно назвать какой-либо другой вид животных, кроме волка, значение которого в биоценозах и хозяйственной экономике столь длительно и горячо обсуждалось и привело к столь противоречивым мнениям. Споры не прекращаются и до настоящего времени, по-прежнему существуют две противоположные точки зрения: волк абсолютно вреден и потому его нужно полностью уничтожить; это полезный и необходимый вид в природных экосистемах и имеет право на жизнь как любое другое животное.

Каковы же истоки этих мнений?

Выводы о вредности волка и громадном ущербе, который он наносит, основываются не столько на результатах обстоятельных научных исследований в конкретных ситуациях, сколько на исторически сложившейся предубежденности животноводов или «природоохранной» настроенности населения. Многие видят в волке лишь виновника снижения численности охотничье-промысловых и домашних животных, активного переносчика бешенства и других болезней.

О пользе же волка стали всерьез задумываться в последние годы, когда на территориях, где он уничтожен, ухудшились породные качества диких (скорее, даже полудиких) копытных, появилась новая форма бешенства, а экологическую нишу волка заняли многочисленные одичавшие собаки, чьи стаи в некоторых местах стали наносить гораздо больший ущерб фауне, чем сам волк.

Надо сказать, что истинную роль волка в природе трудно установить, поскольку она проявляется, как правило, опосредованно и может быть выявлена да-

леко не сразу, а лишь путем длительного наблюдения и глубокого изучения целого комплекса явлений, подчас не имеющих видимой связи с волком. Его экологическая пластичность, т. е. способность менять формы поведения и пищевую специализацию в зависимости от жизненных условий, обеспечивает волку выживание и в природных, и в антропогенных ландшафтах. Именно с этим связаны трудности в решении вопросов о его вреде или пользе.

С нашей точки зрения, оценка роли волка по тем критериям, которые использовались до самого последнего времени, не может считаться объективной. Экономический ущерб обычно определяется по количеству загубленных волками домашних и диких животных, а положительная роль — по влиянию на состояние природных популяций травоядных. Такие критерии не только недостаточны, но и приводят к неверным выводам: ведь во многих местах нет четкого учета домашних животных, ставших жертвами волков; плохо документированы первичные акты о потрах скота; в обобщенных сводках подчас утрачиваются истинные причины гибели животных. Тем более несовершенен учет гибели от волков диких копытных: в бесснежное время следы хищничества выявляются случайно, данные об отходе молодняка кабанов, лосей зачастую малонадежны. Несовершенна и оценка ущерба от волка как переносчика заболеваний.

Чуть ли не единственное оправдание для волка — избирательное изъятие и уничтожение им заболевших или неполноценных особей, но и в этом учете больше недостатков, чем точных показателей.



Следует отметить, что, несмотря на разные мнения о судьбе волка, мысли многих исследователей о необходимости сохранить его в естественных биоценозах совпадают. Это и понятно, ведь в не нарушенных человеком экосистемах сообщества животных и отношения внутри сообществ формировались на протяжении всего развития животного мира. Изъятие любого звена из природного сообщества может привести к нарушению структуры всего биоценоза, а последствия таких нарушений могут оказаться не только неблагоприятными, но даже катастрофическими.

В естественных биоценозах веками складывались и отношения между паразитирующими организмами и их хозяевами. Поэтому даже и здесь, не говоря уж об антропогенных биоценозах, на наш взгляд, нельзя полностью выявить истинное значение волка, не проводя паразитологических исследований. Почему это так?

Известно, что волк является окончательным хозяином многих ленточных гельминтов (эхинококка, цепня мозгового, альвеококка, тении и др.). Жизненный цикл этих внутренних паразитов представляет собой цепочку, в которой промежуточными хозяевами служат дикие и домашние животные, а также человек. Гельминты развиваются и достигают зрелости в кишечнике волка, последние членики их тела с громадным количеством яиц попадают от него во внешнюю среду, заражая пастбища травоядных, а затем и в организм этих промежуточных хозяев. В их внутренних органах (печени, селезенке, легких, мозге) яйца вызывают до личинок, которые сосредотачиваются в своеобразных пузырях. Такие пузыри приводят к самым разным функциональным расстройствам организма промежуточного хозяина, а продукты жизнедеятельности паразита могут вызвать также общее отравление животного. На волке, съевшем зараженные внутренности больного гельминтозами животных, цепочка жизненного цикла гельминтов замыкается.

Хорошо известно, что один из видов гельминтов — однокамерный эхинококк — широко распространен почти во всех животноводческих районах и наносит колоссальный ущерб экономике. Страдают эхинококкозом и дикие копытные — олени, косули, лоси, кабаны, сайгаки, джейраны и др. Ущерб животноводству наносят и другие гельминты. Например, цепень мозговой, личинки которого развиваются в основном в тканях головного мозга овец и вызывают расстройства в координации

движений, параличи конечностей и даже смерть животных.

Казалось бы, что роль волка в распространении гельминтозов среди травоядных — домашних ли, диких ли — очевидна и никто не сможет этого отрицать. Но при внимательном анализе распространения эхинококкоза оказывается, что овцы и другие домашние животные почти поголовно бывают поражены там, где волк полностью истреблен и переносчиком гельминтозов служат одичавшие и домашние собаки. Например, в довоенные годы во многих густонаселенных районах Европейской части СССР волков было немного и собака оказалась фактически единственным окончательным хозяином в жизненном цикле эхинококка. В это время эхинококкоз достиг небывалого размаха, в некоторых местах им были поражены почти полностью овцы, около 70—80 % крупного рогатого скота и столько же свиней.

Безусловно, нельзя отрицать, что, поедая трупы павших животных, волк может сам распространять гельминтозы, опасные инфекции (в том числе бешенство), служить прокормителем многих видов пастбищных и норовых клещей, поддерживая тем самым также и очаги арбовирусных инфекций (заболеваний, переносимых членистоногими — клещами, комарами, москитами и др.). Но вместе с тем волк в какой-то мере ограничивает их распространение, не оставляя зараженных туш для многочисленных сорок, ворон, воронов, лисиц, бродячих собак, шакалов и других некрофагов, а также летних утилизаторов падали — жуков-мертвоедов, мясных мух.

Кроме того, волк убивает животных, ослабленных инфекциями, к распространению которых он не имеет отношения (бруцеллез, туберкулез, чума), и сокращает очаги этих болезней: ведь больное животное может годами сохранять жизнеспособность, удерживая в организме возбудителя и заражая среду.

Не столь очевидна отрицательная роль волка в расширении природных очагов бешенства. И бродячие собаки, и лисицы также переносят это заболевание, а волк, уничтожая бродячих собак и лисиц, ограничивает распространение возбудителя. К сожалению, подробных исследований очень мало, чтобы точно составить представление о влиянии волка на распространение бешенства. Однако о том, что он скорее ограничивает очаг этого заболевания, чем способствует его расширению, говорят даже его охотничьи приемы. Волк

убивает собак и лисиц хваткой за шею и очень редко бывает ими покусан.

Другое дело — бродячие собаки, заменившие волка там, где он уничтожен. Собаки уживаются с лисицами, антагонизм между ними менее выражен, их выводковые норы нередко располагаются поблизости друг от друга; их часто можно видеть за совместной трапезой — у трупов павших животных или у скоплений отбросов. При таких контактах они могут взаимно заражать друг друга целым рядом болезней, в том числе чумой плотоядных, бешенством и др. Съев больную собаку, волк тоже может заразиться, но дальнейшее распространение инфекции не выйдет за пределы территории, которую занимает волчья стая. Даже распространение волками инфекций (через фекалии и мочу) среди других хищников весьма ограничено, поскольку конкуренты избегают волчьих охотничьих угодий.

Мнение животноводов, охотоведов, работников охотничьих хозяйств о том, что волки забивают здоровых, хорошо упитанных диких копытных, паразитологически несостоятельно и вот почему. В эхинококковых пузырях только через полгода после заражения вызревает первый сколекс (членик тела, снабженный мощными прицепками), а финны достигают всего лишь размеров ореха лещины. В это время паразит еще не опасен для организма хозяина. Эхинококки могут много лет жить в организме промежуточного хозяина, пузыри в его внутренних органах иногда достигают веса в несколько килограммов, и даже в таком состоянии животное долго не погибает. Скорая смерть хозяина невыгодна паразиту: чем дольше живет зараженное животное, тем больше вызывает личинок в его организме.

Волк же отбирает таких больных животных еще задолго до того, как болезнь ярко проявится в поведении животного и даже скажется на его упитанности. Достаточно, чтобы снизилась выносливость или осторожность животных, и они легко становятся его добычей. Следовательно, если волк уничтожит заболевшее животное, когда в его пузыре лишь несколько сформировавшихся сколексов, дальнейшее заражение не примет больших размеров. Значит, хотя сам волк является окончательным хозяином для многих внутренних паразитов, именно его хищническая деятельность, которую вернее было бы называть профилактической, ограничивает очаг распространения паразитов среди диких млекопитающих.

Деятельность волка в естественных и мало измененных человеком биоценозах — это фактор отбора. Охотясь на диких копытных, волк как бы тренирует их выносливость, внимательность, его зубов удается избежать наиболее сильным животным. В местах, где этот хищник по каким-то причинам надолго исчез, дикие травоядные обычно утрачивают инстинкт самосохранения и скоростные качества. Появившийся вновь волк первое время в таких популяциях копытных «хозяйничает» как в стаде домашних животных. Но вскоре копытные становятся осторожными, внимательными, изменяют манеру поведения на пастбище, и даже их походка становится пружинистой.

Вся биология волка — хищничество, отношения с конкурентами и комменсалами и, в конечном счете, его роль как окончательного хозяина внутренних паразитов — указывает на недостаточность многих выполненных исследований, неправомерность категорических и однозначных заключений о его вреде без учета конкретных ситуаций. Очевидно, что совершенно необходимы многосторонние исследования экологии волка в каждом из районов, где пытаются решить его судьбу. Чтобы получить объективные данные, необходимо избавиться от предвзятых точек зрения на волка и, только освободившись от них, планировать и проводить исследования.

Конечно же, прежде всего надо выбрать надежные критерии, которые позволили бы объективно оценить пользу и вред волка, а они тоже свои в каждом конкретном месте. Даже такой, на первый взгляд, простой вопрос — больное или здоровое животное убито волком — сейчас еще решается «на глазок». Во-первых, следы волка у трупа еще не доказывают, что обнаружена жертва его охоты (особенно, если прошло несколько дней); во-вторых, осмотрев остатки туши хорошо упитанного задранный волками оленя, кабана или лося, егеря может ошибочно посчитать жертву здоровой. Ветеринарам известны многочисленные случаи, когда от гельминтозов гибнут внешне вполне здоровые животные. Хорошо упитанная овца и теленок, больные, например, ценурозом, теряют способность нормально передвигаться, упираются лбом в стенку или кружатся на месте. На пастбище такие животные отбиваются от стада и, конечно, становятся легкой добычей волка. О том, что упитанность животного, задранный волком, не есть доказательство здоровья, свидетельствуют и другие примеры.

Безусловно, всех тонкостей диагностики множества заболеваний, которым подвержены дикие копытные животные, работники охотничьих хозяйств, заповедников, охотоведы, да и зоологи знать не могут. А поскольку сведения о признаках заболеваний в полевом дневнике егеря, охотоведа или лесника, нашедшего тушу с виду здорового животного, как правило, отсутствуют, такую информацию нельзя считать достоверной. Чтобы сделать заключение, злым или добрым деянием оборачивается волчье хищничество, кроме этих специалистов, необходимы паразитологи, способные разобраться в болезнях диких животных. Вопрос о роли волка в природных биоценозах нужно исследовать заново, ведь симптомы многих болезней известны лишь для домашних животных.

Кроме того, чтобы составить заключение об отрицательном значении волка, необходимо установить не только, какие заболевания он переносит, но и каков ущерб от этого животноводству или охотничьему хозяйству; как и в какую сторону меняется активность очагов инфекций, когда место волка занимают другие хищники. Очевидно, что исследования по экологии волка должны сопровождаться изучением различных болезней не только самого хищника, но и его жертв. Без паразитологических исследований невозможно правильно оценить значение волка ни в антропогенном ландшафте, ни в дикой природе, нельзя определить, какова должна быть при этом допустимая плотность его популяции.

Разрабатывая критерии, по которым можно было бы оценить роль волка в каждом конкретном случае, нужно помнить, что он прекрасно приспособился жить в самых разных условиях и даже по соседству с человеческим жильем, причем приобретенные родителями повадки, в том числе пищевая специализация, передаются потомкам. Например, существуют семейные группы, которые охотятся преимущественно на диких копытных (в частности, лосей, ставших чрезмерно многочисленными в некоторых районах), другие кормятся мелкими грызунами. Конечно, синантропные группировки волка, которые существуют за счет домашних животных, падали, пищевых отходов, без всякого сомнения нужно истреблять. Следует также сокращать численность нетерриториальных зверей (животных, на протяжении жизни не придерживающихся определенной территории), являющихся резервом синантропных популяций. Столь же ясно, что не-

обходимо регулировать численность хищника в охотничьих хозяйствах и поддерживать ее на минимальном уровне.

Возражений против призыва сохранить волка, а не истреблять его повсеместно, немало, при этом обычно ссылаются на то, что во многих европейских странах обходятся и без него. Но именно там впервые поняли необходимость волка в биоценозах и подняли вопрос о его реинтродукции. А ведь это страны, где неосвоенные территории далеко не так обширны, как в нашей стране.

Итак, еще раз обращаясь в давней проблеме — быть ли волку, или он должен быть поголовно истреблен, мы надеемся, что в решении его судьбы примут участие и паразитологи. Очевидно только комплексные многолетние наблюдения по координированной программе позволят накопить объективные данные о волке. Совместными усилиями можно будет разработать критерии, по которым удастся точно определить меру вреда или экономической выгоды от этого хищника и в природных и в антропогенных биоценозах. А такие знания и послужат основой для управления популяциями волка в каждом конкретном районе СССР.

Рекультивация нарушенных земель на Севере

В. В. Крючков



Василий Васильевич Крючков, доктор биологических наук, заведующий Лабораторией охраны природы Кольского филиала АН СССР. Основные научные интересы связаны с проблемами экологии и охраны природы, биогеоценологии, рекультивации нарушенных земель. Работал во всех районах Севера от Чукотки до Кольского п-ова. Автор книг: *Крайний Север: проблемы рационального использования природных ресурсов*. М., 1973; *Чуткая Субарктика*. М., 1976; *Агролесомелиорация тундры*. М., 1978; *Красная книга экосистем Кольского Севера*. Апатиты, 1983. Неоднократно печатался в «Природе».

В недрах необъятных северных земель нашей страны сосредоточено около 80 % всех полезных ископаемых. Не случайно поэтому именно на Севере горнодобывающая промышленность растет все быстрее. Именно в этой отрасли работает большинство жителей новых поселков, созданных в северных районах за последние 20 лет. Хорошо известно, что при добыче полезных ископаемых приходится разрушать поверхность Земли. Поэтому, чтобы вновь пользоваться нарушенными участками, необходимо их рекультивировать. Между тем нередко еще встречаешься с мнением, что на Севере, на «бросовых» землях, где выращивать зерновые культуры нельзя, а леса низкопродуктивны, делать это необязательно. Сторонники такой точки зрения безусловно неправы.

Дело в том, что природа Севера чрезвычайно уязвима и ранима, о чем немало написано, и в том числе на страницах журнала «Природа». Воздействие промышленных объектов, и в том числе горнодобывающих предприятий, сказывается не только на тех участках, где непосредственно нарушается покров Земли, но и на значительно больших территориях, куда

попадает пыль и загрязняющие вещества. При этом площадь таких территорий на Севере в десятки раз больше, чем, например, в средней полосе и в южных районах. Существует и еще одна причина для восстановления нарушенных на Севере земель. Этот район в наши дни заселяется прочно и навсегда. В Мурманской, Архангельской, Магаданской областях, Якутской и Коми АССР появилось уже второе и третье поколение людей, отцы и деды которых некогда приехали работать на Север. Для этих людей, как и для коренных жителей, Север стал родиной. Немаловажно для них, какими будут земли этого края в будущем, а следовательно и условия жизни.

Рекультивация земель на Севере должна стать одной из необходимых мер природопользования. Пока мы имеем лишь некоторые опыт восстановления сравнительно небольших участков земли, нарушенных горными разработками. К ним прежде всего можно отнести песчаные отвалы «пустых» пород — так называемых хвостов, которые складывают после обогащения руд. Такие отвалы принято именовать хвостохранилищами. По степени отрицательного воздействия на среду они, пожалуй, занимают одно из первых мест, легко размываются дождевыми водами, загрязняя почвы, водоемы, раздуваются

¹ Крючков В. В. Стратегия охраны природы Севера. — Природа, 1984, № 1, с. 38.

и разносятся ветрами. Удалось провести рекультивационные работы на самых крупных в нашей стране и на Севере хвостохранилищах производственного объединения «Апатит» на Кольском п-ове, дающего около 80 % сырья для производства фосфатных удобрений в нашей стране.

ТРАВЫ НА ОТВАЛАХ

Обогащение руд в объединении производится на двух апатито-нефелиновых обогатительных фабриках. За 55 лет работы

альпийского ботанического сада Кольского филиала АН СССР П. М. Медведевым в 1964 г. и продолжены сотрудниками сада В. Н. Переверзевым и Н. И. Подлесной³.

С агрономической точки зрения нефелиновые пески представляют собой необычный для выращивания растений техногенный субстрат, лишенный связанного азота и органического вещества. На основании опытов на хвостохранилище, куда уже не сбрасывают хвосты, были сделаны¹ выводы, что закрепление пылящих нефелиновых

Возможные урожаи многолетних трав на хвостохранилищах объединения «Апатит» (ц/га)

Вид растения	Зеленая масса	Сено
Костер безостый	154—192	35—37
Овсяница луговая	150—190	42—45
Тимофеевка луговая	145—172	35—42
Лисохвост луговой	190—220	44—58

на них переработано около 770 млн т руды, из которой получено более 320 млн т апатитового и 40—50 млн т нефелинового концентратов. При этом около 400 млн т песчаной массы пошло в хвосты. Дело в том, что апатито-нефелиновые руды — комплексные, они содержат около 20 полезных компонентов, извлекают же из них пока только апатит и 15—20 % нефелина. Остальное идет в отвалы, в которых хранится приблизительно 180 млн т нефелина, 36 млн т пироксенов, 15 млн т апатита, 7,3 млн т сфена, 5,9 млн т титаномагнетита и т. д.² В состав этих минералов входят 22 химических элемента, среди которых имеются кальций, натрий, калий, титан, алюминий, фосфор, железо и др. Отходы обогащения сейчас находятся в трех хвостохранилищах, общая их площадь равна нескольким тысячам гектаров. По расчетам, около 100 млн т песчаной массы за 55 лет унесено из отвалов водами и ветрами.

Работы по биологической рекультивации техногенных песков хвостохранилищ были начаты сотрудником Полярно-

песков возможно, если покрыть их поверхность слоем торфа толщиной от 3 до 15 см в зависимости от участка отвала, а затем засеять многолетними травами: овсяницей красной и луговой, мятликом луговым, костром безостым, тимофеевкой луговой, лисохвостом луговым.

Исследования показали, что в песках хвостохранилищ имеется фосфор и калий. Но фосфор, не полностью извлеченный из руды, находится в недоступной для растений форме. Поэтому наряду с азотом необходимо внесение и фосфора. Зато запасы калия в доступных для растений формах в нефелиновых песках настолько велики, что даже через 8—10 лет после посева трав нет необходимости его вносить. Необходимое количество торфа, которым нужно покрыть 1 га, составляет около 500 м³; обязательны также органические удобрения (навоз, торфокомпост) в количестве 100—150 т/га. Весь комплекс мероприятий позволяет создавать на отработанных хвостохранилищах сельскохозяйственные угодья. Один из участков уже использует совхоз «Индустрия» для выра-

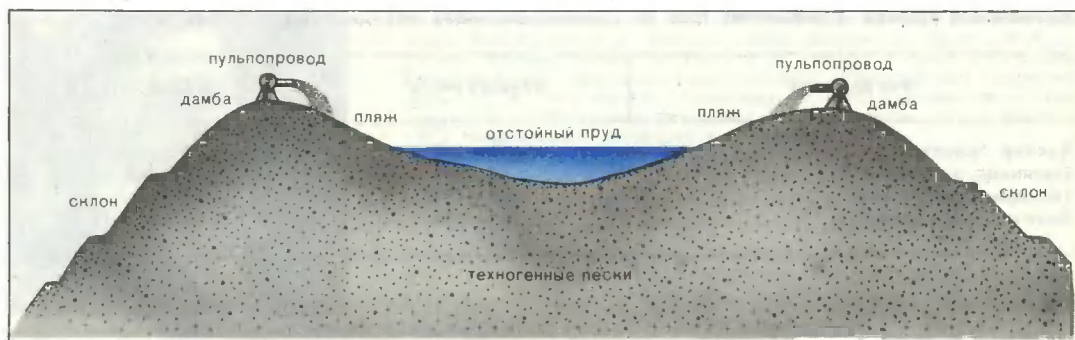
² Пузачев И. С. Проблемы сохранения хвостов обогатительных фабрик производственного объединения «Апатит». — В сб.: Добыча и обогащение руд месторождений Кольского полуострова. Апатиты, 1983, с. 122.

³ Подлесная Н. И., Переверзев В. Н. Итоги работ по биологической рекультивации хвостохранилищ п. о. «Апатит». — В сб.: Состояние природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения. Апатиты, 1982, с. 86.

щивания трав. Непременное условие получения высоких урожаев многолетних трав — постоянно обогащать техногенный песчаный субстрат органическим веществом и вносить высокие дозы азотных и фосфорных удобрений — аммиачной селитры (4 ц/га), дв. ного суперфосфата (2 ц/га).

При закреплении песков можно применять как чистые посевы, так и смеси многолетних трав. При этом травы на хвостохранилищах могут давать большие урожаи.

Корни трав смыкаются между собой



Разрез действующего хвостохранилища, постоянно растущего за счет пульпы, сбрасываемой через опоясывающие отвалы пульпопроводы. Наиболее пылящие части хвостохранилища — пляжи, которые необходимо смачивать в сухую погоду, гребни дамб и склоны, на которых уже требуется биологическая рекультивация.

и дают плотную дернину, препятствуя размыванию и развеванию песков. Другие травы уступают названным по способности скреплять песок.

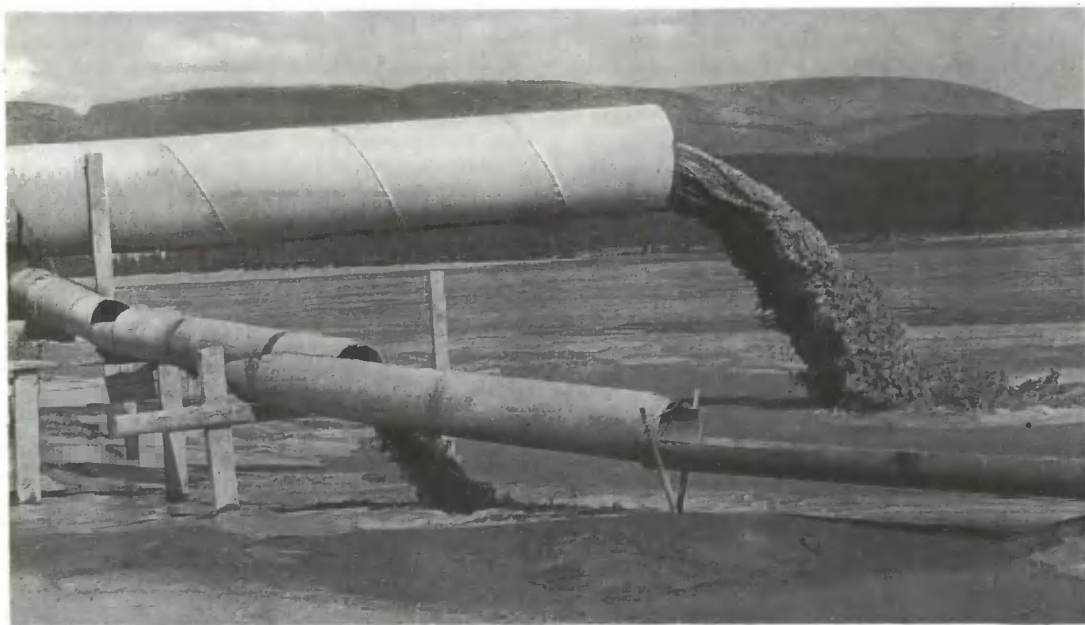
Отработанное и законсервированное хвостохранилище площадью в 100 га усилиями сотрудников Кольского филиала АН СССР и производственного объединения «Апатит» было полностью засеяно многолетними травами и перестало пылить. На очереди были действующие хвостохранилища обогатительных фабрик, каждое из которых во много раз превышает первое отработанное. Одно из них организовано в губе Белой озера Имандра, площадь его более 13 км²; толщина слоя

песка в хвостохранилище равна 23—28 м. Зеркало воды в пруде хвостохранилища, где отстаивается пульпа — суспензия тонкоизмельченной руды, сбрасываемой после обогащения вместе с водой, на 14—15 м выше уровня озера Имандра, что ведет к просачиванию загрязненной воды из отстойника-пруда в озеро.

Добиться прекращения пыления и размывания действующих хвостохранилищ значительно труднее, чем отработанных, так как они постоянно растут вверх и понемногу расширяются. Пляжи отстойных

прудов в хвостохранилищах и гребни дамб (схема хвостохранилища показана на одном из рисунков), чтобы они не пылили в периоды высыхания, приходится смачивать. Склоны дамб решено было засеять теми травами, о которых мы уже говорили. Но песок на склонах быстро высыхает; семена трав и удобрения скатываются вниз; торф в окрестностях производственного объединения «Апатит» практически исчерпан для сельскохозяйственных и других нужд. Были испробованы различные нетоксичные виды закрепителей песка; остановились на латексе СКС-65 ГП, с которым и проводила исследования сотрудница нашей Лаборатории С. П. Месляц⁴. На склонах дамб высевались семена трав, вносились минеральные удобрения, потом поверхность покрывалась 5—7 %-ным раствором латекса из расчета 1—1,5 л/м². Латексное покрытие переносит большие деформации без разрыва вследствие его эластичности, что особенно важно на песчаных склонах, и сохраняет свои противозерозионные свойства в течение двух лет. При этом потери влаги на физическое испарение снижаются. И, наконец, через латексное покрытие свободно проби-

⁴ Месляц С. П. Геогр. и природн. ресурсы, 1983, № 2, с. 67.



Сброс пульпы в хвостохранилище.

Один из участков хвостохранилища, не засеянный травами. На первом плане — остатки ранее действовавшего пульпопровода.





Склон дамбы действующего хвостохранилища, заселенный волоснецом песчаным, возраст которого 2 года.

Участок действующего хвостохранилища, покрытый волоснецом песчаным. Возраст трав 4—5 лет, их высота 110—120 см. Пыление на этом участке прекращено.



ваются всходы трав. С помощью этого метода на склонах хвостохранилищ посеяно более 6 га трав.

Хорошо зарекомендовал себя на песчаных склонах многолетний корневищный злак волоснец песчаный — местное неприхотливое растение, встречающееся на морских песчаных берегах, т. е. на самых бесплодных бедных субстратах; потому-то оно может расти и на техногенных нетоксичных песках. Волоснец песчаный хорошо скрепляет пески и предотвращает их пыление, но, к сожалению, медленно растет и начинает плодоносить на 4-й — 5-й год жизни, образуя к этому времени сомкнутый травостой. Высота растений достигает 120—140 см.

Разработанная система биологической и химико-биологической рекультивации хвостохранилищ обогатительных фабрик объединения «Апатит», а также опыт ее практического внедрения могут служить основой для разработки методов закрепления отвалов других горно-обогатительных предприятий и прежде всего там, где природные условия похожи на Кольский Север.

Говоря еще раз о необходимости рекультивации хвостохранилищ на Севере, можно вспомнить, какой большой ущерб от запыления понесла, например, Полярная опытная станция Всесоюзного института растениеводства, поля которой были расположены рядом с хвостохранилищем производственного объединения «Апатит». Станция эта была основана в начале 20-х годов нынешнего столетия И. Г. Эйхвальдом. Уже в конце 60-х — начале 70-х годов растения из коллекции, собранной Н. И. Вавиловым, — разные сорта картофеля, капусты и др. — стали гибнуть из-за запыления. Опытные участки пришлось перенести в другое место, где пыление не сказывалось. Реально это значило, что с площади более 60 га была перевезена почва — верхний плодородный 20—30-сантиметровый слой, формировавшийся почти 60 лет при внесении органических и минеральных удобрений, удалении камней, известковании и т. д. Эта почва равномерно распределялась на новом участке. По подсчетам сотрудников станции стоимость этих мероприятий превысила 2 млн руб. Примерно во столько же обошлась гибель растений.

Стоит, видимо, еще раз подчеркнуть, что в хвостохранилищах содержится большое количество ценных компонентов и их необходимо рассматривать как склады минерально-сырьевых ресурсов, которые со

временем будут разрабатываться промышленным способом. К сожалению, с этих позиций отвалы практически не рассматривались, поэтому в них выбрасывается огромное количество посторонних вещей: стертых и проржавевших трубопроводов, шпал, рельсов, бочек, автомобильных покрышек и т. п. Со временем все это будет осложнять эксплуатацию хвостохранилищ.

По самым скромным подсчетам, произведенным сотрудниками Кольского филиала АН СССР и производственного объединения «Апатит», ежегодный социально-экономический эффект от рекультивации хвостохранилищ объединения составит 1 млн 900 тыс. руб.

Еще один способ уменьшить вредное воздействие хвостохранилищ — размещать их в глубоких карьерах, которые потом не нужно будет рекультивировать.

Существуют, как известно, самые разные карьеры — небольшие и неглубокие, в рыхлых породах, в которых добывают гравий, песок, глину, и огромные, в несколько сот метров глубиной, в коренных породах. Рекультивация мелких карьеров обычно биологическая — посадка многолетних трав и деревьев. А вот что касается больших карьеров, пока методика их использования не разработана.

Учитывая опыт, существующий в южных районах нашей страны и за рубежом, на Севере можно, во-первых, заполнять глубокие карьеры водой и превращать в водоемы рыбохозяйственного значения; одновременно такие водоемы можно использовать в рекреационных целях. И, во-вторых, современная техника позволяет организовать на месте карьера или закрытый плавательный бассейн круглогодичного пользования с кварцевыми лампами, или закрытый стадион. Такое использование карьеров, с моей точки зрения, перспективно с социально-экологической точки зрения.

Возможны и такие ситуации, когда карьеры рекультивировать нецелесообразно. Таков, по-видимому, огромный карьер по добыче апатито-нефелиновых руд на плато Расвумчорр в Хибинских горах на высоте 1000 м над ур. м. Это место называют «Малой Антарктидой». Здесь господствуют каменистые россыпи; почвенно-растительный покров почти отсутствует.

РЕЗЕРВ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Специфические нарушения земель возникают при разработке россыпных месторождений с помощью драг — плаву-

чих горно-обогатительных агрегатов — в долинах рек. Так называемые аллювиальные речные отложения, состоящие из суглинка, супесей с примесью гальки, на Севере пронизаны жильными подземными льдами и скваны вечной мерзлотой. Драга работает в искусственно образованном водоеме, в результате чего мерзлый грунт оттаивает. Участок, где работала драга, коренным образом изменяется. Вместо ровной речной террасы формируется холмисто-грядовый озерный рельеф. Рыхлые аллювиальные отложения на всю толщину (5—15 м) до коренных пород полностью оттаивают. Температура почв и грунтов существенно повышается — в вегетационный период на 2—10°; летом вода в образовавшихся озерах нагревается до 18—22°, в условиях континентального климата Северо-Востока СССР такие водоемы используются для отдыха — здесь можно купаться, загорать (температура галечниково-песчаных поверхностей достигает 30—45°), в озерах можно разводить рыбу.

Учитывая существенное улучшение почв и грунтов на таких обработанных участках, их можно использовать для выращивания кормовых трав, овощей, картофеля. Только в Магаданской области земель, измененных драгами, более 100 тыс. га, из них рекультивировано пока около 100 га.

Большая работа по определению возможности рекультивации этих земель проделана сотрудниками Всесоюзного научно-исследовательского института золота и редких металлов Министерства цветной металлургии СССР и Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства Северо-Востока Министерства сельского хозяйства РСФСР⁵.

Рекультивируемый дражный участок — это сложное инженерно-биологическое сооружение, состоящее из обработанных пород, обычно гравия и гальки. Сверху наносится 20—30-сантиметровый слой рыхлого материала. Вносятся органические (не менее 120 т/га), азотные, фосфорные и калийные удобрения, а также не менее 10 т/га извести. При этом по-

лучают 180—196 ц/га зеленой массы овса или 120—134 ц/га зеленой массы многолетних трав. Здесь пригодны следующие травы: костер безостый, волоснец сибирский, райграс пастбищный, тимopheвка луговая, ежа сборная, лисохвост луговой и др. На рекультивируемых участках можно вырастить по 150—200 ц/га картофеля, здесь же выращивают лук, редис.

Опыт рекультивации и освоения участков, нарушенных при разработке россыпных месторождений на Северо-Востоке нашей страны, показывает, что это колоссальный резерв земельных ресурсов. При этом расчеты свидетельствуют, что освоение этих земель под сельскохозяйственные угодья обходится в десятки раз дешевле, чем мелиорация. И вот почему. Освоение земель под сельскохозяйственные угодья на Крайнем Севере всегда сопровождается сложным комплексом мелиоративных мер — срезанием торфяных кочек, деревьев, прокладкой дренажных канав, выравниванием рельефа и т. д. Такие изменения поверхности на вечномёрзлых грунтах ведут к неравномерному протаиванию подземных грунтовых льдов, в результате чего на поверхности снова образуются провалы, нередко заполненные водой от протаявших льдов. Провалы начинают выравниваться, засыпаться. Через несколько лет все повторяется — и так до тех пор, пока под освоенным мелиорированным участком подземные льды или полностьюрастают, или оттают до большой глубины, где уже не сказываются сезонные изменения температуры и сама температура грунтов не поднимается выше 0°. В результате гектар таких мелиорированных земель обходится в несколько тысяч рублей⁶. На тех участках, где проведены дражные работы, подземный лед полностью вытает до коренных пород. Поэтому при сельскохозяйственном освоении таких земель провалов от вытаивания льдов не образуется, и затраты на «ремонт» земель не нужны. В этом главная причина того, что рекультивация и сельскохозяйственное освоение земель на участках, где проведены дренажные работы, стоит несколько сот (а не тысяч) рублей, и урожай на них значительно выше, чем на мелиорированных, поскольку они теплее и суше.

В чем же причина того, что площадь рекультивированных и освоенных пос-

⁵ Папернов И. М., Замощ М. Н., Лазарь А. Я. Основные принципы, методика и результаты эксп. исслед. техногенеза и рекультивации в условиях Северо-Востока. — В сб.: Биол. проблемы Севера. Тезисы X Всес. симпозиума. Магадан, 1983, ч. 1, с. 293; Подковыркин В. В., Нетребов В. П., Подковыркин Н. Е. Возделывание многолетних трав на рекультивированных землях в континентальной зоне Северо-Востока СССР. — Там же, с. 295.

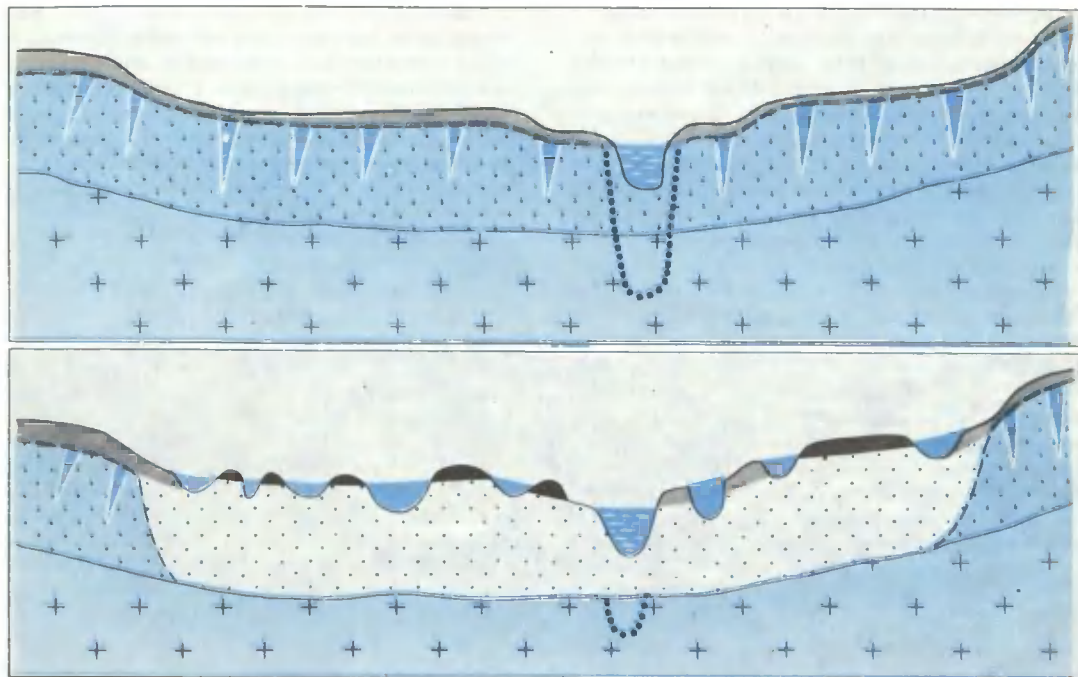
⁶ Мелиорация земель Крайнего Севера. М., 1977, с. 272.



Карьер глубиной больше ста метров. Если на Кольском Севере карьеры пересекают водоносные горизонты, то после их отработки они могут быть превращены в водоемы. Их можно также использовать как хвостохранилища.

ле дражных работ земель столь мала? Во-первых, выгода от освоения по сравнению с мелиорацией земель стала известна совсем недавно и после тех работ, о которых мы говорили. А во-вторых, подобные земли расположены довольно далеко от населенных пунктов — основных потребителей сельскохозяйственной продукции, и часто считают, что пока их осваивать нерентабельно.

Еще одно нарушение земель относится уже к транспортировке полезных ископаемых. Это неизбежное следствие прокладки на Севере самого дешевого транспорта — трубопроводов. В результате не только почти полностью уничтожается почвенно-растительный покров вдоль их трасс; на вечномёрзлых грунтах вдоль трубопроводов образуются овраги, провалы на месте вытаявших льдов и т. д., т. е. начинаются термокарстово-эрозионные процессы. Большую рекультивационную работу вдоль трасс трубопроводов в восточной части Европейского Севера выполнили сотрудники Сыктывкарского государственного университета и Управления северными магистральными нефтепровода-



Разрез участка речной долины в естественном состоянии (а в е р х у) и после разработки рассыпного месторождения с помощью драги (а и н з у). Аллювиальные отложения речной долины обычно скованы вечной мерзлотой и пронизаны жилами льда, занимающими 60—80 % объема грунтов. На таких участках в естественных условиях лишь летом оттаивает незначительный слой вечной мерзлоты. Ровные участки долины после работы драг превращаются в озера, холмы и гряды. Мерзлые грунты оттаивают, льды полностью исчезают. Зимой замерзает только незначительный слой. Выровненные участки холмов можно превращать в сельскохозяйственные угодья.

-  Аллювиальные отложения
-  Подземные жилы льда
-  Коренные породы
-  Многолетнемерзлые грунты
-  Русло реки и граница талого грунта под ней
-  Озера
-  Холмы и гряды
-  Сезонно промерзающий и оттаивающий слой грунта

ми⁷. Их опыты показали, что наиболее рациональным методом создания травянистых покрытий на горизонтальных территориях, нарушенных термокарстово-эрозийными процессами, на откосах и склонах является так называемый гидропосев, который выполняется специальными машинами-гидросеялками. Результативность гидропосева определяется подбором компонентов смеси, в которую включаются вода, семена, мульчирующие материалы, удобрения, стабилизирующие вещества. Из трав хорошо зарекомендовали себя мятлик луговой, овсяница красная, овсяница луговая.

Создан опытный образец агрегата-гидросеялки, который может доставляться к месту работы вертолетом или вездеходом.

Закрепление грунтов многолетними травами повышает надежность эксплуата-

⁷Лобовикова В. Ф., Елькина Г. В., Зарубина В. М., Ходырева С. Г.— Восстановление естественных и создание сеяных фитоценозов при рекультивации почвогрунтов на трассе нефтепровода Возей-Уса-Ухта.— В сб.: Биол. проблемы Севера. Тезисы X Всес. симпозиума. Магадан, 1983, ч. 1, с. 288; Лобовикова Н. Н., Кочетков А. А., Мотуз Н. И., Бакута А. Г., Беккер Г. Г. Оптимизация состава гидросмеси и технологии гидропосева многолетних трав на трассе нефтепровода Возей-Уса-Ухта.— Там же.

ции трубопроводов, снижает отрицательное влияние эрозии, и одновременно такие участки становятся источником дополнительных кормов.

Мы не случайно говорим о рекультивации земель, нарушенных при прокладке трубопроводов, хотя они уже не относятся непосредственно к горнодобывающей промышленности. Здесь, по-видимому, стоит сказать, что к «нарушенным» землям мы относим и участки, подвергшиеся любым нарушениям экологического равновесия — пожарам, неумеренному выпасу скота и т. п.

Тем не менее, если эти виды нарушения земель нанести на карту, они станут лишь точками и штрихами на огромных пространствах Севера. И хотя их количество неизбежно будет расти, можно считать, что мы уже умеем такие земли восстанавливать.

ШИРОКИЕ НАРУШЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Гораздо сложнее рекультивировать экосистемы, занимающие большие территории⁸, состояние которых ухудшилось из-за загрязнения. Такие земли мы также относим к нарушенным.

Так, в зонах непосредственно прилегающих к промышленным узлам, может иметь место почти полное отмирание растительности, деградация почвенных слоев, образование оврагов, в тундре и северной тайге — из-за нарушения почвенно-растительного покрова. На вечномерзлых грунтах запыление и сдирание почвенно-растительного покрова ведут к значительному изменению рельефа: образованию просадок, термокарстовых озер, новых водотоков и т. п.

К сожалению, при высоких антропогенных нагрузках сделать для рекультивации этих земель можно немного. На техногенных пустынях можно высевать лишь отдельные виды многолетних трав, которые существуют и в условиях загрязненного воздуха: на сухих песчаных грунтах — это многолетние травы рода волоснец и другие; на влажных грунтах, особенно суглинистых на вечной мерзлоте, — осока и пушица.

При уменьшении промышленных выбросов и антропогенных нагрузок в этих зонах уже можно восстановить некоторые древесно-кустарниковые растения: иву, ольху, осину, березу, так как лиственные деревья менее требовательны к качеству воздуха, чем хвойные.

В случае достижения экологических норм качества воздуха можно полностью восстановить ранее существовавшие здесь хвойные деревья.

В зонах сильно разрушенных экосистем расстроены хвойные древостои, гибнут мхи, и особенно сфагновые, полностью исчезают лишайники, очень чувствительные к загрязнению воздуха. На месте погибших хвойных деревьев необходимо подсевать, а еще лучше делать посадки лиственных деревьев. Они более устойчивы к загрязнению, очищают воздух от газообразных примесей и пыли, способствуют сохранению если не положительного, то хотя бы нейтрального баланса кислорода и углекислого газа. При уменьшении антропогенных нагрузок восстановление экосистем здесь произойдет раньше, чем на территориях, непосредственно примыкающих к промышленным узлам.

Еще дальше от предприятий, в зонах, где экосистемы нарушаются частично, уменьшается прирост и продуктивность лесов, и особенно хвойных, гибнут сфагновые мхи и лишайники, также возможны посевы и посадки лиственных деревьев на месте погибших хвойных, посевы многолетних трав вместо лишайников.

Особый объект восстановления и рекультивации — водоемы, на Севере особенно чутко реагирующие на загрязнение. Для их сохранения необходимо строго ограничить поступление в водоемы загрязняющих веществ с поверхностными водами и через атмосферу, но это уже особая тема.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Агранат Г. А.** СЕВЕР: НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ. М.: Знание, 1984.
- Крючков В. В.** СЕВЕР: ПРИРОДА И ЧЕЛОВЕК. Перспективы освоения. М.: Наука, 1979.
- Сырочковский Е. Е.** БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ СИБИРСКОГО СЕВЕРА. М.: Наука, 1974.
- Федоренко Н. П., Реймерс Н. Ф.** СБЛИЖЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ В ОХРАНЕ ПРИРОДЫ.— Природа, 1981, № 9.
- Швецов П. Ф.** МЕРЗЛЫЕ СЛОИ ЗЕМНЫЕ. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
- Швецов П. Ф.** ЖИВАЯ ВОДА В НЕДРАХ СЕВЕРА. М.: Наука, 1982.

⁸ См. сноску 1.

Экология микроорганизмов: эксперименты в природе

П. А. Кожевин



Петр Александрович Кожевин, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник факультета почвоведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Научные интересы связаны с изучением экологии микроорганизмов.

Трудно представить экологию растений или животных без изучения конкретных популяций в их естественной среде обитания. Именно такой подход позволяет выявить механизмы, регулирующие численность организмов, определить характеристики, благодаря которым популяция выживает в том или ином местообитании. Популяционное направление — это основа для решения не только научных, но и прикладных задач, таких, например, как управление полезными или вредными организмами.

Однако долгое время изучались только природные популяции высших организмов, а в экологии бактерий преобладал другой принцип: исследовались микробные популяции, выращенные на питательных средах в лаборатории, а затем полученная информация проецировалась на природное местообитание. Ясно, что сведения такого рода мало отражали состояние природных популяций, так как лабораторные «местообитания» полностью или в значительной степени контролируются исследователями, а основная черта природной среды — неопределенность ее параметров и их изменчивость. Но поскольку в распоряжении микробиологов не было

ни одного универсального метода для изучения столь малых организмов в их естественной среде обитания, оставалось одно — исследовать свойства микроорганизмов в лаборатории.

При этом возникал, конечно, вопрос о том, насколько правомочны подобные действия: ведь в результате лабораторных манипуляций могли появиться артефакты, а принятые за истинные характеристики и перенесенные на природу, они давали неверное представление о ее микробных популяциях. Однако с помощью обычной микроскопии — основного в то время метода исследования микроорганизмов — посильной задачей для микробиологов был общий количественный учет. Судить можно было только о суммарном числе клеток, обнаруженных и идентифицированных при микроскопии. Лишь в последнее время у микробиологов появилась возможность изучать бактерии не на лабораторном столе экспериментатора, а в их природной среде. Связано это с разработкой новых методов (многие из них появились одновременно в нескольких странах) с помощью которых можно отыскивать природные популяции микроорганизмов.

МЕТОДЫ ПОИСКОВ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ

Найти и изучить конкретную микробную популяцию в природе совсем не просто, хотя специалисты и знают, что ищут: они отыскивают микроорганизмы, уже известные им по музейным коллекциям. Сложность поиска состоит в том, что любая частичка природной среды как правило населена разнообразными микроорганизмами, причем их суммарная численность может превышать обилие интересующего объекта на пять и более порядков. Поэтому-то такой поиск и казался долгое время непомерно сложным, но сейчас эта задача вполне разрешима: недавно предложено несколько простых и достаточно универсальных методов, позволяющих найти среди многочисленных и разнообразных микроорганизмов популяцию только одного из них. Приведем два лучших, на наш взгляд, метода.

Первый из них — метод генетической маркировки, который состоит в следующем. Определенное количество материала из природного местообитания наносится на поверхность питательной среды, выросшие колонии микроорганизмов изучаются в лаборатории, и среди них отыскиваются такие клетки (а может быть, даже клетка), которые отличаются от всех прочих каким-либо свойством, например устойчивостью к стрептомицину. Из этих клеток выращивают колонии и продолжают их культивировать, многократно пересевая на питательные среды с возрастающей концентрацией антибиотика. В такой процедуре усиливается природное свойство исходных клеток — устойчивость к стрептомицину, — и полученный клон микроорганизмов возвращают в природное местообитание, скажем в почву (предварительно убедившись, что микроорганизм не потерял своих основных качеств, например азотфиксатор не утратил своего свойства утилизировать атмосферный азот). Через некоторое время отбирается проба почвы, все обитающие в ней микроорганизмы вновь высеваются на питательную среду, но теперь уже с антибиотиком, подсчитывается число бактерий, выросших на такой среде, и по их количеству судят об обилии данного микроорганизма в исследуемом почвенном образце. Поскольку все другие, даже очень многочисленные микроорганизмы исходно не обладали устойчивостью к стрептомицину, они не растут на среде с антибиотиком и потому не мешают подсчету исследуемого организма.

Второй метод — иммунофлуоресцентная микроскопия — основан на хорошо известной специфичности иммунных реакций. Первоначально он предназначался в основном для быстрого определения возбудителей различных заболеваний, но в настоящее время его применяют не только в медицинской микробиологии, но и в экологии микроорганизмов в целом. Взятые из коллекции клетки микроорганизма, популяции которого необходимо изучить в природе, вводят в организм животного, в ответ в его крови появляются антитела, способные взаимодействовать только с данными микробными клетками. Выделенные из крови животного антитела метят специальным красителем — флуорохромом — и обрабатывают ими препарат из природного местообитания. Если в пробе имеются клетки исследуемой популяции, антитела прикрепляются к ним, после чего популяцию можно надежно выявить и определить ее численность с помощью флуоресцентной микроскопии.

ОСОБЕННОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Воспользовавшись любым из методов, позволяющих обнаружить ту или иную популяцию бактерий в природной среде, микробиологи лучше всего изучили почвенные микроорганизмы и получили интересные и даже неожиданные результаты. Чтобы показать их необычность, кратко охарактеризуем привычное до того представление о выживаемости микробов в почве.

Известно, что микроорганизмы фекалий и возбудители различных заболеваний, попадая в почву, обычно отмирают, т. е. почва самоочищается¹. Почему это происходит, пока неясно. Предполагается, что по крайней мере отчасти самоочищение есть результат противодействия со стороны сложившегося в почве комплекса микроорганизмов². Среди специалистов постепенно утвердилось мнение об универсальности самоочищения и распространилось даже на неболезнетворные микроорганизмы. В микробиологии устоялась точка зрения, что всякая внесенная в почву чуждая ей популяция будет уничтожена именно благодаря способности почвы к самоочищению.

¹ Мишустин Е. Н., Перцовская М. И., Горбоя В. А. Санитарная микробиология почвы. М., 1979, с. 41.

² Никитин Д. И., Никитина Э. С. Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты бактерий. М., 1978.



Микрофотография колонии клубеньковых бактерий. С помощью иммунофлуоресцентного метода впервые удалось увидеть, что эти бактерии образуют небольшие колонии в почве. Раньше считалось, что они способны жить только в корневых клубеньках бобовых растений.

Прямая проверка того, действительно ли гибнет в почве популяция бактерий, не встречающихся в ней, не проводилась из-за имевшихся тогда методических трудностей. Более того, казалось даже, что в прямом эксперименте нет и необходимости. Среди выращенных в лаборатории бактерий, населяющих любую почву, всегда отыскивались такие организмы, которые действительно были способны уничтожить новый для этой почвы вид. Независимо от того, были ли это антагонисты, подавляющие рост новосела антибиотиками, конкуренты за пищу, приводящие его к голодной смерти, или хищники, для которых новый вид оказывался жертвой, ему не удавалось выжить в лабораторных условиях.

Но если основываться только на лабораторных опытах (хотя и многочисленных), непонятно, как же сосуществует громадное множество почвенных бактерий в одной и той же природной среде при наличии и антагонистов, и конкурентов, и хищников. Нужно было искать всему этому объяснение, и оно нашлось, когда микробиологический эксперимент был перенесен в природу.

Наиболее обстоятельные в настоящее время опыты выполнены с клубеньковыми бактериями — микроорганизмами, которые живут на корнях бобовых растений и для своей жизнедеятельности утилизируют атмосферный азот. Клубеньковые бактерии широко используются в качестве бактериального удобрения (нитрагина) в мировой сельскохозяйственной практике, за его счет в нашей стране получены, например, прибавки урожая соевого зерна — 2—

4 ц/га, семян гороха и люпина — по 1—2 ц/га, зеленой массы этих же культур — 80—100, по 6—8 ц/га клевера и люцерны³. Этим и обусловлен интерес к экологии симбиотических азотфиксаторов.

Согласно классическим взглядам, клубеньковые бактерии в основном развиваются на корнях растения-хозяина, а вне этой зоны, т. е. в почве, обречены на гибель. Неудивительно поэтому, что неудачи в их практическом применении часто объясняли действием хищников, антагонистов, конкурентов. Однако первые же экспериментальные проверки, выполненные с помощью иммунофлуоресцентного метода, показали, что клубеньковые бактерии в почве не погибают, а долго сохраняются в ней, их численность стабилизируется на достаточно высоком уровне⁴. Этот неожиданный результат вначале вызывал сомнения и был охарактеризован как «аномальная долговечность». Но в дальнейшем стабилизация была подтверждена в опытах разных исследователей и теперь рассматривается как фундаментальное свойство клубеньковых бактерий.

Затем стабилизация численности была установлена и для ряда других неболлезнетворных микроорганизмов. Кроме того, с помощью того же иммунофлуоресцентного метода удалось показать, что некоторые болезнетворные популяции тоже хорошо сохраняются в чуждых для них природных местообитаниях.

За счет чего же приспосабливаются такие микроорганизмы, по каким критериям можно судить об их приспособленности? Ясно, что вселенный в новую природную среду микроорганизм проходит проверку на выживаемость в полном объеме. Судьба популяции всецело определяется ее способностью существовать в предложенных ей (и до конца не ясных исследователю) условиях: ведь единичная малая почвенная частица являет собой разнообразие микрорзон или микроучастков с различными условиями (с кислородом и без него, неоднородностью по кислотности, пищевым ресурсам и т. д.). О том, что это разнообразие велико, можно судить по микроорганизмам, выделенным из какого-либо комочка почвы: они могут характеризоваться самыми разными типами питания и потребностями (например, одни

³ Биологические основы плодородия почвы. Под ред. Берестецкого О. А. М., 1984, с. 138.

⁴ Звягинцев Д. Г., Кожевин П. А. — Микробиология, 1974, т. 43, № 5, с. 888.

могут расти только в бескислородной среде, а другие используют кислород для дыхания).

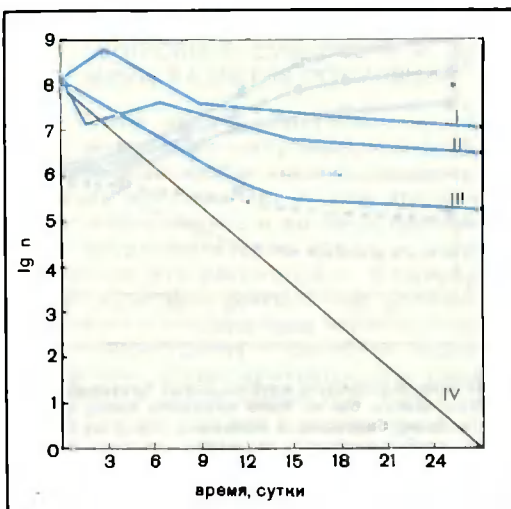
По мнению автора статьи, приспособленность к данной среде обитания может считаться, во-первых, та популяция, численность которой стабилизируется на некотором, даже малом, но не равном нулю, уровне; во-вторых, процесс стабилизации должен иметь динамический характер, т. е. следует проверить, размножаются ли клетки популяции или гибнут. Это существенно и потому, что некоторые микроорганизмы могут образовывать покоящиеся формы (споры) и в таком неактивном состоянии десятилетиями сохраняться в природе. Но наличие таких спор не будет свидетельством идеальной приспособленности микроорганизма к среде.

Знать о приспособленности или не приспособленности какого-то микроорганизма к конкретной природной среде очень важно. Эту экологическую характеристику можно использовать, чтобы понять, выживут ли бактерии, обитающие, например, в воде, если они попадут в почву; или когда речь идет о микроорганизмах, не существующих в природе, т. е. тех, чьи свойства радикально изменены методами генной инженерии. Не изучить приспособленность таких микроорганизмов — значит было бы заранее пренебречь контролем за ними.

Безусловно, критерии, по которым можно судить о приспособленности бактерий к новым условиям обитания (стабилизация численности на некотором уровне, динамический характер стабилизации), относительны, поскольку каждый из них имеет ограничения. Так, чтобы понять, стабилизируется ли численность популяции, или микроорганизмы обречены на гибель, важно знать время, необходимое для наблюдений. Например, для организмов, подобных кишечной палочке — эталона несвойственной почве микрофлоры, достаточно ограничиться сроком в 1—2 месяца; наблюдения за другими видами разумнее вести в течение года, а иногда и дольше. За такое время любой организм испытает совместное действие факторов среды во всем диапазоне их значений.

Однако, несмотря на ограничения, природный эксперимент на популяционном уровне — это прямой способ оценить приспособленность конкретного микроорганизма к определенному местообитанию. Вместе с тем не следует думать, что такой эксперимент решает сразу все вопросы или отвергает лабораторные приемы. Так же

как в экологии растений и животных, для расшифровки наблюдаемых явлений в мире микроорганизмов нужны исследования в контролируемых условиях. Сейчас лабораторные методы изучения экологии микроорганизмов очень изменились. Прогресс связан с введением проточного культивирования — контролируемой системы, в которую в заданном режиме поступают питательные вещества и выносятся неиспользованные пищевые ресурсы и продукты жизнедеятельности. Это позволило дать строгое математическое описание роста



Динамика численности популяций клубеньковых бактерий (I), актиномицета (II), артробактера (III) и кишечной палочки (IV), внесенных в почву. Видно, что численность популяций (n) первых трех микроорганизмов колеблется в течение нескольких суток, а затем стабилизируется на определенном уровне; численность кишечной палочки начинает падать сразу, и меньше чем через месяц популяция погибает. Проследив за изменением численности микроорганизмов, внесенных в любую природную среду, можно понять, какие виды приспособлены к обитанию в ней, а какие нет.

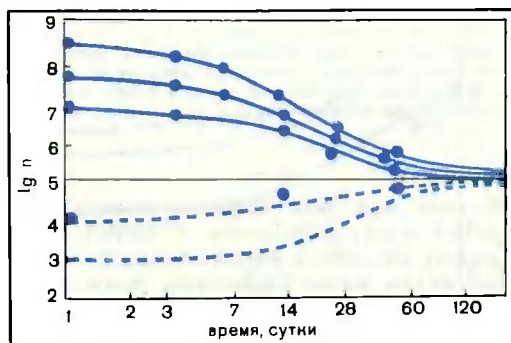
микроорганизмов в зависимости от условий. Кроме того, используя разные технические решения поточного культивирования, можно моделировать различные местообитания⁵.

Разумеется, в общем случае такие модели не отражают всю сложность реальной природной среды; любой лабораторный подход правомочен до тех пор, пока

⁵ Печуркин Н. С. Популяционная микробиология. М., 1978.

при сравнении с оригиналом лабораторные отклонения малы. Оригиналом же, по моему убеждению, должны служить данные, полученные непосредственно в природе.

Итак, теперь есть методы поиска природных бактериальных популяций; у микробиологов появилась возможность изучать их экологию не у себя на столе, а в природной среде, по этим результатам можно судить о приспособленности любых микроорганизмов к той или иной природной среде. Как же регулируется их



Динамика численности клубеньковых бактерий в черноземе. Каким бы ни было исходное число внесенных в почву бактерий, в конечном счете их численность стабилизируется на одном уровне. Разница лишь в том, что при высокой исходной плотности преобладают механизмы, снижающие численность микроорганизмов (хищничество, конкуренция, антагонизм), а при низкой плотности клубеньковые бактерии продолжают жить за счет помощи почвенных микроорганизмов-гидролитиков. [Масштаб по горизонтальной оси — логарифмический.]

численность в новой среде обитания и как обеспечивается их выживаемость?

МЕХАНИЗМЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ ЧИСЛЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ

Рассмотрим их на примере клубеньковых бактерий. Динамика численности этих бактерий, внесенных в нестерильную почву, обычно удовлетворительно описывается универсальным уравнением ограниченного роста популяции в природе (любых организмов):

$$N = \frac{K}{1 + [(K - N_0)/N_0]e^{-rt}}$$

где r — удельная скорость роста, t — время, K — уровень стабилизации численности, или емкость среды, N_0 и N — показатели исходного и текущего обилия организма.

Уравнение отражает тот факт, что популяция в конечном счете не погибает, а ее численность стабилизируется на уровне K .

Если популяция, попав в новую природную среду, не погибает, ее сохранность поддерживается точно так же, как и при снижении численности популяции, исходной для данной среды обитания⁶. На малочисленную популяцию снижается отрицательное действие антагонистов, конкурентов и хищников. Это и понятно, поскольку при низкой численности хищникам, например, пришлось бы преодолевать большие, чем всегда, расстояния от одной жертвы к другой и количество жертв в их рационе уменьшилось бы. В такой ситуации в природе хищники обычно переключаются на другой вид жертвы, наиболее обильный в данное время. Кроме того, почва — это гетерогенная среда, в ней велико число убежищ, и микроколониальность здесь является своеобразным защитным механизмом. Возможно, в почве действуют и другие, пока не установленные исследователями факторы.

Но дело не только в том, что по мере снижения численности клубеньковых бактерий неблагоприятные для них механизмы ослабевают. Из природного эксперимента стало ясно и другое: существует компенсирующий механизм, который способствует размножению популяции именно в нестерильной почве, содержащей собственную микрофлору. В воде, в стерильном песке, а с некоторого времени и в стерильной почве клубеньковые бактерии гибнут, причем время, за которое численность популяции уменьшается в 2 раза (время полужизни популяции), часто не превышает 30—50 часов. Этого нет в природе, значит, в нестерильной почве существует источник питания, достаточный для сохранения равновесия популяции в условиях внутривидовой конкуренции.

Что же это за источник?

Размножение клубеньковых бактерий, т. е. образование ими колоний, по данным микроскопии, происходит в микроразонах с частицами целлюлозы или пустыми отмершими гифами грибов, причем здесь же всегда есть и почвенные микроорганизмы. Клубеньковые бактерии сами не могут использовать целлюлозу и другие сложные соединения, поскольку не имеют внеклеточных гидролаз (экзогидролаз) — фер-

⁶ Кожевин П. А. — Доклады МОИП: зоол. и ботан. Новые данные об экологии и охране флоры и фауны СССР. 1979, с. 98.

ментов, расщепляющих полимеры на легкодоступные простые соединения. Оказывается, эту функцию в почве выполняют микроорганизмы-гидролитики (имеющие экзо-гидролазы), они-то и обеспечивают клубеньковых бактерий пищей. Бактерии, подобные клубеньковым, которые не имеют внеклеточных гидролитических ферментов, а пользуются продуктами жизнедеятельности гидролитиков, сейчас выделяют в особую группу, названную микрофлорой рассеяния в круговороте углерода⁷.

Итак, судя по результатам изучения популяций клубеньковых бактерий в природе, они могут выживать в составе почвенной микрофлоры рассеяния, вопреки распространенному раньше взгляду об их неприспособленности к обитанию в почве. Кроме того, оказалось, что они могут жить и на продуктах жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов за счет окисления водорода и жирных кислот.

Подведем итог. Клубеньковые бактерии могут развиваться в природе на продуктах микробного разложения органики, образуемых как при наличии кислорода, так и без него. Такая способность, несомненно, связана с их всеядностью, но сейчас важнее подчеркнуть, что, если в природной среде нет растения-хозяина, именно почвенные микроорганизмы обеспечивают клубеньковых бактерий пищей. Следовательно, такие микроорганизмы и являются регулятором, поддерживающим жизнеспособность популяции, попавшей в необычные для нее условия.

Теперь, когда ясны механизмы регуляции численности клубеньковых бактерий, можно по-новому взглянуть на давно поставленную задачу — управлять микробными популяциями в природе. В отношении азотфиксаторов она сформулирована в 1915 г. В. Л. Омелянским, который, кстати, считал бессмысленным вносить в почву горсть бактерий, не создав прежде условий для их выживаемости. Поскольку эффект клубеньковых бактерий как удобрений при прочих равных условиях зависит и от их численности в почве, как видно, его можно повысить. Для этого не надо применять удобрения повторно или увеличивать первую дозу, достаточно перестроить уровень стабилизации, т. е. повысить емкость среды. А это легко сделать, просто добавив солому: ее переработают микроорганизмы-гид-

ролитики, а образовавшиеся продукты послужат пищей для клубеньковых бактерий⁸.

Не менее актуальна и, как показывает опыт, вполне реальна цель, связанная с уничтожением нежелательных в природной среде популяций⁹. С помощью математической модели можно предугадать, как будут развиваться такие микроорганизмы, а следовательно, оценить время воздействия и его способ, чтобы перевести популяцию на минимальный уровень численности, при котором она уже не сможет существовать.

МИКРОБНЫЕ СУКЦЕССИИ И ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ПОПУЛЯЦИЙ

Ставя задачу управления численностью микробных популяций, необходимо помнить, что любая из них существует в сложном сообществе. А для этого мало знать закономерности, которые проявляются в продолжительное время и которые мы только что рассмотрели. В природной среде структура микробного сообщества постоянно и закономерно перестраивается. Такую перестройку в экологии называют сукцессией, характеризуется она следующей общей закономерностью. Когда число факторов, определяющих структуру системы, невелико, т. е. система «молодая», в ней преобладает ограниченное количество так называемых г-стратегов — организмов с высокой скоростью размножения. Со временем в действие вступает все больше экологических факторов, поскольку сама физическая среда в результате развития организмов становится более разнородной. На поздних стадиях, в «зрелой» системе, растет разнообразие организмов, выравнивается численность разных популяций за счет того, что г-стратегов становится меньше, а количество К-стратегов (медленно растущих организмов с повышенной конкурентоспособностью) увеличивается¹⁰.

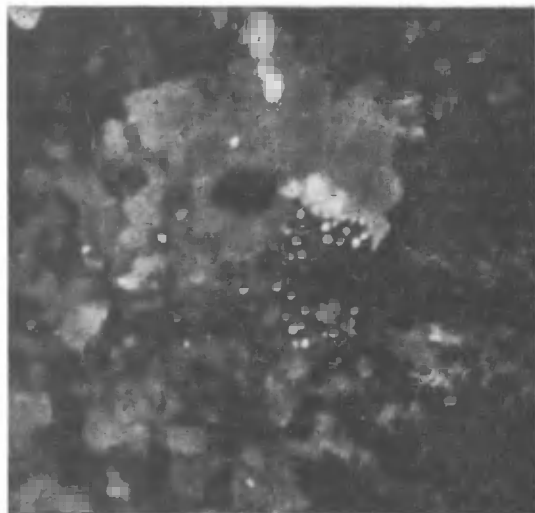
Если бы микробиолог располагал исчерпывающими сведениями о структуре микробного сообщества, выбрать тактику управления популяциями было бы легко. Пока, к сожалению, такой информации нет, но проследить за перестройкой структуры все же можно. Для этого достаточно со-

⁷ Эварзин Г. А. — Ж. общ. биол., 1970, т. 31, № 4, с. 386; Он же. — Известия АН СССР, сер. биол., 1976, № 1, с. 121.

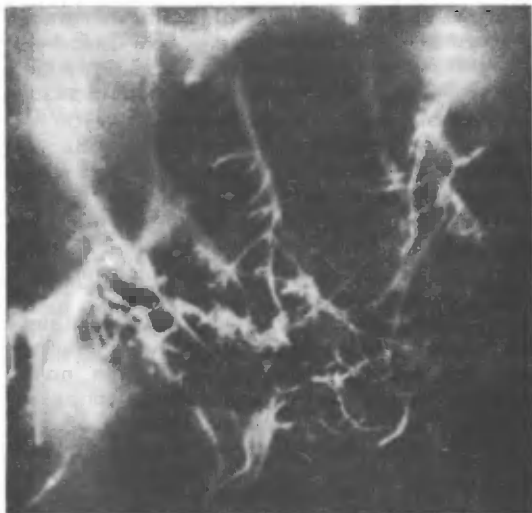
⁸ Лисицкина Г. А., Кожевин П. А. — Микробиология, 1984, т. 53, № 2, с. 345.

⁹ Полянская Л. М. — Микробиология, 1985, т. 54, № 1, с. 84.

¹⁰ Одум Ю. Основы экологии. М., 1975, с. 325; Пианка Э. Эволюционная экология. М., 1981, с. 137.



Клетки почвенных бактерий (слева) и нити актиномицетов. В почвенной частице они составляют сложное сообщество, структура которого напоминает калейдоскопическую картинку, меняющуюся по определенным законам.



поставить численность микроорганизмов, высеянных из почвы и выращенных на богатой питательной среде в лаборатории, и общее количество бактерий непосредственно в природном образце. Минимальное расхождение в полученных результатах, как правило, характеризует «молодую» систему, в которой процветают г-стратеги, а наибольшее — «зрелую» систему с большим числом К-стратегов¹¹.

Нельзя ли заранее выяснить экологическую стратегию популяции микроорганизмов, воспользовавшись теми знаниями, которые получены в лаборатории?

Вспомним прежде, что скорость роста г-стратегов высока, а потому они способны к популяционным «взрывам». Численность же К-стратегов сохраняется на равновесном уровне К. Поэтому для определения стратегий можно воспользоваться количественными характеристиками роста популяций в лаборатории. Для простоты ограничимся тремя основными показателями кинетики роста¹². Первый из них — максимальная удельная скорость роста микробной популяции. Второй показатель — кон-

станта насыщения, т. е. концентрация пищевого ресурса, при которой скорость роста равна половине максимальной (эта константа как бы очерчивает благоприятную область концентраций питательного вещества: чем она меньше, тем лучше популяция переносит недостаток пищи). И наконец, третий показатель, который отражает траты энергетического ресурса на поддержание жизнеспособности без размножения, т. е. на обмен макромолекул, осморегуляцию, подвижность и т. д. (приблизительно этот показатель обратно пропорционален времени полужизни популяции при голодании, периоду, в течение которого численность ее уменьшается в 2 раза).

Зная эти три показателя, можно представить цепь событий, развивающихся в почвенном сообществе микроорганизмов после внесения в почву органического вещества¹³. На первых этапах сукцессии пища в избытке, и развиваются в основном быстрорастущие популяции. Как только источник пищи начинает иссякать, их численность падает, но увеличивается количество микроорганизмов, растущих быстро именно при дефиците пищи. Чем больше отношение максимальной скорости роста к константе насыщения, тем выше шансы на победу таких бактерий в соревновании с конкурентами. Наконец, когда ресурс почти исчерпан, преимущество получают микроорганизмы с малыми тратами на поддержание жизни.

Теперь, чтобы ответить на вопрос, можно ли по лабораторным характери-

¹¹ Кожевин П. А., Звягинцев Д. Г. — Доклады АН СССР, 1980, т. 250, № 2, с. 461; Кожевин П. А. и др. — Микробиология, 1980, т. 49, с. 335.

¹² См. сноску 5.

¹³ См. сноску 6.

кам роста определить относительное место микробной популяции в природной сукцессии, сравним клубеньковые бактерии, считавшиеся чуждыми почве, с типичными почвенными бактериями рода артробактер. По скорости роста в лаборатории артробактер не намного опережает клубеньковые бактерии, отсюда можно сделать вывод, что и в природе их экологические стратегии или близки, или артробактер является *r*-стратегом. Для большей точности полезно было бы привлечь данные о концентрации пищевого ресурса, но это сложно, поскольку неизвестно, какой именно ресурс ограничивает рост объектов в почве. Остается еще один показатель — энергетические траты на поддержание жизни. Они у клубеньковых бактерий выше, а значит, по этому признаку артробактер уже не *r*-стратег, а *K*-стратег.

Последнее заключение кажется более обоснованным, но насколько оно верно? Сохранится ли оно, если привлечь другие характеристики или учесть зависимость уже использованных от температурного режима почвы и других факторов? На этот вопрос лабораторный эксперимент ответа не дает. Только прямой эксперимент в природе позволяет проследить судьбу микробной популяции, если ее вносить в одну и ту же почву на разных стадиях сукцессии¹⁴. Из таких опытов выяснилось, что для артробактера более благоприятны условия поздней стадии сукцессии, но даже и там нет намека на популяционный «взрыв». Клубеньковые бактерии, напротив, предпочитают условия «молодой» системы, их численность заметно увеличивается на ранних этапах сукцессии.

Экологическая особенность артробактера, скорее всего, связана с энергетическими тратами, необходимыми для поддержания жизнеспособности без размножения, а не с темпом размножения, на который указывают результаты лабораторных опытов. Рассмотренный пример — весомый аргумент для учета сукцессионных закономерностей, знание которых позволит управлять конкретными микроорганизмами в природе. Создавая в среде обитания условия, соответствующие или не соответствующие экологической стратегии объекта, мы фактически помогаем или, наоборот, подавляем его. На наш взгляд, наиболее полную информацию об экологии микроорганизмов можно получить,

сочетая эксперименты в природе с лабораторными моделями и приемами.

Мы привели только немногие результаты по экологии микроорганизмов, полученные в природных экспериментах на популяциях лишь некоторых бактерий. Круг объектов и область применения таких экспериментов намного шире. Уже сейчас это вполне сформировавшийся частный раздел экологии микроорганизмов. Без прямого опыта в природной среде не обойтись при решении многих серьезных задач — от определения выживаемости микробных популяций до управления ими в сложных сообществах и в условиях, которые полностью нельзя воспроизвести в лаборатории.

Перейдя от лабораторных экспериментов к изучению популяций микроорганизмов в природных условиях, мы заметно продвинулись в понимании экологии микроскопических организмов. Много из того, что было совершенно непонятно до сих пор, нашло теперь объяснение, но возникли и новые вопросы. Ясно, что существуют какие-то особенности природных микробных систем, благодаря которым в их состав можно вводить некоторые микроорганизмы, но в чем состоят эти особенности и насколько и как меняется структура систем после появления новой популяции — неизвестно. Не ясна также связь между численностью и активностью конкретной популяции в природе. Совсем мало мы знаем о жизни микроорганизмов на корнях растений и во многих других местообитаниях; то, что сейчас нам кажется верным, в ближайшее время может быть пересмотрено. Микробиологические эксперименты в природе фактически только начинаются, от их дальнейшего развития будет зависеть полнота наших знаний о закономерностях существования невидимых глазу живых организмов.

¹⁴ Звягинцев Д. Г., Кожевни П. А. и др. — Микробиология, 1981, т. 50, с. 353.



Индикационная зоология

Д. А. Кривоуцкий



Дмитрий Александрович Кривоуцкий, доктор биологических наук, заведующий лабораторией биоиндикации Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР. Область научных интересов — почвенная зоология, общая и радиационная экология. Лауреат Государственной премии СССР (1980). Автор книги: Радиозоология сообществ наземных животных. М., 1983.

Сейчас, пожалуй, не найдется человека, который не знал бы, что самые различные, далеко не безвредные вещества, порожденные деятельностью человечества, поступают во все сферы обитания живых организмов. Более того, действие таких веществ усиливается с каждым годом и уже приобрело глобальный характер: они стали оказывать заметное влияние на животный и растительный мир. Именно поэтому появилась насущная необходимость выяснить, насколько опасны различные загрязнители биосферы для обитателей нашей планеты.

Чтобы понять, как влияют, например, промышленные выбросы, минеральные удобрения, пестициды, поверхностно-активные вещества, ионизирующее и электромагнитное излучения на живой покров Земли, как они изменяют среду обитания живых организмов, в исследованиях используют животных, которые становятся как бы «индикаторами» происходящих изменений в биосфере. Связано это с тем, что как бы оперативно и точно ни работали приборы-индикаторы, сколь бы своевременно ни поступала от них информация об окружающем нас мире, полученные физические и химические параметры среды трудно перевести в величины, отражающие биологический смысл, а потому и получить ответ, насколько среда пригодна или

опасна для жизни человека и других обитателей.

Надо сказать, что идея использовать животных в качестве биологических индикаторов не нова, первые попытки подобного рода относятся к концу прошлого века. Уже в то время живые организмы оказались незаменимыми при оценке качества питьевой воды, воздуха, пищевых продуктов, эффективности очистки сточных вод. По биологическим индикаторам следили за чистотой питьевой воды в Женевском озере, в Дании существовала служба контроля за чистотой побережий Балтики. В нашей стране много лет таким же образом осуществлялся санитарный контроль за состоянием природных очагов инфекций, за численностью и распространением вредителей растений, за промысловыми зверями и птицами и т. д.

В настоящее время, по сути дела, просто возродился интерес к старому направлению исследований в биологии — зоологической индикации.

Раньше обычно выяснялись причины и механизмы приспособительных реакций живого организма к конкретным особенностям естественной среды обитания и те факторы самой среды, которые важны для жизни обитателей на всех стадиях их развития. Индикационная зоология представлялась экологам направлением, которое дол-

жно определить наиболее рациональные пути использования окружающей среды, позволяющие получить необходимое человеку животное и растительное сырье, удовлетворить эстетические потребности в общении с живой природой.

В настоящее же время приходится изучать влияние антропогенных, а не природных факторов, поэтому задачи современной зооиндикации стали другими.

Перед индикационной зоологией ставятся две задачи: обнаружить в организмах токсические вещества и изучить биологические эффекты их воздействия. Для решения первой задачи применяют разнообразные аналитические методы современной химии, с помощью которых сейчас можно изучать химический состав даже отдельных особей микрофауны. Чтобы узнать о биологических эффектах загрязнения, анализируются различные изменения в популяциях живых организмов, изменения морфологии внутренних органов и физиологических процессов, изучается проницаемость наружных покровов, выясняются генетические изменения в отдельных особях и в популяциях. Таким образом, сейчас в зооиндикационных исследованиях обычно оценивается степень загрязнения среды и по отдельным организмам, и по видовому разнообразию, и по структуре сообществ живых организмов.

Прежде полагали, что вещество можно считать безвредным, если оно не оказывает вредного воздействия на человека. Однако в биоиндикационных исследованиях выяснилось, что это не так. Многие загрязнители биосферы угнетают жизненные процессы растений или животных в концентрациях, к которым совершенно не чувствителен человек. Например, некоторые лишайники гибнут при уровне загрязнения воздуха, абсолютно безопасном для людей; в воде, вполне пригодной для питья, могут жить далеко не все пресноводные животные; количества нефтяных загрязнений или тяжелых металлов, от которых страдают почвенные организмы, по самым строгим санитарным нормам не сказываются на чистоте сельскохозяйственной продукции, собранной с этих же земель.

Поэтому и возникла необходимость исследовать, определять масштабы и прогнозировать последствия изменений в природной среде, сказывающиеся на растительном и животном мире. В отличие от традиционных целей биоиндикации теперь приходится изучать новую среду и новые объекты, реакция которых на новые или усилившиеся старые физические и хими-

ческие факторы недостаточно изучена или неизвестна совсем.

Подобные исследования не всегда проводятся в природной среде: когда нужно изучить токсичность какого-либо вещества, его влияние изучается на животных в лаборатории. Благодаря этому сейчас уже известны многие механизмы реакций организма животных на температуру, концентрацию кислорода, химического состава воды, воздуха, пищевых продуктов, влияние электромагнитного и ионизирующего излучений. А поскольку многие физиологические процессы животных и человека сходны или даже одинаковы, по реакции животных можно судить, насколько те или иные антропогенные факторы безвредны или опасны для человека.

В связи с тем что анализ разнообразных загрязнений проводится в промышленных зонах и областях, где человеком полностью преобразованы естественные биоценозы (на сельскохозяйственных полях, в городах и пригородных зонах, на аэродромах, полосах отчуждения железных и шоссейных дорог и т. д.), далеко не все наземные животные удобны для биоиндикационных целей. Очень многие группы для этого мало пригодны: большинство птиц прилетает только на короткое время (многие к тому же редки), крупных млекопитающих фактически нет, как нет и многих крупных и ярких, хорошо заметных насекомых, моллюсков. Какие же виды можно использовать в качестве живых индикаторов, каким требованиям они должны отвечать?

Э. Новакова, занимаясь анализом промышленных загрязнений в Чехословакии, так сформулировала требования к выбору этих индикаторов: животные должны быть многочисленными, оседлыми, с малым индивидуальным участком обитания (чтобы можно было собирать их в полевых условиях в достаточном для исследований количестве), должны быть сравнительно крупными для удобства анатомирования, их обмен веществ и размножение должны быть интенсивными, а жизнь — достаточно долгой, они должны находиться в постоянном контакте с изучаемым антропогенным фактором. В Чехословакии этим требованиям отвечают широко распространенные здесь зайцы и фазаны, которых ежегодно и в большом количестве отстреливают охотники.

На мой взгляд, при выборе живых индикаторов можно ограничиться всего двумя требованиями: многочисленностью животных и их постоянной связью с антро-

погенной средой. Сейчас этим требованиям как нельзя лучше отвечают три группы животных.

Первая из них — мышевидные грызуны, млекопитающие, обычные и многочисленные в любой природной и антропогенной зоне. Следующая группа — почвенная мезофауна — основная по биомассе группа беспозвоночных животных на суше, самая разнообразная по видовому составу. Почвенные животные оседлы, и это большое подспорье в работах по зооиндикации, так как удастся собрать статистически достоверный материал на небольших участках. И третья группа животных — почвенная микрофауна. Эти массовые мельчайшие обитатели почвы являются обычно последним реликтом естественного животного населения того или иного ландшафта. Надо сказать, что эти выводы возникли тоже на основе работ по зооиндикации, в частности, в радиобиологических исследованиях.

Несмотря на сравнительную молодость радиобиологии, к настоящему времени действие ни одного другого фактора не освещено так полно и всесторонне, как ионизирующего излучения. Сейчас уже ясно, что роль наземных животных в перераспределении радиоактивных соединений не менее значительна, чем ветра или атмосферных осадков¹. Радиоактивные продукты мигрируют в биоценозах по пищевым цепям и передаются от одних животных к другим. Поэтому радиация может оказывать влияние на млекопитающих (хищников, например), непосредственно не живущих на зараженной территории.

Кроме того, оказалось, что различные виды животных сильно отличаются по степени контакта с ионизирующим излучением на одной и той же территории. Млекопитающие и хищные птицы с большими индивидуальными участками (лоси, медведи, волки, орлы) обычно мало соприкасаются с пораженной территорией и потребляют немного радиоактивного корма из-за постоянных перемещений на другие, не зараженные участки. Мелкие животные — грызуны, насекомоядные, некоторые птицы, многие насекомые — постоянно находятся в загрязненном биоценозе и потребляют пораженную пищу. Но из-за неравномерности концентрации радиоактивных веществ на суше и эти животные

сталкиваются с разными уровнями загрязнения. Наконец, самые мелкие животные, главным образом почвенные (дождевые черви, личинки насекомых, многоножки и др.), обитают на очень ограниченной территории (часто не более 1 м²) и испытывают воздействие даже самых незначительных доз радиации.

Следовательно в пределах одного наземного биоценоза оказываются животные, случайно, временно и постоянно контактирующие с его загрязнителями. От этого зависит степень воздействия на них радиоактивного излучения. Поэтому-то не любое животное может служить индикатором загрязнения биоценозов. Связано это еще и с тем, что животные-индикаторы по-разному реагируют на одни и те же вещества или процессы: в организме одних даже незначительные дозы чужеродных соединений быстро проявляют свое действие, у других же эффект накапливается постепенно и проявляется в резкой форме только в критические моменты жизни особи.

Самыми надежными зоологическими индикаторами оказались почвенные беспозвоночные. В исследованиях, проводимых в нашем институте, выявлено, что эти животные реагируют на уровни радиации в 10 раз более низкие, чем те, к которым чувствительны позвоночные — мыши, лягушки, землеройки — объекты прежних исследований традиционной зооиндикации².

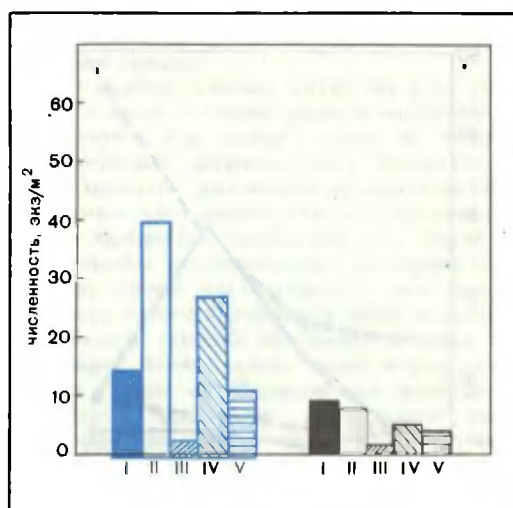
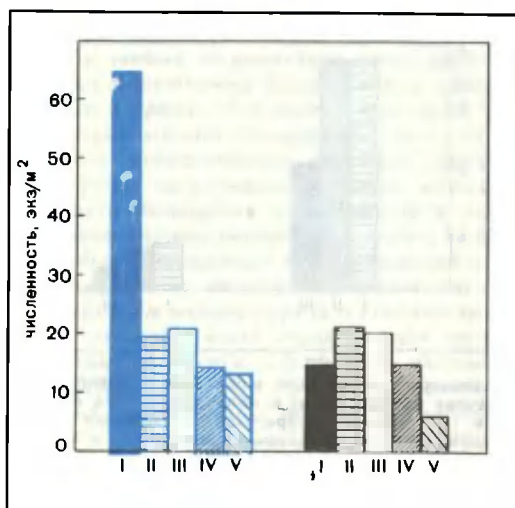
Такая реакция беспозвоночных казалась сначала совершенно неожиданной, поскольку было известно, что высокочувствительны к радиации позвоночные животные, а наиболее уязвим среди них человек. Причина несоответствия прежних представлений о радиочувствительности беспозвоночных и наших экспериментальных данных оказалась проста: высокоустойчивы к воздействию радиации только взрослые формы беспозвоночных: радиочувствительность яиц, личинок и молоди примерно такая же, как и у млекопитающих. Но поскольку циклы развития всех групп почвенных беспозвоночных длятся не менее 3—4 лет, за это время даже при малых дозах радиоизлучения животные успевают получить очень значительную общую дозу радиации. И еще одно важное обстоятельство: степень контакта почвенных беспозвоночных с радиоактивными веществами и продуктами их превращений (а они накапливаются именно в почве) неизмеримо выше, чем у позвоночных.

¹ Криволицкий Д. А., Покаржевский А. Д. — Ж. общ. биол., 1974, № 2, с. 263.

² Криволицкий Д. А. и др. — Доклады АН СССР, 1978, т. 243, № 2, с. 540.

Особенно чувствительны дождевые черви: они заглатывают почву, содержащую естественные радиоактивные соединения и облучаются изнутри, а не только снаружи, как все остальные обитатели почвы; кроме того, стадии эмбрионального и постэмбрионального развития дождевых червей продолжительны (до 2—3 лет), а потому они и получают самые высокие дозы радиации³. Естественно, действие радиации в первую очередь сказывается на кишечнике и наружных покровах дождевых червей. На гистологических срезах средней

больших участках в подзоне средней тайги. Здесь заметно ниже, чем в контроле, была численность малоподвижных животных (дождевых червей, личинок двукрылых и жуков-щелкунов), более низкой была также общая заселенность почвы крупными беспозвоночными. Зато количество активно передвигающихся напочвенных членистоногих (жуков-стафилид, жукелиц, пауков, сенокосцев) на обоих участках было одинаковым. Во всех случаях, изучался ли естественный радиоактивный фон, или радиационное загрязнение создавалось



Численность основных групп почвенной мезофауны на контрольных (цветное изображение) и облученных участках соснового леса. I — дождевые черви, II — энхитреиды, III — многоножки, IV — личинки жуков, V — пауки.

Заселенность мезофауной контрольных почв (цветное изображение) и почв с повышенным содержанием ^{232}Th . I — дождевые черви, II — энхитреиды, III — колембы, IV — личинки насекомых, V — пауки.

кишки и наружных покровов под микроскопом было видно, что строение эпителиальных клеток этих тканей сильно изменилось у червей, собранных с экспериментально облученного участка. Кроме того, изменился у них и период созревания: когда все дождевые черви на контрольном участке были взрослыми и началось их размножение, на экспериментальном только половина червей достигла половой зрелости.

Показателем состояния среды может служить и численность животных. В течение нескольких лет мы изучали действие повышенного радиоактивного фона на не-

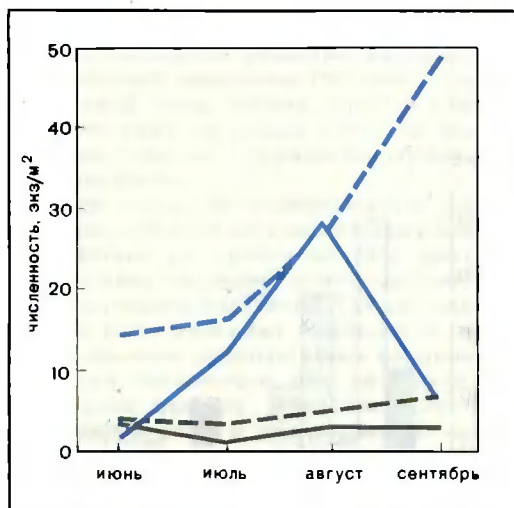
экспериментально, скорее и сильнее всех животных на него реагировали дождевые черви. Интересно, что, когда падала численность экспериментальных дождевых червей, снижалось и количество губоногих многоножек. Но оказалось, что это не связано с действием радиации: многоножки, будучи хищниками, питаются дождевыми червями и потому погибали из-за недостатка пищи.

И тем не менее в некоторых биоценозах в качестве живых индикаторов лучше использовать других животных. Например, для популяционных исследований по действию радиации очень удобны обитатели замкнутых водоемов, поскольку их сообщества не пополняются пришельцами извне. К числу таких животных относятся рыбы (плотва, карась), популяционная

³ Криволюцкий Д. А. и др. — Экология, 1980, № 6, с. 67.

структура которых нарушается за счет сокращения количества старших особей (это равнозначно уменьшению продолжительности жизни); снижается плодовитость и смещаются сроки нереста, увеличивается число аномальных взрослых рыб. Происходят эти изменения при уровнях радиоактивности, на три порядка превышающих предельно допустимые санитарно-гигиенические нормы для воды.

Следует отметить, что действие радиации на разных животных и на их численность различается. Для некоторых (длин-



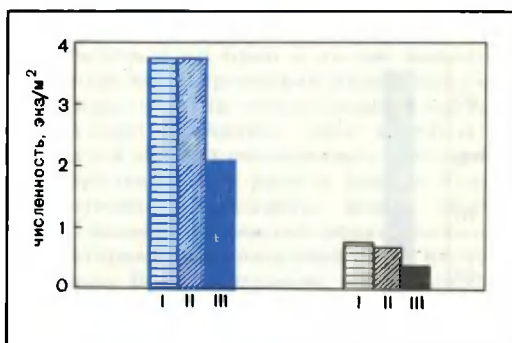
Сезонные изменения численности мезофауны на загрязненных ^{90}Sr и контрольных участках березового леса (цветные кривые). Сплошными линиями обозначена численность дождевых червей, штрихом — численность прочих беспозвоночных.

нохвостых сусликов и узкочерепных полевков) действие естественного фона, повышенного в 5—7 раз против обычного, оказывается даже благотворным⁴. Но при высоком уровне ионизирующего излучения (в 40—800 раз выше нормального) у некоторых грызунов нарушается строение и функция половых желез, волосяного покрова, селезенки, костного мозга и т. д.

Судя по исследованиям А. И. Ильенко и С. И. Исаева, при содержании стронция-90 в почве от 1,8 до 3,4 мКи/м² продолжительность жизни темной полевки

сокращается с 12,5 месяцев до 11,6. Но это для грызунов не существенно, поскольку численность их популяций колеблется от года к году в десятки и даже сотни раз, а популяционные потери быстро восстанавливаются.

Отрадно, что ни в одном радиобиологическом исследовании (большая их часть выполнена на участках, экспериментально загрязненных продуктами распада урана) не удалось зафиксировать, чтобы снизилась плотность населения наземных позвоночных. Вероятно, это обусловлено и высо-



Заселенность почвенной мезофауны контрольных (цветные изображения) и облученных ^{226}Ra луговых почв. I — личинки двукрылых, II — личинки жуков-щелкунов, III — дождевые черви.

ким жизненным потенциалом, и миграциями на дальние расстояния. Но на этих же участках резко сократилась численность почвенных животных из состава мезофауны (особенно групп, обитающих в подстилке и неспособных к далеким перемещениям). В первую очередь это были дождевые черви и многоножки. Общая численность микрофауны не всегда падала, но зато в 4 раза уменьшалось число видов.

Неожиданными оказались резкие нарушения в структуре сообществ почвенных простейших — наиболее устойчивых к радиации среди животного мира организмов: из 25 видов, обитающих на контрольных участках, на экспериментально загрязненных было только 17. Более того, численность инфузорий, амёб, жгутиковых сократились примерно в 10 раз⁵. Объяснить столь неожиданный и сильный

⁴ Раушенбах Ю. О., Монастырский О. А. Влияние ионизирующих излучений на наследственность. М., 1966, с. 165.

⁵ Корганова Г. А. — Зоол. ж., 1973, т. 52, вып. 6, с. 939.

эффект можно тем, что простейшие обитают преимущественно в сорбированных вокруг почвенных частиц тонких пленках воды. Поскольку радиоактивные продукты концентрируются на поверхности почвенных частиц, то простейшие и оказываются в наиболее загрязненной зоне.

Итак, анализируя состояние популяций животных-индикаторов, можно дать санитарную характеристику по факторам промышленного и радиационного загрязнения, составить долго- и краткосрочный прогнозы изменения экологической обстановки.

Судя по многолетнему опыту экологического контроля за состоянием окружающей среды (особенно водных бассейнов), в живых индикаторах суммируются все без исключения биологически важные данные о среде обитания; с помощью индикаторов можно обнаружить места скопления в экологических системах различного рода загрязнений и ядов, возможные пути попадания этих агентов в пищу человека; по ним можно проследить за скоростью происходящих в окружающей среде изменений; только по биологическим индикаторам можно судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы, и в том числе для человека, контролировать действие любых синтезируемых человеком новых соединений; вскрыть тенденции развития биосферы.

Однако надежно классифицировать живых биоиндикаторов, создать их универсальную систему для всех антропогенных соединений и любых условий невозможно: слишком неодинаково действует каждый из факторов, да и в разных природных условиях контакт с ними даже у одной и той же таксономической группы животных может резко отличаться. Достаточно привести простой пример: в степи и лесостепи, не говоря уже о пустынях, почти все почвенные животные обитают в толще почвы и поэтому они в очень малой степени контактируют с загрязняющими атмосферу веществами. В то же время в тундре, где вся жизнь беспозвоночных сосредоточена на поверхности почвы и в мохово-лишайниковой дернине, почти любое антропогенное воздействие может привести к катастрофическим последствиям для животного населения⁶.

Безусловно, для целей зооиндикации можно отыскивать группы животных, которые показывали бы, как влияют на живые организмы происходящие в окружающей среде

изменения, — а что же дальше? Разумеется, зооиндикация самым непосредственным образом связана с коммунальной гигиеной, токсикологией, радиоэкологией, с охраной и рациональным использованием животного мира. Понятно, например, что в некоторых случаях охрана природы от действия повышенных доз радиации касается в первую очередь охраны животного мира: ведь именно среди животных имеются наиболее чувствительные к действию ионизирующей радиации формы живых существ.

Основной путь использования данных зооиндикации — поставлять оперативную информацию для специальной службы экологического контроля за состоянием окружающей среды.

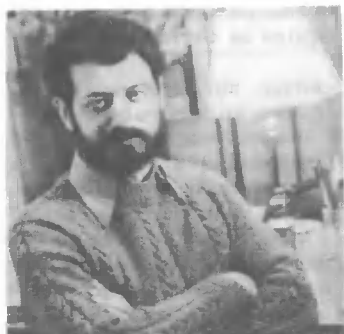
Конечно, сейчас, когда во всех средах обитания — почве, воде, атмосфере — появляются все новые, часто не только небезопасные загрязняющие вещества, а даже ядовитые для живых организмов соединения и идут несвойственные природной среде процессы, необходимость постоянной службы экологического контроля стала еще более настоятельной, чем прежде. Цель такого контроля в наше время — определять степень загрязнения воды, атмосферы, почвы; допустимый порог истощения живых, возобновляемых природных ресурсов; предельно допустимые концентрации различных отходов хозяйственной деятельности.

Сейчас в экологических исследованиях ведутся в основном работы в двух направлениях — биоиндикации промышленных и радиоактивных загрязнений. Из общей экологии выделилось особое научное направление — экотоксикология, цель которой — исследовать физиологические и биохимические механизмы нарушений в функционировании живых организмов, оказавшихся в зонах с повышенным содержанием вредных веществ, выяснить степень их приспособленности к новым условиям среды обитания. Хотя в экологических исследованиях любых направлений используются различные животные и нет еще общего мнения среди биологов по поводу того, какие же зоологические объекты наиболее представительны в качестве животных-индикаторов, мы считаем наилучшим объектом почвенных беспозвоночных. С их помощью можно выявить малые, но уже опасные отклонения в окружающей среде, а стало быть — своевременно принять надлежащие меры по устранению или нейтрализации действия антропогенных факторов, не дожидаясь, когда благие дела станут бесполезными.

⁶ Шилова С. А. и др. — Там же, вып. 7, с. 1008.

Происхождение домашних собак

В. А. Шнирельман



Виктор Александрович Шнирельман, кандидат исторических наук, младший научный сотрудник Института этнографии им. Н. Н. Миклухо-Маклая АН СССР, специалист по истории первобытного общества, в частности по проблемам возникновения земледелия и скотоводства. Автор многих работ на эту тему, в том числе книги: «Происхождение скотоводства. М., 1980.

Среди домашних животных вряд ли найдется еще одно, о котором было сказано так много, как о собаке. Это связано с тем исключительным местом, которое собака занимает в жизни человека — в его хозяйстве и быту, в его внутреннем мире. Ни одно другое животное не имеет столь разнообразных функций в человеческом обществе. И не случайно именно собака по числу пород (более 400!) намного обгоняет всех остальных домашних животных. Однако при всем давнем и устойчивом интересе, который собака вызывает у человека, многое в ее истории остается неизученным, спорным и даже загадочным. Кто были предки древнейших собак, где, когда и в какой обстановке они были одомашнены, что послужило тому причиной, какую роль играли собаки в первобытных обществах, — таковы лишь основные из тех вопросов, которые издавна привлекают внимание специалистов.

ПРОБЛЕМА ПРЕДКОВ ДОМАШНИХ СОБАК

В 1785 г. Д. Хантер представил в Лондонское королевское общество доклад «Свидетельства принадлежности собаки, волка и шакала к одному виду». В нем автор сообщал об успешном скрещи-

вании собаки с волком и шакалом, в результате чего было получено плодовитое потомство. С тех пор вот уже почти 200 лет не затихают споры о том, кто является родоначальником домашней собаки — волк, шакал, койот или гипотетическая дикая собака.

Известный зоолог К. Лоренц доказывал, что большинство современных пород собак связано своим происхождением с шакалами. Процесс доместикации рисовался ему так: вначале человек бросал куски мяса рыскающим вокруг стоянки шакалам, в результате чего те начали регулярно навещать человеческое жилье. Позже наиболее умные из них стали провожать человека на охоту, они первыми бросались за зверем, гнали его и поднимали шум, привлекая первобытных охотников. Позже Р. Истон описал похожий пример охотничьего «сотрудничества» между гепардами и шакалами в Национальном парке Найроби в Кении и высказал соображение, что в подобных условиях человек и мог начать приручать шакалов.

В 1937 г. Э. Дар изучал морфологические особенности неолитических собак Европы. По его данным, они так сильно отличались от волков, что говорить о каком-либо родстве не приходилось. Э. Дар высказал гипотезу, по которой родоначальником домашних собак следовало счи-

тать гипотетическую дикую собаку. Того же мнения вслед за ним придерживается один из крупнейших современных знатоков собак М. Фокс. Подобно К. Лоренцу, М. Фокс считает, что предки современных собак вели паразитический образ жизни и питались падалью и отбросами, что привлекало их к человеческому жилью. Волк, обладая крупными размерами, будучи хищником и живя в стае, мало удовлетворял этому представлению. Поэтому М. Фокс считал, что предком домашних собак могла быть примитивная динговидная собака, которая в глубокой древности эволюционировала из ветви «волк — шакал».

Вместе с тем большинство современных исследователей, в особенности палеозологи, настаивают на том, что основным предком древнейших собак являлся все-таки волк.

Споры о предках домашних собак обострились с развитием цитогенетики¹, которая на первых порах, казалось бы, подтвердила происхождение собак именно от волков. Однако в дальнейшем выяснилось, что все представители рода собаки (домашняя собака, волк, шакал, койот) обладали одним числом хромосом ($2n=78$) в отличие от представителей других даже близких им родов.

ДРЕВНЕЙШИЕ СОБАКИ МИРА

Романтически настроенные исследователи XVIII—XIX вв. нередко рисовали себе образ «благородного дикаря», лишенного благ цивилизации, но зато сибаритствовавшего на фоне щедрой природы, дававшей ему якобы все необходимое. Такого «дикаря», как правило, отождествляли с охотником, бродившим со своим неизменным спутником и товарищем — собакой. Именно к этим представлениям восходит глубоко укоренившееся мнение о том, что собак приручили древнейшие первобытные охотники. Однако чем ближе этнографы знакомились с кое-где сохранившимися культурами охотников и собирателей, тем чаще они встречались в том, что многие из этих обществ познакомились с собакой относительно недавно, позаимствовав и ее, и методы охоты с ней у своих более развитых соседей. Поэтому некоторые специалисты усомнились

в способности охотников и собирателей самостоятельно одомашнивать собак и начали высказывать соображения, что собаки, как и другие домашние животные, могли появиться впервые только у оседлых земледельцев, условия жизни которых благоприятствовали широкой domestикации разнообразных видов животных.

Однако последнее слово оставалось за археологами и палеозоологами, материалы которых дают возможность проследить древнейшие этапы развития собаководства. Вместе с тем и здесь не обходится без определенных трудностей. Так, для изучения истоков собаководства палеозоологические методы нередко оказываются беспомощными. Это происходит потому, что на ранних этапах domestикации одомашненные собаки, а тем более их прирученные дикие сородичи, весьма мало отличались от своих диких предков. Поэтому сообщения о находках собак на памятниках позднего палеолита и мезолита нередко вызывают споры. В этом смысле показательна история изучения древнейших собак на территории Палестины, где вопрос о наличии собак в эпоху мезолита и раннего неолита не раз пересматривался.

Он был решен положительно лишь в 70-е годы, когда на некоторых мезолитических (натурфийских) памятниках (Эйнан, Хайоним) были обнаружены останки животного, напоминающего и волка, и собаку. В одном случае речь шла о скелете щенка, специально положенного в могилу вместе с мужчиной преклонного возраста. Одновременно на территории Ирака в позднелолитическом слое пещеры Палегава также удалось найти кости собаки. В этом случае domestикационные признаки были настолько явными, что на них совершенно независимо друг от друга указали три разных палеозолога.

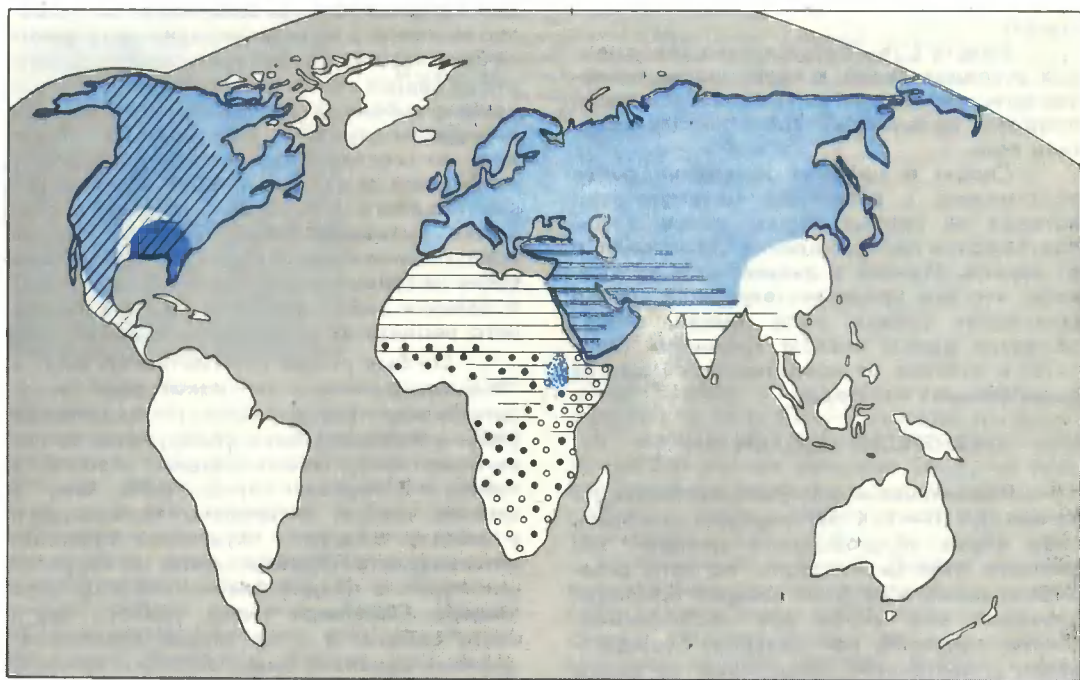
Таким образом, хотя и не без труда, специалистам все же удается фиксировать самые ранние этапы domestикации собаки, когда она еще очень мало отличалась от своих предков. Интересна география таких находок. Пожалуй, самые ранние находки древнейших костей домашних собак были сделаны еще в дореволюционное время в Сибири на позднелолитических стоянках Афонтова гора и Верхоленинская гора (у Иркутска). На территории Европейской части СССР кости собак или прирученных волков удалось зафиксировать на некоторых позднелолитических памятниках Русской равнины и в Крыму. Аналогичные находки происходили из Цент-

¹ Воронцов Н. Н., Коробицына К. В., Надлер Ч. Ф., Хофман Р., Сапожников Г. Н., Горелов Ю. К. Хромосомы диких баранов и происхождение домашних овец. — Природа, 1972, № 3, с. 74.

ральной и Западной Европы самого конца позднего палеолита (мадленская эпоха). Там отмечались такие признаки одомашнивания, как относительная укороченность носового отдела черепа, общее уменьшение размеров скелета, особый характер зубной системы и т. д. На некоторых стоянках в Костенках под Воронежем и на стоянке Павлов в ЧССР ученым удалось найти целые скелеты волков. Правда, в интерпретации этих находок специалисты расходятся: одни считают, что речь идет о специальных ритуальных захоронениях, а

другие пытаются объяснить их охотой на волков ради меха для одежды. Отметим, однако, что такие находки происходят именно из тех районов, где уже в позднем палеолите как будто бы фиксируется процесс domestikации собак.

Недавно в Азиатской части СССР было сделано открытие, подтверждающее ранние сообщения о древнейших домашних собаках в Сибири. В 1972 г. при раскопках позднепалеолитического жилища на стоянке Ушки I на Камчатке Н. Н. Диков обнаружил остатки ритуального захороне-



Современные ареалы диких видов рода собак (*Canis*).

-  Волк (*C. lupus*)
-  Шакал (*C. aureus*)
-  Полосатый шакал (*C. adustus*)
-  Черный шакал (*C. mesomelas*)
-  Абиссинский волк (*C. simensis*)
-  Койот (*C. latrans*)
-  Красный волк (*C. niger*)

ния собаки, датированное IX тысячелетием до н. э.

Нетрудно заметить, что все перечисленные находки происходят из тех районов, где единственными представителями рода собаки среди диких животных являлись волки. Южнее древнейшие домашние собаки имелись только у натуфийцев Палестины (X тысячелетие до н. э.) и обитателей пещеры Палегавра в горах Загроса (XIII—XII тысячелетия до н. э.). На этой территории помимо волков обитали и шакалы, однако чрезвычайно важным представляется тот факт, что древнейшие местные собаки имели большое сходство с волками и резко отличались от шакалов. Следовательно, археологические и палеозоологические иссле-

дования подтверждают именно ту точку зрения, согласно которой древнейшие собаки произошли от волков.

Следовательно, собака впервые появилась в доземледельческий период в конце эпохи плейстоцена — в начале голоцена. Несколько позже в мезолите следы собаководства фиксируются в некоторых районах Северной и Северо-Западной Европы, удаленных от ареалов появления земледелия и никак с ними не связанных. На территории СССР собаки мезолитического времени известны в Крыму, на Украине, в Карелии и в бассейне р. Сухоны. На Дунае у Железных ворот изучено несколько стоянок оседлых рыболовов, охотников и собирателей, где венгерскому палеозоологу Ш. Бекени удалось зафиксировать не только наличие домашних собак, но и надежно установить процесс одомашнивания местных волков. В Японии кости древнейших домашних собак происходят со стоянки Нацушима, датированной серединой VIII тысячелетия до н. э. И здесь собаки впервые появились у раннеголоценовых рыболовов, охотников и собирателей (культура дзедмон).

В Северной Америке останки древнейших домашних собак обнаружены на стоянках северо-востока США, датированных IX тысячелетием до н. э. В VI—IV тысячелетиях до н. э. собаки появились в штате Алабама, а в IV—II тысячелетиях до н. э. распространились к востоку от Великих озер. В Южной Америке останки древнейших собак известны на территории Перу в высокогорных пещерах Учкумахай и Панаулаука (5500—4200 гг. до н. э.). На побережье собаки проникли позже. Например, в приморских районах Эквадора с ними познакомились лишь в III тысячелетии до н. э. (культура вальдивия). Самые ранние североамериканские собаки сильно отличались от местных волков. Много позже в Северной Америке были выведены породы, в большей степени напоминающие волков. Считается, что большую роль в этом сыграла гибридизация собак с волками, которая и ныне продолжается в Американской Арктике, где эскимосы ее искусственно стимулируют.

Таким образом, древнейшие собаки Америки не имели здесь диких предков, и можно уверенно говорить об их азиатском происхождении, причем самые ранние находки убедительно сопоставить с отмеченным выше открытием на Камчатке. Распространение собак по Америке связывалось, безусловно, с расселением охот-



Статуэтка из Шупа (Мексика), изображающая знатную даму с ребенком, несущую собаку. VII в.

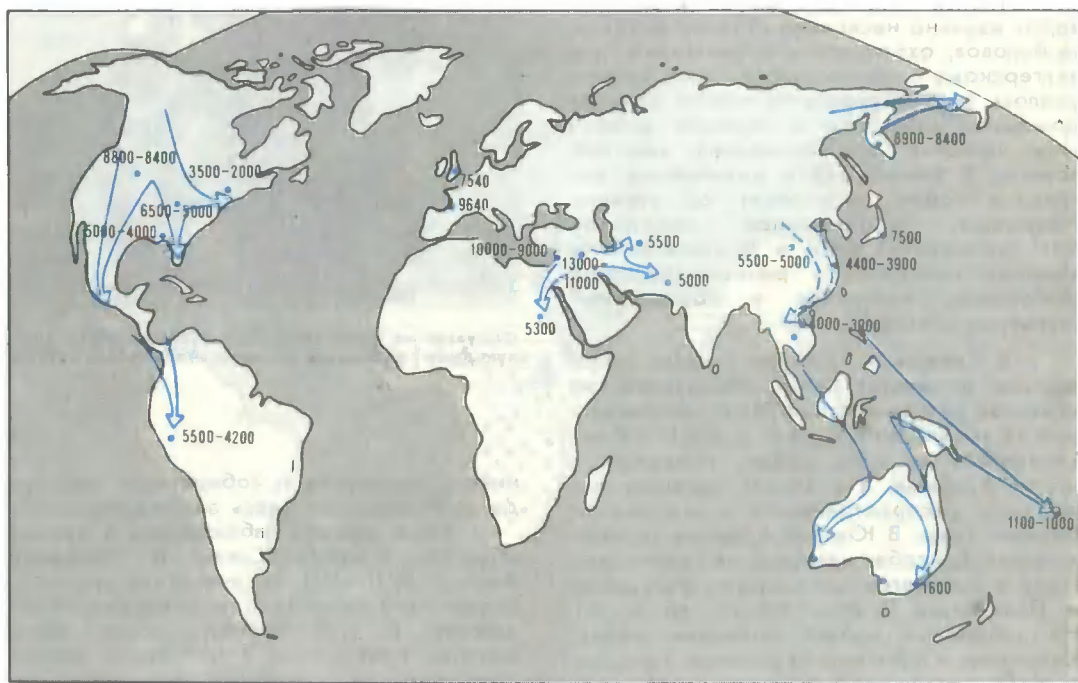
ников, рыболовов и собирателей задолго до возникновения здесь земледелия.

Иная картина наблюдалась в южных областях Старого Света. В Передней Азии в VIII—VII тысячелетиях до н. э. совершился переход к производящему хозяйству. В этот период собаки здесь имелись практически у всех групп ранних земледельцев от долины Иордана до Юго-Восточной Турции и от Южной Анатолии до Юго-Западного Ирана. В VI тысячелетии до н. э. вместе с ранними земледельцами собаки распространились отсюда на восток до Южной Туркмении и Белуджистана и на юго-запад до Верхнего Египта. Еще ранее во второй половине VII тысячелетия до н. э. собаки, наряду с переднеазиатским земледельческо-скотоводческим комплексом, попали в Фессалию и Македонию, и на протяжении VI тысячелетия до н. э. с ними ознакомилось население других районов Балкан. В частности, именно эта мелкая порода ранних собак найдена в поселке охотников и рыболовов Лепенски Вир в Подунавье. В этом регионе между местным неземледельческим населением и южными группами земледельцев во

второй половине VI тысячелетия до н. э. происходил обмен, благодаря которому более северные охотники и рыболовы получили южную породу собак, а южные земледельцы познакомились с местными собаками, одомашненными в Подунавье. Возможно, в этот период люди искусственно стимулировали их скрещивание, так как в неолите в Болгарии имелись уже три разные породы собак.

Значительные территории Восточной и Юго-Восточной Азии лежали вне ареалов волков и шакалов. Поэтому появление и

широко распространились во II тысячелетии до н. э., хотя их знали здесь и раньше. Ближайшими породами волков, которые теоретически могли быть предками всех этих собак, являются мелкий азиатский волк (*Canis lupus chanco*), живущий в Западном Китае, и индийский волк (*Canis lupus pallipes*), обитающий на севере и северо-востоке Индии. По многочисленным имеющимся сейчас данным отдать предпочтение тому или другому не удастся. Однако важным представляется тот факт, что самые ранние



Распространение древнейшего собаководства.

-  Пути распространения древнейшего собаководства
-  Гипотетический путь распространения собаководства в Восточной Азии
-  Время (гг. до н. э.) и место находок останков древнейших домашних собак

характер распространения здесь собак представляет особый интерес. Ранее всего собаки появились на севере Китая и на его тихоокеанском побережье (V тысячелетие до н. э.), еще позже — в Северо-Восточном Таиланде (IV тысячелетие до н. э.). На территории Вьетнама они

собаки Таиланда имели ярко выраженные, типичные именно для домашних собак особенности и резко отличались от волков. Следовательно, процесс домостикации совершился задолго до их появления в Таиланде, а значит они могли проникнуть сюда откуда-то издалека.

До сих пор одной из главных загадок в истории собак являются динго Австралии. В обыденном представлении они настолько тесно ассоциируются с природой Австралии и с культурой австралийских аборигенов, что кажется, будто они обитали здесь всегда. И действительно, было время, когда их считали прирученными животными, которых привели с собой предки современных аборигенов в период первоначального заселения Австралии. Но с



Австралийские аборигены с динго. Тысячелетия назад собаки выглядели так же.

развитием археологических исследований выяснилось, что возводить появление динго к столь глубокой древности нет никаких оснований.

Сейчас имеется несколько хорошо документированных археологических находок динго в Австралии, в том числе целый скелет, обнаруженный на берегу р. Муррей. Самые ранние из этих находок относятся к 1670—1000 гг. до н. э., и пока что нет оснований возводить появление динго к более раннему времени. Интересно, что в этот же период, начиная с середины II тысячелетия до н. э., домашние собаки

широко распространились по Меланезии и Западной Полинезии вместе с предками современных меланезийцев и полинезийцев, привывших откуда-то из района Юго-Восточной Азии. В этой связи возникает важная проблема — не могли ли отзвуки австронезийской миграции в том или ином виде докатиться до Австралии, тем более что по некоторым признакам динго оказываются близкими древнейшим собакам Таиланда?

ДРЕВНЕЙШИЕ СОБАКИ НА СЛУЖБЕ ЧЕЛОВЕКА

Что побудило человека одомашнить волка? Непросто ответить на этот вопрос. Очевидно, уже в глубокой древности



Изображение охотника с собакой, датированное неолитическим «скотоводческим» периодом. IV—III тысячелетия до н. э. Сахара.

собака должна была играть какую-то важную роль в жизни человека — так думали многие авторы, связывая ее появление то с потребностью в пище, то с развитием методов индивидуальной охоты, то с необходимостью перевозить грузы, то даже с соображениями религиозного культа.

Наиболее веские аргументы выдвигают те исследователи, по мнению которых первобытные люди охотно питались мясом древнейших собак и, следовательно, могли держать их в качестве живого запаса пищи. Например, на мезолитических памятниках Северной Европы и Подунавья, в неолите Китая, в поселках бронзового века Юго-Восточной Азии и в первобытной Океании кости собак очень часто обнаруживаются среди других кухонных отбросов. Они нередко специально расколоты для получения костного мозга.

До недавнего времени обычай поедания собак был широко распространен в Восточной и Юго-Восточной Азии и Океании, кое-где он встречался в Африке и Америке. При этом в некоторых районах Океании, например на Гавайях, собаки были главным источником мяса, и их спе-

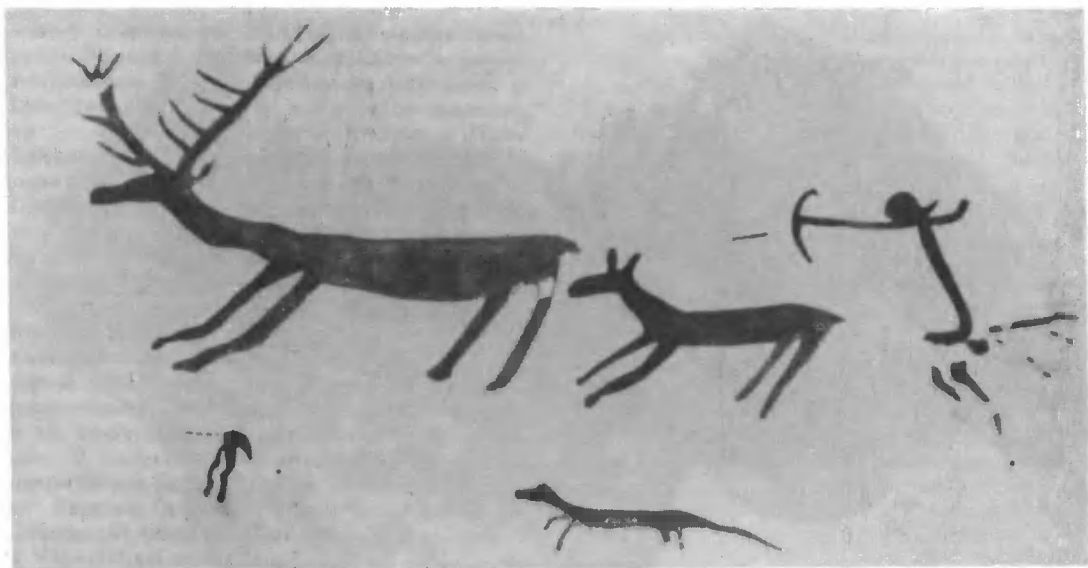
циально откармливали на убой. Там собаки никогда не являлись ни спутником, ни другом человека, и они паслись вместе со свиньями. Этому соответствовало и поведение местных собак. Как писал Г. Форстер, посетивший Океанию вместе с Дж. Куком, «на островах Тихого океана собаки представляют собой самое глупое и неразумное животное, какое только можно себе представить. Они там, по-видимому, ничуть не умнее наших овец»². Аналогичным было положение собак и в некоторых древнеземледельческих регионах Америки. В древней Мексике разводилась особая порода собак (ксолоитц куинтли), которая на рубеже н. э. давала местным обитателям 25—50 % белковой пищи. Своеобразие природной обстановки в Мesoамерике и во многих местах Океании состояло в почти полном отсутствии диких животных, на которых люди могли бы охотиться. Там даже собак откармливали продуктами земледелия: таро и плодами хлебного дерева в Океании и маисом в Мesoамерике. В Мексике известны фигурки собак с початками маиса в зубах, относящиеся к середине I тысячелетия н. э.

Пищевая роль собак возрастала при переходе к земледелию в условиях резкой нехватки мясной пищи. Но в ряде случаев такая картина встречалась и у развитых рыболовов. В особенности это было характерно для населения восточных областей Старого Света и древнеземледельческих регионов Нового, т. е. наблюдалось именно там, где скотоводство было слабо развито или его вообще не было.

Зато в земледельческо-скотоводческих поселках Европы и Передней Азии кости древнейших собак за небольшими исключениями встречались вообще (а в кухонных отбросах в особенности) очень редко, и специализированное мясное разведение этих животных как правило, очевидно, отсутствовало. Например, в Иерихоне к периодам неолита и бронзового века относится очень мало таких находок, кости собак здесь располагались в сочленениях и имели относительно хорошую сохранность.

Какую роль могла играть здесь собака? Вряд ли надо считать случайностью, что древнейшее изображение охотничьей собаки было обнаружено именно в Чатал Хююке, земледельческо-скотоводческом поселке VII—VI тысячелетий до н. э. в Анатолии. К более позднему времени относят-

² Липперт Ю. История культуры. СПб, 1899, с. 78.



Древнейшее изображение охоты с собакой из поселения Чатал Хююк (Турция), насчитывающее около 9 тыс. лет.

ся аналогичные сюжеты в наскальном искусстве неолитической Сахары, в Кобыстане в Азербайджане и в пещере Зараут-камар на юге Узбекистана. В этих местах жили земледельцы и скотоводы, которые время от времени занимались охотой. Согласно этнографическим данным, специальное разведение и обучение собак для охоты встречается лишь в обществах, достигших относительно высокого уровня развития. Это — земледельцы и скотоводы или развитые охотники, рыболовы и собиратели, которые живут в значительной мере оседло и в относительном довольствии. Выращивание охотничьих собак оказывается трудным делом, которое не под силу остальным охотникам и собирателям. Ведь такие собаки требуют особой заботы, кормежки, лечения, обучения и т. д. Многие охотники и собиратели тропических районов начали использовать собак на охоте лишь после того, как заимствовали охотничьих собак у соседей и познакомились с их методами охоты. Но в ряде случаев и после этого они нередко предпочитали охотиться без собак, считая, что последние могут только спугнуть зверя и расстроить дело. Аборигены Австралии в большинстве своем не готовили прирученных динго специально для охоты. Они плохо ухаживали за ними, предоставляли им самостоятельную добывать пищу, не лечили больных

собак. Неудивительно, что охота с такими собаками не могла быть эффективной.

Интересно, что некоторые аборигены прибегали к «помощи» диких динго, идя за ними по пятам и отбивая у них добычу. Однако, вопреки приведенным выше соображениям Р. Истона, это как раз не создавало стимулов для приручения динго.

Может быть, собак одомашнили для перевозки грузов? Действительно, проблема транспортировки тяжестей встала перед человеком очень рано, и, как свидетельствуют этнографические материалы, одним из древнейших транспортных животных была собака. В разных районах ее использовали то как вьючное, то как упряжное животное. Так, у многих народов Сибири — от кетов и обских угров на западе до чукчей, юкагиров и нивхов на востоке — собак издавна запрягали в нарты или в лодки. По арабским источникам, еще в X в. н. э. собачьи упряжки были широко распространены на севере Восточной Европы между Двиной и Печорой, а средневековый арабский путешественник Ибн-Батута отмечал их использование в Северо-Западной Сибири.

Насколько древним является обычай езды на собаках? С начала XX в. в торфяниках Финляндии исследователи начали находить остатки деревянных полозьев саней, древнейшие из которых восходили к эпохе неолита. Не так давно аналогичное открытие было сделано и в нашей стране. В торфяниках Вычегодского края были обнаружены древнейшие в мире остатки саней, относящиеся к VII—VI ты-



Фрагмент фрески из дворца в Тиринфе, датированный XIII в до н. э. В Микенскую эпоху в эгейском мире уже были выведены и использовались специализированные породы охотничьих собак.

сячелетиям до н. э. Одно время такие находки считались безусловным доказательством распространения в древности упряжного оленеводства. Затем более осторожные авторы стали считать их свидетельством езды на собаках. Однако в 1946 г. советский этнограф М. Г. Левин поставил под сомнение и эту гипотезу. Кто же прав?

Этнографические данные показывают, что, как и в случае с охотничьими собаками, ездовым собакам требуется хороший уход, в особенности обильное и полноценное питание. Для этого народы Крайнего Севера и Сибири заготавливали на зиму огромное количество рыбы, так как иначе содержание упряжек из 9—11 собак становилось невозможным. То же отмечалось на Американском Севере, где упряжное собаководство распространилось только в колониальный период. В более раннее время у многих индейцев и эскимосов Северной Америки для перевозки грузов использовались вьючные собаки и сани-волокуши. Запряженная в сани-

волокуши собака редко могла перевезти более 15—20 кг, а вьючная собака — и того меньше. Такой транспорт был малоэффективен, и поэтому в долошадный период в сани часто впрягались сами люди. Ручные нарты и волокуши зафиксированы этнографами и у народов Амура. Например, ими часто пользовались охотники-удэгейцы, иногда подпрягая в помощь себе охотничьих собак.

Следовательно, развитие собачьего транспорта могло наблюдаться лишь у народов, хорошо обеспеченных питанием, в частности у рыболовов и охотников, способных наладить высокоэффективную добычу пищи и ее хранение. Иначе говоря, транспортная функция появилась у собак далеко не с самого начала domestикации, а во многих районах, например в Африке, собаки в этом качестве не использовались.

С глубокой древности собака играла большую роль в религиозных представлениях людей. О возникновении таких обычаев можно судить по древним захоронениям собак, которые представлены несколькими категориями. Это прежде всего захоронения собак вместе с людьми, отдельные захоронения без людей и строительные жертвы. Древнейшим погребением собаки с человеком является захоро-

нение старика со щенком в мезолитическом Эйнане в Палестине. В неолите такие погребения были известны на Балканах, в Центральной Европе, в Китае, в энеолите — в додинастическом Египте и Прибайкалье, а в бронзовом веке их ареал охватывал обширные области от Южной Сибири до Месопотамии и Западной Европы. В доземледельческую эпоху они встречались в Северной Америке, а в раннеземледельческую — в Месоамерике.

Наиболее раннее отдельное захоронение встречено на Камчатке на раннеголоценовой стоянке Ушки I. К той же эпохе относятся аналогичные находки в ранненеолитическом Иерихоне в Палестине и на памятниках раннего дзёмона в Японии. В неолите и бронзовом веке такие погребения были известны в Старом Свете от Европы до Якутии и Чукотки. А в Северной Америке они распространялись в VII—IV тысячелетиях до н. э.

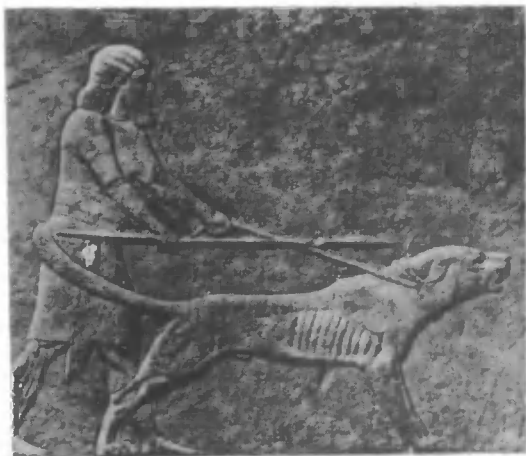
Наконец, в ряде случаев, например, в древней Европе и Мексике археологам удавалось обнаружить отдельные кости собак, ассоциировавшиеся с какими-то сооружениями. Обычно такие находки интерпретируются как строительные жертвы.

Какой смысл имели все эти факты? И здесь нам на помощь приходит этнография. Известно, что захоронения собак вместе с людьми встречались кое-где у полинезийцев, нивхов Приамурья, индейцев Калифорнии и т. д. При этом речь идет о собаках, выполнявших самые разные функции. Например, этот обычай встречался на Гавайях, где собаки служили в основном источником мяса, у нивхов, где они главным образом перевозили грузы, и в Калифорнии, жители которой нередко охотились с собаками. Везде собака играла важную роль в религиозных и культовых ритуалах и считалась защитником от злых духов. При похоронах какого-либо человека собак могли убить и положить вместе с ним в могилу в качестве его имущества, помощников в загробной жизни и защитников от злых чар. Например, на Гавайях собак умерщвляли в случае смерти ребенка, считая, что они будут оберегать его душу. Для той же цели эскимосы клали в могилы детей собачьи головы.

Сходный смысл могли иметь специальные жертвоприношения богам или духам, причем в этой связи обнаруживаются разительные совпадения между представлениями у нганасан, нивхов, некоторых народов Океании и индейцев Америки о собаках как посредниках между людьми



Роспись сосуда из поселка Варваровка VIII, воссоздающая сцену погони собаки за оленем. Культура кукутени-триполье. III тысячелетие до н. э.



Специализированная порода боевых собак, уже в VIII—VII вв до н. э. использовавшаяся ассирийцами в военных походах.

и духами. Нивхи считали, что человеческие болезни насылаются злой волей обиженных духов. Поэтому, чтобы испросить у духа выздоровление, они удушали для него собаку, приговаривая: «Собаку мы все равно на примирение отдаем, а она к горному человеку пойдет, скажет — ты моего хозяина не трогай, лучше меня

возьми»³. Аналогичным образом собака заменяла человека на о. Понапе в Микронезии. По местным поверьям, человек, рассказавший все известные ему легенды и мифы, обязательно умрет. Поэтому старик может избежать смерти, лишь отправив духам взамен себя собаку. Пытаясь избежать смерти в голодное время года, иганасаны также приносили в жертву духам (нго) собак. «Потому что собака для людей хочет жизнь выпросить, отправляют собак к Судии-нго, чтобы взамен жизнь купить для людей; веревочки на шее для того, чтобы нго за этот поводок взяла»⁴. Не родственен ли этот обычай ритуалу сожжения белой собаки у ирокезов, которые, по словам американского этнографа Л. Моргана, отправляли ее душу к Великому духу, «чтобы возвестить о продолжающейся верности служения ему, а также передать их объединенную благодарность за благодеяния в течение года»⁵?

Как правило, жертвенных собак съедали. Что же означают тогда отдельные захоронения собак? Здесь уместно обратиться к данным из Восточной и Юго-Восточной Новой Гвинеи, где собак готовили специально для охоты и никогда не ели. Таких собак высоко ценили и в случае смерти погребали, как людей, и несколько дней оплакивали.

Считая собаку защитником от злых духов, люди нередко приписывали функцию покровительства и отдельным ее частям, в которых как бы воплощалось ее «сверхъестественное могущество». С этим и связаны жертвоприношения собак при возведении каких-либо важных сооружений, иначе говоря, строительные жертвы. Нивхи при постройке дома обязательно убивали собаку, а ее голову и лапы помещали над дверью или на задней стене жилища. Ей говорили: «Лежи, злой дух если придет, лай, злого духа сторожи». Функцию защиты имели также украшения из зубов собаки и амулеты из ее шерсти, широко распространенные в Океании.

Широкое распространение сходных связанных с собакой поверий на разных континентах говорит о большой древности таких представлений, но вовсе не доказы-

вает того, что собака была одомашнена по культовым соображениям.

Таким образом, целенаправленное разведение собак и широкое их хозяйственное использование являются относительно поздними чертами, вряд ли характерными для начальных этапов domestikации. Первоначальное отношение человека к собаке скорее всего напоминало картину, описанную этнографами у австралийских аборигенов. Последние не ставили перед собой цели интенсивного приручения динго. Но если во время охоты им попадались щенки, они забирали их на стоянку и отдавали женщинам и детям для выкармливания. В часы досуга и взрослые, и дети могли играть с собаками; холодными ночами аборигены согревались, тесно прижимаясь к спящим собакам; собаки лаяли на чужаков, приближавшихся к стоянке, и тем самым предупреждали хозяев; собаки играли некоторую роль в обмене, который аборигены вели друг с другом; в периоды голодовок люди иногда ели собак. Иначе говоря, прирученные динго оказывали аборигенам некоторую помощь, хотя их роль в местном хозяйстве и была второстепенной. Нетрудно заметить, что в рамках описанных взаимоотношений аборигенов с динго создавались предпосылки для более интенсивного использования собак. В ходе эволюции в разных историко-культурных условиях эти предпосылки могли реализовываться весьма по-разному.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Богданов Е. А. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ. М.: Сельхозгиз, 1937.

Боголюбский С. Н. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ. М.: Советская наука, 1959.

Левин М. Г. О ПРОИСХОЖДЕНИИ И ТИПАХ УПРЯЖНОГО СОБАКОВОДСТВА.— Советская этнография, 1946, № 4.

Смоляк А. В. РОЛЬ СОБАКИ В ЖИЗНИ И РЕЛИГИОЗНЫХ ВЕРОВАНИЯХ УЛЬЧЕЙ.— Полевые исследования Института этнографии в 1978 г. М.: Наука, 1980.

Шнирельман В. А. ПРОИСХОЖДЕНИЕ СКОТОВОДСТВА. М.: Наука, 1980.

Отрыганьев Г. К. КАК ПРИРУЧИЛИ ЖИВОТНЫХ. М.: Колос, 1982.

³ Крейнович Е. А.— Этнография, 1930, № 4, с. 42.

⁴ Грачева Г. Н. Традиционное мировоззрение охотников Таймыра (на материалах иганасан XIX — начала XX в.). Л., 1983, с. 46.

⁵ Морган Л. Г. Лига Ходеносауни, или ирокезов. М., 1983, с. 115.

Новые метанобразующие бактерии

Т. Н. Жилина,
кандидат биологических наук
Г. А. Заварзин,
член-корреспондент АН СССР

Институт микробиологии АН СССР
Москва

Метанобразующие бактерии — представители археобактерий, открытого недавно нового царства живых организмов — единственный биологический продуцент метана (CH_4)

Разрушенная клетка кладофоры, взятая из «войлочного» слоя вблизи развалин крепости Арабат. Клетка наполнена внутри микроколониями метанобразующей бактерии. Увеп. в 32 тыс. раз.

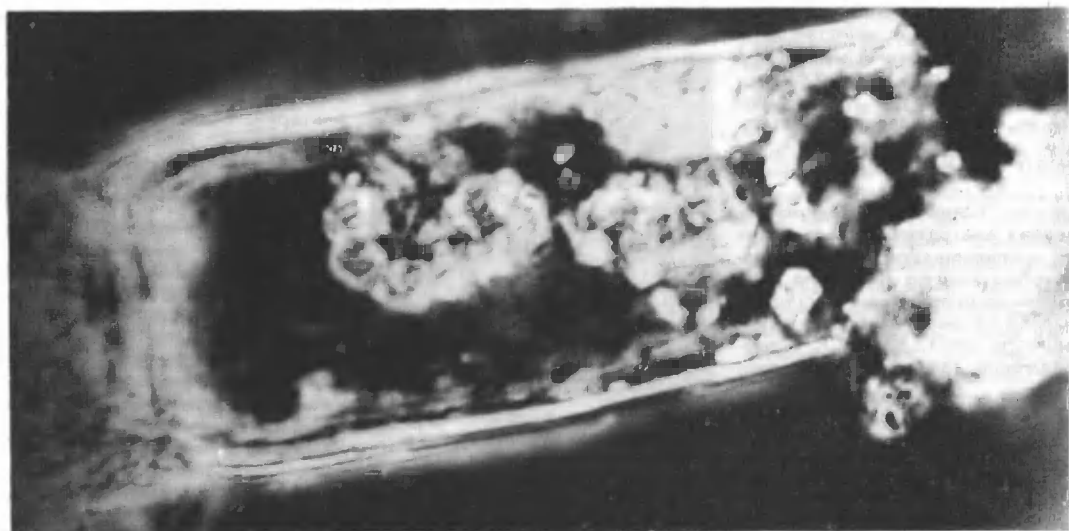
на Земле¹. Столь необычная способность — образовывать метан в процессе жизнедеятельности — определила и своеобразие обмена этих организмов (прежде всего уникальность их ферментов), и их важную роль в биогеохимическом цикле углерода: фактически весь метан в тропосферу поступает в результате их совокупной деятельности, многие месторождения природного газа обусловлены их деятельностью в геологическом прошлом. Отсюда понятен особый интерес микробиологов к этой группе организмов.

Эти строго анаэробные бактерии встречаются на Земле везде, где органическое вещество разлагается без доступа воз-

духа: в илах пресноводных и морских водоемов, в затопленных почвах, в гидротермальных источниках и в пластовых нефтегазоносных водах, в пищеварительном тракте растительноядных животных и даже в древесине. Анаэробные условия жизни и своеобразие обмена веществ позволяют использовать метанобразующие бактерии для очистки промышленных и бытовых стоков, богатых органическими веществами.

Метанобразующие бактерии используют в качестве субстрата крайне ограниченное число соединений: во-первых, смесь водорода (H_2) и углекислоты (CO_2), во-вторых, соли уксусной кислоты (ацетаты, CH_3COOR) и, в-третьих, одноуглеродные соединения (например, метанол CH_3OH). Соответственно, образование метана в бактериальных сообществах может идти тремя путями: водородным, ацетатным и одноуглеродным. В местах, богатых

¹ Дуда В. И. Археобактерии — новое царство живых организмов. — Природа, 1984, № 2, с. 13.

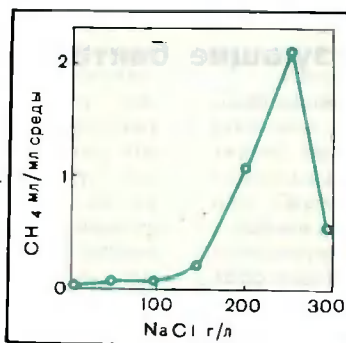


органическим веществом, примерно 70 % метана образуется из ацетата и только 30 % из восстановленной водородом углекислоты. Одноуглеродный путь до недавнего времени считался весьма второстепенным по значению.

Большинство выделенных к настоящему времени метанобразующих бактерий относится к пресноводным формам. Почти все они хорошо растут на водороде, и только представители двух родов предпочитают ацетат. Хорошо известны и морские формы, растущие при солености 3 % NaCl, но не выше 5 %. Однако в этих условиях с метанобразующими бактериями конкурируют сульфатвосстанавливающие бактерии: эти организмы восстанавливают сульфаты (RSO_4) до сероводорода (H_2S). Энергетически восстановление сульфатов до сероводорода выгоднее, чем образование метана, и поэтому полагают, что, пока в среде есть соединения серы, деятельность метанобразующих организмов подавлена.

До последнего времени обнаружить метанобразующие бактерии в крайне соленых водоемах не удавалось, и объясняли этот факт сильною с ними конкуренцией за восстановитель сульфатвосстанавливающих бактерий. Однако совсем недавно выяснилось, что некоторые метанобразующие бактерии могут образовывать метан другим, неконкурентным с сульфатвосстанавливающими бактериями путем, используя в качестве субстрата метиламины (CH_3NH_2) (эта способность была обнаружена нами в 1973 г.). Именно такой путь оказался характерным для обитателей крайне соленых водоемов.

Исследуя микрофлору из лагуны Шарк-Бей (Северо-Западная Австралия)², мы выделили и описали своеобразную метанобразующую бактерию *Methanococcus halophilus*, растущую только на метиламинах при солености до 15 % NaCl. Одновременно такие же организмы



Зависимость образования метана [CH_4] штаммом Z-7303 [Арабатская стрелка] от солености среды. Субстрат 52 мМ триметиламина, инкубация при 55 °C в течение 25 суток.



Плоская микроколлония экстремально-галофильной метанобразующей бактерии из проб. азиатских близости Арабата при солености 25 % NaCl, выращенная в культуре на триметилаmine. Увел. в 30 тыс. раз.



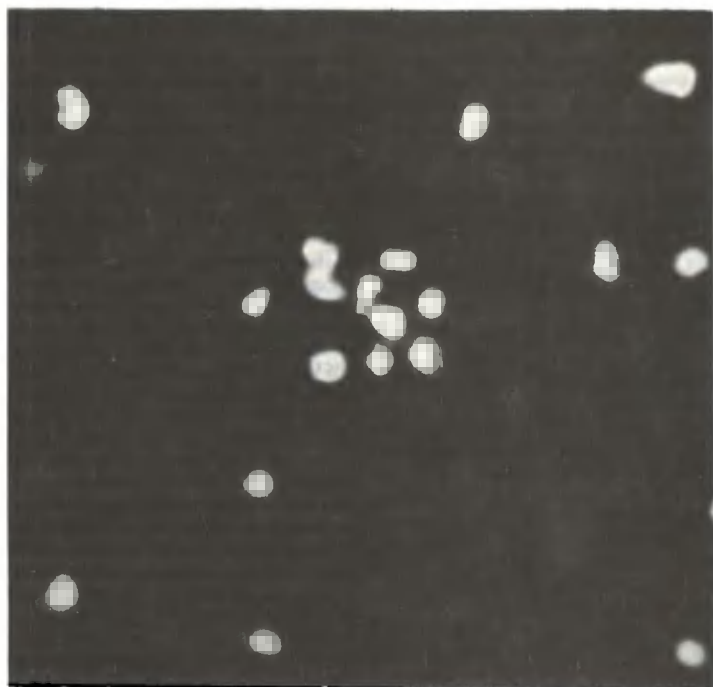
Микроколлония экстремально-галофильной метанобразующей бактерии при солености 25 % NaCl. Некоторые клетки встали на ребро, и видно, что они плоские. Увел. в 40 тыс. раз.

были выделены Х. Кенигом и К. Штеттером (ФРГ) и описаны под названием *Methanolobus tindarius*, а также К. Соверсом и Дж. Ферри (США) под названием *Methanococcoides methylitens*. Найденные зарубежными коллегами организмы росли при несколько более низкой солености (до 6 % NaCl). Все эти независимо описанные организмы очень близки между собой.

Летом 1984 г., изучая классические солеродные водоемы Крыма (оз. Сиваш, оз. Чокрак) и Калмыкии среди широко представленных здесь метанобразующих бактерий, сходных с *M. halophilus*, мы обнаружили новую метанобразующую бактерию, способную расти на триметилаmine ($\text{CH}_3)_3\text{N}$ при солености до 30 % NaCl, т. е. при насыщающей концентрации соли. Организм ее оказался совершенно необычным.

В пересыхающих водоемах и лагунах вблизи пос. Соляное на Арабатской стрелке в Крыму концентрация солей в зависимости от погоды меняется от 10 до 30 % в течение нескольких дней. Обитатели этих лагун представляют особый мир соленолобивых микроорганизмов — галофилов. Именно здесь развиваются циано-бактериальные сообщества, образующие толстые кожистые пленки — предшественники, из которых затем образуются карбонатные наросты — строматолиты. Самый многочисленный представитель этого сообщества — сине-зеленая водоросль микроколеус (*Microcoleus chthonoplastes*). Под сформированной ею плотной «кожей» живут разнообразные бактерии, разлагающие остатки водорослей. Нижний мощный черный слой занимают сульфатвосстанавливающие бактерии, которые и завершают распад органического вещества. Кроме микроколеуса органическое вещество поставляют также водоросли *Cladophora sivashensis*, которые в большом количестве выбрасываются на Сиваше во время штормов. Остатки этих нитчатых водорослей со временем спрессовываются в плотный войлок, достигающий иногда полуметровой толщины. Черный слой сульфидов железа сильно нагревается под лучами южного солнца, что создает переменный

² Заварзин Г. А., Крылов И. Н. Циано-бактериальные сообщества — коллоиды в прошлом. — Природа, 1983, № 3, с. 59.



Полигональные клетки галофильного метанообразующего кокка из оз. Чокрак при солености 23 % NaCl, выращенная в культуре на триметиламин. Увел. в 30 тыс. раз.

температурный режим. На поверхности этого слоя отлагаются ослепительно белые блестящие кубические кристаллы галита, а в воде между ними растут красные жгутиковые водоросли *Dunaliella*. Выглядят такие водоемы необычайно живописно.

Разложение органического вещества в условиях высокой солености идет довольно медленно с образованием черных липких грязей, используемых в бальнеологии. При посеве таких грязей на среды, содержащие различные субстраты для метанообразующих бактерий, оказалось, что на ацетате образуется только сероводород, на смеси водорода с углекислотой — сероводород и метан примерно в равных количествах, а на метиламинах — только метан. Это значит, что для крайне соленых водоемов, где достаточно много метиламинов,

характерен тот самый, считавшийся ранее совсем незначительным, одноуглеродный путь образования метана. Были выделены и бактерии, сходные с *M. halophilus*, но растущие при высокой концентрации соли.

Откуда же берутся метиламины в галофильных цианобактериальных сообществах? Поставщиком этого субстрата могут быть сами галофильные организмы, точнее, их осморегуляторные вещества, такие как глицин-бетаин, которого особенно много в клетках галофилов. В осадках при сбраживании этого соединения образуются и ацетат, и триметиламин, поддерживающие одновременно образование и сероводорода, и метана.

Из илов, взятых вблизи Арабатской стрелки, был выделен еще более своеобразный организм, живущий при солености до 30 % NaCl, хотя лучше всего он растет при солености 20—25 % NaCl. Использует эта бактерия как единственный источник углерода и энергии триметиламин, который она затем превращает в метан и аммиак. Этот организм хорошо растет не только в довольно широком диа-

пазоне солености от 15 до 27 % NaCl, но и в широком температурном интервале, вплоть до 55 °C. Благодаря таким свойствам открытая нами новая метанообразующая бактерия хорошо приспосабливается к изменчивым условиям в местах своего обитания.

Неожиданной оказалась и форма микроорганизма: плоские, треугольные или многоугольные клетки размером 2—3 мкм и толщиной около 0,5 мкм, слегка вогнутые, большей частью собраны в клеточные агрегаты. Размножается эта бактерия многократным дроблением, но только в одной плоскости, что приводит к образованию плоского агрегата. Такой клеточный блок представляет собой неправильный овал, а сами клетки имеют секториальную форму. При распаде клеточного агрегата появляются одиночные полигональные плоские клетки, напоминающие крылья бабочки и совершенно непохожие на привычные всем формы бактерий.

Открытие этой новой экстремально-галофильной метанообразующей бактерии, обладающей такими своеобразными свойствами, вносит весьма существенные дополнения в наши представления о трех возможных путях биогенного образования метана. Теперь мы знаем, что в крайне соленых водоемах метан образуется также в результате деятельности метанообразующих бактерий. Однако процесс этот идет особым, совсем не характерным для других природных систем одноуглеродным путем. Кроме того, важным предшественником метана нужно считать метиламины. Особенно это относится к богатым сульфатами водоемам, поскольку именно там они и выполняют функцию специфических субстратов для метанообразующих бактерий. Эти бактерии вносят существенный вклад в минерализацию большого класса органических азотсодержащих соединений. И еще один важный момент. До сих пор галобактерии и метанообразующие бактерии не встречались в одной экологической нише. Новый организм — первый представитель, смыкающий области существования этих двух групп археобактерий.



Космические исследования

На границе Солнечной системы

Пройдя вблизи Сатурна в 1980 и 1981 гг., автоматические межпланетные станции «Вояджер-1» и «Вояджер-2» легли на различные траектории. Первая, уходя «вверх» под большим углом, покидает плоскость Солнечной системы, тогда как вторая, оставаясь в этой плоскости, направляется к Урану, в окрестности которого она должна быть в январе 1986 г.

На борту станций установлены детекторы высокочастотного радиоизлучения. Некоторые результаты, полученные вблизи Сатурна, пока не поддаются объяснению. Так, резкие пики радиоизлучения с частотой между 2 и 3 кГц, первоначально отнесенные к процессам в магнитосфере Юпитера, оказались слишком слабыми и обладающими «неподходящим» спектром. По тем же причинам их источником нельзя считать магнитосферу Сатурна. Не исключено, что излучение исходит от Урана, но для него оно все же слишком сильно.

Вне Солнечной системы источником этого радиоизлучения может быть удаленный объект, подобный пульсару. Однако до сих пор не обнаружили пульсара, который бы излучал на подобной частоте и с такой интенсивностью.

К началу 1985 г. оба «Вояджера», находясь в солнечном ветре, все больше приближались к границе области — гелиопаузе, где он тормозится давлением газов, заполняющих межзвездное пространство. Здесь образуется ударная волна, связанная со столкновением солнечного ветра и межзвездного газа.

Подобная же ударная волна возникает при столкновении солнечного ветра с земной маг-

нитосферой, причем известно, что она является источником интенсивного радиоизлучения. Не исключено, что и в районе гелиопаузы происходят аналогичные процессы.

Группа специалистов, руководимая Д. Гарнеттом (D. Gurlett; Университет штата Айова, Эймс, США) оценила плотность газа, которая необходима для возникновения наблюдаемого излучения с частотой от 2 до 3 кГц. Принимая, что плотность солнечного ветра уменьшается с расстоянием, они установили, что гелиопауза должна быть расположена на расстоянии около 46 а. е. от Солнца¹.

Если их выводы верны, гелиопауза следует «перенести» значительно ближе к Солнцу, чем полагали до сих пор, основываясь главным образом на данных «Пионера-10». Сейчас этот зонд находится на расстоянии 34 а. е. от Солнца и является самым удаленным из всех космических аппаратов в Солнечной системе. Согласно его данным, гелиопауза расположена более чем в 65 а. е. от Солнца. Однако, возможно, эта оценка и не противоречит новым выводам, поскольку область, охватываемая гелиопаузой, по-видимому, имеет вытянутую грушеобразную форму, а «Пионер-10» перемещается в направлении наибольшей вытянутости этой области.

Итак, если результаты анализа данных, поступивших от «Пионера-10» и «Вояджера», верны, то «Вояджер-1», находящийся к началу 1985 г. в 19 а. е. от Солнца, первым пересечет границу Солнечной системы и вступит в межзвездное пространство. Nature, 1984, v. 312, p. 27; New Scientist, 1984, v. 104, № 1431, p. 22 (Великобритания).

¹ Газодинамические расчеты, выполненные советскими специалистами, дают значительно большие (превышающие 100 а. е.) расстояния гелиопаузы от Солнца. — Прим. ред.

Астрофизика

Сверхновые и постоянная Хаббла

М. М. Йизвээр (Институт астрофизики и физики атмосферы АН ЭССР) вычислил новое значение постоянной Хаббла (H_0), равное 45 ± 7 км · Мпс/с.

От точного знания H_0 зависят наши представления о возрасте Метагалактики, ее динамике в прошлом и будущем. Для вычисления H_0 нужно знать скорость удаления от нас галактик и расстояние до них ($H_0 = v/R$). Скорость измеряется достаточно просто — спектроскопически, по эффекту Доплера. А вот измерение межгалактических расстояний — серьезная проблема, на решение которой астрономы потратили более полувека. В качестве индикаторов межгалактических расстояний часто используются яркие переменные звезды, в частности сверхновые, которые видны на наибольших расстояниях. Долгое время предполагалось, что все сверхновые I типа (SNI) имеют в максимуме блеска стандартную светимость. Отсюда оценка для H_0 составила $50 - 55$ км · Мпс/с, а возраст Метагалактики $T \approx H_0^{-1} = 20$ млрд лет.

Но верно ли предположение о неизменности максимальной светимости SNI? Подкреплялось это сомнение тем, что иные методы определения расстояний приводили к значению $H_0 \sim 100$ км · Мпс/с и, следовательно, к возрасту Метагалактики всего 10 млрд лет.

В 1977 г. Ю. П. Псковский (Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга) обнаружил, что светимость SNI в максимуме блеска связана со скоростью уменьшения светимости после максимума: чем медленнее спадает блеск, тем ярче была звезда в максимуме. Используя эту зависимость, М. М. Йизвээр опре-

делил расстояние до 18 галактик Местного сверхскопления, в которых наблюдались вспышки SNI. На основе этих данных М. М. Йизвээр вычислил новое значение постоянной Хаббла: $H_0 = 45 \pm 7$ км · Мпк/с. Оказалось также, что на фоне общего космологического расширения (или относительно реликтового излучения) наша Местная группа галактик движется в сторону центра Местного сверхскопления галактик со скоростью 144 ± 103 км/с. Это движение, по-видимому, связано с притяжением к центру Местного сверхскопления, расположенному в направлении созвездия Девы. Точное знание скорости движения поможет оценить массу гигантской системы галактик — Местного сверхскопления.

М. М. Йизвээр считает, что SNI является «почти идеальным стандартным источником для определения расстояний». По его мнению, с появлением новых крупных оптических телескопов (в том числе космических) вспышки сверхновых можно будет наблюдать не только в галактиках Местного сверхскопления, но и в других далеких сверхскоплениях. Это позволит еще точнее определить значение H_0 , а также понять, как изменяется значение постоянной Хаббла со временем, т. е. насколько быстро замедляется расширение Метагалактики и какова ее судьба в будущем.

Публикации Тартуской астрофизической обсерватории им. В. Струве, 1984, т. 50, с. 327.

Астрофизика

Открыт «коричневый» карлик

Д. Маккарти, Ф. Лоу (D. McCarthy, F. Low; Аризонский университет), а также Ф. Пробст (F. Probst; Обсерватория Китт-Пик, США) сообщили об обнаружении «коричневого» карлика.

Теория предсказывает, что в объекте с массой менее 0,04 массы Солнца термоядер-

ные реакции не происходят. Такой сгусток вещества не может стать звездой: сжимаясь под действием собственного тяготения, он излучает лишь энергию сжатия и медленно остывает, постепенно превращаясь из «коричневого» карлика в «черный». (Этими терминами астрономы обозначают звезды, которые холоднее обычных «красных» карликов, имеющих температуру поверхности не менее 2700 К.) Из-за чрезвычайно малой светимости обнаружить «коричневые» карлики до сих пор не удавалось, но весной 1984 г. такой объект все-таки был открыт. Это спутник близкой звезды 17-й звездной величины Ван Бисбрук 8, находящейся на расстоянии 21 св. г. от Солнца.

В течение нескольких лет Д. Маккарти вел наблюдения двойных систем с невидимыми компонентами, существование которых установлено лишь по возмущениям, которые они вносят в движение главной звезды. Наблюдения осуществлялись с помощью особого прибора, инфракрасного спекл-интерферометра, который позволяет значительно повысить угловое разрешение объектов. В некоторых случаях удалось зарегистрировать тепловое излучение невидимых компонентов, определить их положение и показать, что эти спутники представляют собой маломассивные звезды, красные карлики.

Однако масса спутника звезды Ван Бисбрук 8 оказалась меньше 0,01 массы Солнца, т. е. всего в 5—10 раз больше массы нашего Юпитера, а по диаметру, скорее всего, даже меньше Юпитера. Следовательно, звездой этот спутник быть не может. Температура его поверхности всего около 1400 К. На длине волны 2,2 мкм «коричневый» карлик излучает примерно в 15 раз слабее главной звезды, а в видимом свете его звездная величина, по оценкам, составит 29^m — далеко за пределом обнаружения крупнейших телескопов. Возможно, по мнению авторов, обнаруженный ими объект окажется первой массивной планетой типа Юпитера, открытой за пределами Солнечной системы.

Инфракрасные наблюдения, которые будут проводить-

ся в течение нескольких лет, позволят вычислить орбиту двойной системы и массу «коричневого» карлика.

Steward observatory preprint, № 554, 1984; Sky and Telescope, 1985, v. 69, № 2, p. 126 (США).

Астрономия

Проект крупнейшего телескопа

Калифорнийский университет совместно с Калифорнийским технологическим институтом (Пасадена, США) намерены соорудить телескоп на вершине древнего вулкана Мауна-Кеа (Гавайские о-ва). Это будет крупнейший в мире телескоп; его 10-метровое зеркало будет состоять из 36 шестиугольных сегментов, положение которых корректируется 108 моторами, управляемыми ЭВМ.

Строительство телескопа должно начаться в 1986 г. Шестью годами позже прибор вступит в строй.

Несмотря на то что телескоп будет почти вдвое крупнее любого из ныне существующих, его размеры, вероятно, перекроются в недалеком будущем. Объединение Национальных оптических астрономических обсерваторий США предполагает получить ассигнования на строительство 15-метрового телескопа, состоящего из 4 отдельных зеркал. Кроме того, японские астрономы планируют соорудить (также на горе Мауна-Кеа) 7,5-метровый телескоп с монолитным зеркалом.

New Scientist, 1984, v. 105, № 1438, p. 8 (Великобритания).

Физика

Проверка закона тяготения в лабораторных условиях

В. К. Милюков (Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга) проанализировал данные измерений гравитационной постоян-

ной G с целью обнаружить ее зависимость от расстояния. В диапазоне от 11 до 21 см такой зависимости не найдено: $G(11 \text{ см})/G(21 \text{ см}) = 1 + (62 \pm 69) \cdot 10^{-5}$.

В своем анализе автор воспользовался измерениями G , выполненными в том же институте группой М. У. Сагитова¹; в них G определялась по крутильным колебаниям пробного тела в гравитационном поле эталонных масс. Было получено значение $G = (6,6745 \pm 0,0008) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$, что в 10 раз точнее официально принятого значения².

Зависимость G от расстояния — удобный способ описания отклонений от ньютоновского закона тяготения. Развитие квантовой теории гравитации приводит к выводу, что отклонения действительно могут иметь место. «Наивное» квантование гравитации наталкивается на серьезные трудности. Самым модным и перспективным направлением сейчас считаются так называемые теории супергравитации, лежащие в русле генеральной линии на объединение всех фундаментальных взаимодействий элементарных частиц в рамках единой теории поля.

В теориях супергравитации появляется множество новых частиц³. Например, в одном из простейших вариантов наряду с гравитоном имеется пара гравитино со спином $3/2$ и гравифотон со спином 1. Наличие новых частиц неизбежно модифицирует закон тяготения. Так, обмен гравифотоном создает силы притяжения между частицей и античастицей, но приводит к отталкиванию двух частиц.

Иными словами, в микромире возможна антигравитация!

Гравитационные силы очень слабы: они становятся существенными только при невообразимо больших энергиях порядка 10^{19} ГэВ , когда взаимодействующие частицы сближаются на расстояния около 10^{-33} см . Вряд ли когда-нибудь мы сумеем создать подобные условия искусственно. Гравитационные силы между макроскопическими телами, тем не менее, легко доступны наблюдениям, так как здесь суммируются взаимодействия большого числа частиц. Это возможно лишь потому, что обычные силы тяготения имеют бесконечный радиус действия (т. е. масса гравитона равна нулю). Но никто пока не знает радиуса действия новых сил, вызванных, скажем, обменом гравифотоном, так что ничего не известно о возможности проявления антигравитационных эффектов во взаимодействии макроскопических тел.

Поэтому несомненный интерес представляют лабораторные эксперименты по изучению отклонений от закона Ньютона. В 1976 г. Д. Лонг (США) заявил, что обнаружил такие отклонения⁴. Согласно Лонгу, зависимость эффективной гравитационной постоянной от расстояния описывается формулой $G(r) = G[1 + \lambda \ln(r/1 \text{ см})]$. Измерения на расстояниях 4,5 и 30 см привели к значению $\lambda = (2 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$. Лонг пытался оправдать свою формулу соображениями о влиянии на форму закона тяготения изменения «массы» вакуума в присутствии гравитирующих тел. Стоит, правда, отметить, что в квантовой электродинамике хорошо известен аналогичный эффект экранировки электрического заряда виртуальными электрон-позитронными парами вакуума. Но ни один из последующих экспериментов не подтвердил результатов Лонга. Сам он объяснял это тем, что в опытах не была достигнута требуемая точность.

Точность экспериментов в ГАИШ в четыре раза выше точности опытов Лонга. И тем не

менее никаких отклонений от стандартной формы закона тяготения в исследованной области расстояний не обнаружено. Обработка данных с помощью формулы Лонга привела к результату $\lambda = (9 \pm 10) \cdot 10^{-5}$, что совместимо со значением $\lambda = 0$, так что «открытие» Лонга, по видимому, можно считать несостоявшимся.

Отсутствие новых гравитационных эффектов на расстояниях 11—21 см позволили В. К. Милюкову получить некоторые ограничения на параметры теории и, в частности, на массу гравифотона. Правда, следует помнить, что все подобные частицы вместе с гравитоном пока не имеют даже статуса «теоретически предсказанных», поскольку квантовая теория гравитации еще далеко не завершена и говорить о наблюдаемых следствиях можно лишь с большими оговорками.

ЖЭТФ, 1985, т. 88, с. 321.

Физика

Рентгеновское излучение при разрушении твердых тел

Разнообразные природные процессы, связанные с разрушением твердых тел и разрушением адгезионных связей, например землетрясения, подвигка льдов, сход снежных лавин и т. п., сопровождаются эмиссией электронов и ионов с образующихся при этом поверхности, а также излучением в широком диапазоне длин волн. Испускание заряженных частиц и фотонов при разрыве когезионных и адгезионных связей, в том числе при отслаивании полимерных пленок или при разрушении кристаллов, неоднократно наблюдалось в лабораторных условиях. Однако до сих пор ограничивались в основном регистрацией вида излучений и газоразрядных процессов. Сейчас большое внимание уделяется детальному определению параметров возникающих излучений, поскольку по ним можно судить о механизме процессов, в частности механизме образо-

¹ Сагитов М. У., Милюков В. К., Монохов Е. А. и др. — Доклады АН СССР, 1979, т. 245, с. 567.

² Примерно с такой же точностью постоянная G была определена физиками США и Франции. Об экспериментах американской группы см.: Природа, 1982, № 11, с. 108.

³ О свойствах некоторых из них см. подробнее: Березинский В. С. Объединенные калибровочные теории и нестабильный протон. — Природа, 1984, № 11, с. 24.

⁴ Long D. — Nature, 1976, v. 260, p. 417.

вания трещин при разрушении различных материалов.

Б. В. Дерягин, В. А. Ключев, А. Г. Липсон, Ю. П. Торопов, А. Д. Алиев, А. Е. Чалых (Институт физической химии АН СССР) установили, что в вакууме при разрушении слюды мусковит и при отслаивании полимерных пленок от различных подложек (алюминиевых, медных, стальных, кадмиевых, стеклянных) возникает поток рентгеновского излучения, который, например, при скорости отслаивания 1 см/с достигает 10^4 фотон/см^2 .

При изучении энергетического спектра рентгеновского излучения на фоне «тормозного», имеющего непрерывный спектр вплоть до 70 кэВ , наблюдалось характеристическое рентгеновское излучение, связанное с испусканием фотонов при возбуждении электронных оболочек атомов. Было зафиксировано характеристическое излучение линий К- и L-серий элементов, входящих в состав слюды и подложек всех исследованных адгезионных пар. Причем чем ниже энергия К- или L-линии элемента, тем интенсивнее соответствующее характеристическое рентгеновское излучение. Соотношение интенсивностей линий в спектре отражало относительное содержание элементов в образцах сложного состава: слюда (Al, K, Si) и стекло (K, Na, Si).

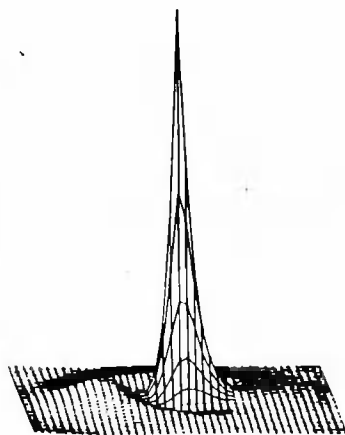
Подобные данные будут полезны для рентгено-спектрального анализа состава веществ, входящих в адгезионные пары, или разрушающегося твердого тела.

Доклады АН СССР, 1984, т. 279, № 2, с. 415—419.

Физика

Асимметрия в структуре атома водорода

Американские исследователи из Университета штата Северная Каролина впервые с помощью ЭВМ получили «изображение» атома водорода в момент его рождения. Атомы во-



«Изображение» атома водорода в момент рождения.

дорода образовывались в камере столкновений при бомбардировке атомов гелия протонами: протоны захватывали и связывали электроны гелия, образуя атом водорода.

В эксперименте к области столкновений прикладывали электрические поля, влияющие на характеристики испускаемого атомами водорода излучения; это излучение исследовалось в различных направлениях. Данные пространственных измерений излучения вводили в ЭВМ, запрограммированную на проведение анализа структуры атома водорода.

Центральный пик на рисунке — это «изображение» ядра атома водорода (протона); движение электрона вокруг протона представлено в виде «облака» отрицательного заряда, которое всегда считали симметричным. В данном случае электронное «облако» несимметрично, электрон как бы «отстает» от протона. Такое отставание исследователи объясняют тем, что атом гелия все еще продолжает воздействовать на электрон.

Авторы полагают, что проведенные исследования помогут пролить свет на характер атомных столкновений, которые происходят во время термоядерных реакций.

Science News, 1984, v. 126, № 4, p. 54 (США).

Физика атмосферы

Вода в перистых облаках при минус 36°C

Существовавшие до сих пор модели, описывающие процесс переноса тепла в атмосфере, предполагали, что облака на тех высотах, где образуется их перистая разновидность (6—12 тыс. м), состоят только из ледяных кристаллов. Это предположение опровергается исследованиями, проведенными группой метеорологов, возглавляемой К. Сэссеном (K. Sassen; Университет штата Юта, США).

Состав облаков изучался с помощью наземного поляризационного лидара (лазерного локатора); прибор позволяет путем анализа поляризации светового сигнала, отраженного от частиц, составляющих облако, установить, в какой фазе находится там влага — в виде жидкой воды или ледяных кристаллов. Эксперименты осуществлялись в слое перистых облаков, расположенных вплоть до высоты 8,2 км в районе Боулдера (штат Колорадо).

Наземные наблюдения дополнялись работами на борту самолета-лаборатории, принадлежащего Национальному центру атмосферных исследований США. Самолет пролетал на высоте 1,9 км через основание плотного перистого облака; брались пробы воздуха, в которых затем измерялись размеры и степень концентрации капель и кристаллов.

Как наземные, так и наблюдения с самолета показали, что в узком 100-метровом слое у основания перистых облаков, вопреки теории, содержится жидкие капли влаги и их число достигает 130 капель в 1 м^3 . Температура капель составляет минус $35\text{—}36^\circ\text{C}$. Однако с увеличением высоты примерно на 100 м эти капли уже замерзают и превращаются в ледяные кристаллы. Столь низкая температура влаги в облаках до сих пор еще никогда не отмечалась.

Переохлажденная влага имеет в жидкой форме весьма краткий срок существования: капли замерзают через несколько минут. Мгновенной кристал-

лизации препятствует сравнительно малая плотность пылевых частиц, которые могли бы служить центрами кристаллизации льда на больших высотах в перистых облаках.

Как известно, эти облака играют немалую роль в переносе через атмосферу солнечной и отраженной Землей радиации. Применяемые до сих пор математические модели климата исходят из того, что перистые облака целиком образованы ледяными кристаллами гексагональной формы; на основе этого предположения рассчитываются процессы рассеяния радиации. Водяные же капли имеют сферическую форму и, следовательно, рассеивают радиацию иначе.

Если водяной слой, обнаруженный у основания перистых облаков над Боулдером, действительно характерен для облаков этого типа, то станет необходимо пересмотреть модели переноса радиации, несмотря на малую (100 м) толщину этого слоя.

Bulletin of American Meteorological Society, 1984, v. 65, № 8, p. 889; EOS, Transactions of the American Geophysical Union, 1984, v. 65, № 29, p. 443 (США).



Генетика

Хвойные оценивают мутагенность биосферы

На окружающую среду все больше влияет жизнедеятельность человека. В биосферу попадают миллионы ранее не свойственных ей химических веществ, многие из которых физиологически активны, причем наиболее опасны вещества мутагенного действия. Поэтому особенно актуально создание методов, с помощью которых можно определить степень риска от увеличения числа мутаций. К таким методам относится изучение белкового полиморфизма с помощью электрофореза.

В. А. Духарев, А. В. Духарева и И. М. Минаева (Лаборатория лесоведения АН СССР) изучали мутации в двух популя-

циях сосны обыкновенной, подвергавшихся различной степени антропогенной нагрузки. Популяция 1 была отделена от промышленных предприятий, популяция 2 находилась в непосредственной близости от крупного химического завода. Предварительно было установлено, что у сосняков сходных типов в возрасте от 45 до 180 лет уровень частот спонтанных мутаций близок.

Методом электрофореза в семенах сосен идентифицировали определенные ферменты. Было обнаружено, что в популяции 2 уровень мутаций из года в год становился выше такого же уровня в популяции 1; так, средняя частота мутаций, обнаруженная за 3 года исследований, составила $5,0 \cdot 10^{-5}$ в популяции 1 и $9,4 \cdot 10^{-5}$ в популяции 2. Иными словами, в популяции сосен, произрастающей в среде с повышенным содержанием различных химических веществ, возникает в 2 раза больше мутаций, чем в популяции, удаленной от промышленных предприятий.

По мнению авторов работы, назрела необходимость разработки тест-системы, обладающей большой пропускной способностью и позволяющей улавливать изменения мутагенности среды, как имеющие глобальный характер, так и происходящие в отдельных районах. На роль такой тест-системы могут вполне претендовать хвойные виды растений, так как они занимают большую часть территории нашей страны и позволяют в динамике изучать мутагенное влияние окружающей среды на протяжении длительного промежутка времени.

Доклады АН СССР, 1984, т. 274, № 5, с. 1201—1205.

Биофизика

Биоритмы живой клетки

Практические задачи диагностики состояния и управления жизнедеятельностью клетки требуют детального выявления ее временной организации. Благодаря развитию методов прижизненной микроскопии кле-

ток, их микрокиносъемки и культивирования тканей стали известны клеточные ритмы в диапазоне от нескольких месяцев (сезонные) до 1 секунды. В связи с рядом технических сложностей более быстрые биоритмы были изучены в основном на изолированных органеллах и в биохимических системах, а не на неповрежденной живой клетке. Применение лазерных методов кардинально расширило исследуемый диапазон скоростей микроструктурных процессов в живой клетке: например, лазерная доплеровская спектроскопия и спектрофотометрия позволяют определять периоды некоторых внутриклеточных процессов, длящихся всего несколько пикосекунд.

В коллективной работе группы специалистов из НИИ механики и прикладной математики Ростовского государственного университета им. М. А. Суслова, Института общей физики АН СССР и Института биоорганической химии им. М. М. Шемякина АН СССР (Москва) была поставлена цель — экспериментально проверить наличие в живой клетке быстрых колебаний биологических микроструктур и уточнить диапазон периодов их фоновых ритмов.

В качестве объекта исследования был взят изолированный механорецепторный орган речного рака — орган, воспринимающий механическое напряжение или прикосновение; его помещали на предметном столике лазерного проекционного микроскопа в камеру, образованную предметным и покровным стеклами и заполненную физиологическим раствором. Производили фотосъемку различных микроструктур нейрона и глиальных клеток механорецепторного органа с интервалами между кадрами в 15 с и киносъемку с интервалами в 1 с, 0,06 с и 100 мкс.

По сравнению с результатами ранее применявшихся методов количественной микроскопии получены два принципиально новых факта: во-первых, в интерфазном (т. е. не делящемся) ядре глиальных клеток и нейрона механорецепторного органа обнаружены кольцевые структуры хроматина диаметром около 2 мкм; во-вто-

рых, эти кольцевые структуры оказались динамическими образованиями, попеременно возникающими и исчезающими в различных участках ядра с периодичностью от 1—2 с до 100 мкс.

Доклады АН СССР, 1984, т. 277, № 6, с. 1468—1471.

Биохимия

Дрозофила и витамины

Водорастворимые и наименее токсичные витамины группы В (B_1 — тиамин, B_2 — рибофлавин, B_6 — пиридоксин) участвуют в образовании коферментов — веществ, которые играют активную роль в биокатализе. Механизм действия этих витаминов изучен достаточно детально, причем объектом исследования часто являются насекомые. Например, известно, что проявление наследственных признаков в развитии насекомого происходит в течение критических периодов, для которых характерна повышенная чувствительность организма к воздействию любых внешних агентов.

Л. Н. Дроздовская и И. А. Рапопорт (Институт химической физики АН СССР) изучали влияние витаминов B_1 , B_2 и B_6 , введенных в личинки, на модификации и жизнеспособность плодовой мухи — дрозофилы. Оказалось, что при определенных концентрациях эти витамины снижают жизнеспособность насекомого, причем наиболее токсичен витамин B_2 .

Кроме того, каждый из исследованных витаминов специфически влияет на модификации щетинок дрозофилы. Так, если B_2 усиливает модификационные изменения, то B_1 приводит к нормализации щетинок; B_6 в малых дозах действует в направлении нормализации признака, а в более высоких дозах вызывает появление различных уродств.

Интересно, что самки и самцы дрозофилы имеют разную чувствительность к воздействию витаминов на жизнеспособность и появление изме-

нений в строении у взрослых насекомых. Однако во всех случаях с увеличением частоты модификаций жизнеспособность насекомых падает. Это означает, что в избыточных дозах даже витамины становятся ядами.

Известия АН СССР, сер. биологическая, 1984, № 6, с. 875—879.

Биохимия

Интерферон против стафилококков

Все больший удельный вес в инфекционных заболеваниях человека приходится на долю стафилококков. Объясняется это тем, что стафилококки приобретают устойчивость ко многим лекарственным средствам, используемым для борьбы с ними. Снижение эффективности химиотерапии часто приводит к длительному сохранению стафилококков в различных органах и тканях пораженного организма.

Сотрудники Института микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного АН УССР и Института эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалеи АМН СССР изучали действие интерферона на мышей, зараженных стафилококками. В опытах использовали α -интерферон. Каждому из подопытных животных вводили 10^3 международных единиц этого препарата и через 24 часа заражали стафилококками.

Анализ полученных результатов показал, что выживаемость подопытных животных значительно выше контрольных, которым интерферон не вводили. Установлено, что наибольшее количество стафилококков локализуется в почках. Спустя 72 часа после заражения и позднее у выживших подопытных животных количество бактерий в почках было значительно меньше, чем в контроле. У мышей, получавших интерферон, стафилококки исчезали из организма уже к седьмому дню, тогда как у выживших контрольных животных стафилококки находили еще на 10—15-е сутки.

Авторы определяли состояние клеточного иммунитета на 1—2-е сутки после заражения мышей. У всех животных, которым вводили интерферон, уровень клеточного иммунитета был выше, чем в контроле.

Механизм антистафилококкового действия интерферона пока не вполне ясен. Имеются данные, что он связан не только с самим интерфероном, но и с другими фракциями, присутствующими в его препаратах. Вполне вероятно, по мнению авторов работы, что защитное действие интерферона связано с его способностью нормализовать иммунную защиту организма.

Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии, 1984, № 5, с. 74—77.

Биохимия

Содержание лития в крови

Хорошо известно, что концентрация таких жизненно важных щелочных элементов, как натрий и калий, в организме человека поддерживается строго постоянной (так называемый гомеостаз). А в каких пределах варьируется в организме содержание химического аналога этих щелочных металлов — лития? Вопрос не праздный, особенно сейчас, когда литий успешно используется в медицинской практике при лечении психических заболеваний.

Поскольку уровни концентрации этого микроэлемента в крови людей очень малы и у здоровых людей могут спускаться до 50 наноэквивалент/л, чтобы его обнаружить, используют высокочувствительные методы: масс-спектрометрический вариант изотопного разбавления и эмиссионную плазменную спектрофотометрию. С их помощью сотрудники Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова АН СССР, Ереванского государственного медицинского института, а также биохимики Польши, ФРГ и Австрии показали, что содержание ионов ли-

тия в плазме и сыворотке крови здоровых людей может меняться в широких пределах в зависимости от поступления этого элемента в организм, причем основным источником лития является питьевая вода. В городах, водопроводная сеть которых питается слабоминерализованными водами (Москва, Ленинград, Вена, Бонн, Познань, Мурманск и др.), концентрация лития мала не только в питьевой воде, но и в крови жителей. Так, в Ленинграде при содержании лития в воде 190 нэкв/л в плазме крови жителей в среднем зарегистрировано 129 нэкв/л ионов лития. Более высоким уровням минерализации питьевой воды (например, вода из артезианских источников) соответствовали и более высокие концентрации лития в крови. В Ереване питьевая вода содержит 1130 нэкв/л лития, а средняя концентрация его ионов в плазме крови 808 нэкв/л.

Накопленные данные позволяют не только сделать вывод о зависимости обогащения крови людей литием от его содержания в питьевой воде региона, но и определить пределы содержания этих ионов в крови здоровых людей (50—3000 нэкв/л). Необходимо отметить, что эта концентрация существенно, в 10^3 — 10^4 раз, ниже тех уровней (до 0,5—1 миллиэквивалент/л), которые достигаются в терапевтической практике при суточном введении пациентам 900—1200 мг Li_2CO_3 (30 мэкв лития).

Доклады АН СССР, 1984, т. 279, № 3, с. 758—761.

Физиология

Зачем нужны слезные железы

Известно, что при сильных болевых раздражениях у человека и животных наблюдается активное слезоотделение. Такую реакцию слезных желез нельзя объяснить лишь их защитными функциями в органах зрения; по-видимому, следует допустить существование у слез-

ных желез также специфических эндокринных функций, которые имеют отношение к процессам заживления. Экспериментально это предположение проверили О. Б. Ильинский, М. В. Козлова и С. Е. Спесак (Всесоюзный кардиологический научный центр АМН СССР).

Опыты, включающие три серии, проводили на белых крысах и морских свинках, которым под наркозом удаляли участок кожи на спине. В первой серии экспериментов изучали скорость заживления кожных ран под влиянием длительного возбуждения слезного аппарата. С этой целью крысам наносили термическое раздражение, приводившее к небольшому ожогу слизистой глаза. Из-за возникающего воспаления наблюдалось постоянное и обильное слезоотделение. На фоне такого возбуждения слезных желез скорость заживления кожных ран существенно возрастала — на 26—30 % по сравнению с контролем. Сходный результат наблюдали и на морских свинках.

Во второй серии опытов слезные железы у крыс и морских свинок удаляли, в результате заживления ран происходило на 6—8 дней дольше, чем в соответствующей контрольной группе. Интересно отметить, что после удаления слезных желез у крыс появились атония (падение тонуса) и дряблость кожи, наблюдалось быстрое и значительное расширение краев ран. Очевидно, вещества, вырабатываемые слезными железами, принимают участие и в поддержании нормального тонуса кожи.

В третьей серии опытов изучалось влияние водного экстракта, полученного из гомогената слезных желез, на заживление кожных ран у крыс. Оказалось, что доза экстракта 0,001 мг/кг повышает на 21,8 % скорость полного заживления ран у крыс с удаленными слезными железами по сравнению с контрольными животными.

Полученные данные позволяют утверждать, что слезные железы вырабатывают определенные биологически активные соединения, имеющие прямое отношение к процессу заживления ран. Что представляют собой

эти вещества, где в железах они образуются, каким образом действуют — все эти вопросы составляют предмет ведущихся в настоящее время исследований.

Доклады АН СССР, 1984, т. 279, № 1, с. 241—244.

Физиология

Курение и рак

Хотя курение, несомненно, — сильный канцерогенный фактор, не все курильщики заболевают раком легких. Группа лондонских врачей (Виттингтонская больница и Больница св. Марии) исследовала те особенности организма курильщиков, которые могут влиять на восприимчивость к раку, и пришла к выводу, что чрезвычайно важен в этом отношении уровень окислительного метаболизма человека.

Скорость окислительного метаболизма оценивали с помощью препарата дебризоквина, который подвергается в организме гидроксигидрированию и выводится с мочой в виде безвредного 4-гидроксидебризоквина. Давая пациентам таблетки дебризоквина и определяя в моче соотношение между исходным веществом и его гидроксигидрированным производным, можно установить интенсивность окислительного метаболизма. Исследования проводили на курильщиках с диагностированным раком легкого; контрольную группу составляли такие же заядлые курильщики с хроническим сужением дыхательных путей, но не имеющие признаков рака. Возраст, соотношение полов и интенсивность курения были сходными в обеих группах; не было выявлено различий между ними и по целому ряду биохимических показателей крови.

Оказалось, что курильщики из контрольной группы обладают низким уровнем окислительного метаболизма, а больные раком — высоким. Исключение составили 4 пациента с низким окислительным метаболизмом: у них был рак, но это были сверхкурильщики (потребление ими сигарет в 2,5 раза

превышало среднее по группам).

Прежде чем начать курить, не мешает проверить свой окислительный метаболизм; если он окажется высоким, рака при курении не избежать. Однако, если окислительный метаболизм низкий и принято решение курить, следует подумать об окружающих: среди вдыхающих сигаретный дым могут оказаться люди с высоким уровнем окислительного метаболизма.

Nature, 1984, v. 312, № 5990, p. 169—170 (Великобритания).

Психофизиология

Электросон в профилактике эмоционального стресса

Группа психофизиологов (А. М. Гончаренко, И. С. Кандор, И. И. Попова, С. Р. Ройтенбург и В. М. Шахнарович; ВНИИ железнодорожной гигиены Министерства путей сообщения СССР) продемонстрировала эффективность электросна при сменной эмоционально напряженной работе (диспетчеров, машинистов железной дороги). Подобная работа рассматривается как эмоциональный стрессор, способный привести к развитию психических и вегетативных нарушений.

На электроды, расположенные на лбу и затылке, в течение часа подавался ток с частотой 120 импульсов в секунду и интенсивностью чуть ниже порога ощущения. После 15—16 сеансов отмечались следующие сдвиги: уменьшилась реакция артериального давления на нагрузку; у лиц с начальными стадиями гипертонической болезни снижалось артериальное давление в покое; уменьшилось дрожание рук, улучшилась координация тонких движений; повысилась умственная работоспособность, способность к длительному поддержанию внимания (по корректурной пробе); увеличился объем оперативной памяти; улучшилась обучаемость (по тесту «нахождение выхода из лабиринта»). Улучшилась также функция естественного сна: до сеансов электросна обычный сон улуч-

шал работоспособность (по корректурной пробе) на 11 %, а после проведенного курса — до 41 %. (Разумеется, эти данные несут статистический характер и не означают, что все эффекты наблюдались у каждого из обследованных.) В целом профилактический эффект электросна не уступает действию современных лекарственных препаратов транквилизаторов, но, в отличие от них, электросон не оказывает тормозящего эффекта, не уменьшает скорости реагирования и может назначаться лицам, работа которых требует быстрых и точных реакций.

Хотя процедура и носит название электросна, у значительной части лиц сна во время сеансов она не вызывала, при этом эффективность процедуры никак не была связана с наступлением или ненаступлением сна.

Физиология человека, 1984, т. 10, № 1, с. 47—51.

Биология

Гусеницы бабочек голубянок — паразиты в системе симбиоза

Очень многие виды растений из рода *Macaranga*, распространенные от Африки до Океании, поддерживают тесные взаимовыгодные отношения с муравьями рода *Crematogaster*¹. Эти муравьи поселяются в междоузлиях ветвей, выгрызая в них длинные полости. Под прилистниками растения образуются многочисленные светло-кремовые выросты; они богаты питательными веществами и служат для муравьев одним из основных источников их питания. Получая от растения «и стол и дом», муравьи не остаются в долгу: они яростно нападают на любое насекомое, появляющееся на листьях, не позволяя вредить растению.

Оказалось, однако, что листьями макаранги все-таки питаются гусеницы некоторых ба-

бочек голубянок из рода *Arhopala*. Удастся им это благодаря наличию железистых органов — пары щупальцевидных придатков на заднем конце тела, из которых выделяется крайне привлекательный для муравьев секрет. Как только муравей прикасается к гусенице, она выпячивает эти придатки, а муравей начинает их тщательно вылизывать. Потому-то муравьи и не трогают гусениц голубянок, позволяя им (и только им одним!) беспрепятственно объедать листья макаранги. Кроме того, гусеницы извлекают еще одну выгоду: охраняя растение, муравьи, естественно, прогоняют и разнообразных хищных и паразитических насекомых, которые могли бы уничтожить гусениц голубянок. А от птиц и других насекомыхоядных позвоночных гусеницы защищают великолепная покровительственная окраска и форма. Например, гусеницы бабочки *Arhopala amphimuta*, поселяющиеся на *Macaranga triloba*, имеют в первых двух возрастах зеленоватую окраску и вытянутую, слегка уплощенную форму, что делает их очень похожими на жилки листьев, возле которых на нижней стороне листа и держатся гусеницы, выведая в листовых пластинке округлые отверстия. Гусеницы более старших возрастов тоже зеленые, но средняя часть их тела красно-коричневая, очень похожая по цвету на прилистники макаранги. Эти гусеницы питаются, объедая листья, но отдыхают обязательно на стеблях, располагая тело параллельно им — так гусеница напоминает прилистник, и ее очень трудно обнаружить. Тут же на стебле гусеница и окукливается, причем и куколка окрасшена покровительственно. Все это делает гусениц и куколок голубянок неуязвимыми для врагов. Гусеницы других видов голубянок обитают на других видах макаранги и своей окраской подражают им. Интересно, что взрослые бабочки откладывают яйца (кстати, тоже окрашенные покровительственно) на молодые листья макаранги в количестве не более 2—3 на один побег. Поэтому голубянки, своеобразным способом паразитирующие в системе симбиоза макаранги и

¹ О симбиотических отношениях муравьев с растениями см. также: Редкий случай симбиоза. — Природа, 1985, № 5, с. 112.

муравьев, не причиняют существенного вреда своему растению-хозяину.

Oecologia, 1984, v. 64, № 1, p. 78—80 (Западный Берлин).



Экология

Яйцееды против растительноядных клопов

Биологический метод борьбы с вредителями, несомненно, обладает рядом важных достоинств. Но сложность состоит в том, что для каждого случая его разработка в значительной мере уникальна. Рассмотрим, например, данные о применении яйцевых паразитов (яйцеедов) — представителей рода *Trissolcus* (Scelionidae), личинки которых развиваются в яйцах клопов-щитников (Pentatomidae). Среди этих клопов есть и столь опасный вредитель злаков, как вредная черепашка (*Eurygaster integriceps*).

В нашей стране по причинам, о которых речь пойдет ниже, яйцееды против клопов широко не применяются. А в Австралии уже много лет завезенный из Америки *Trissolcus basalis* успешно снижает численность завезенного оттуда же вредоносного клопа *Nezara viridula*. Но удивительно, что на сое и кунжуте этот паразит неэффективен. Лабораторные эксперименты, проведенные Дж. В. Турнером¹, позволили отказаться от дальнейших дорогостоящих попыток применения паразитов в полевых условиях. Оказалось, что при непосредственном поиске кладок хозяина самка движется «пешком». При этом опускание листьев сои — гордость селекционеров, заботившихся о защите растений от цикадок, — препятствует движению мелкого насекомого. Листья кунжута, обладающие железистыми волосками, и вовсе отпугивали яйцеедов.



Самка яйцееда (*Trissolcus grandis*), заражающая кладку вредной черепашки. Теперь из яиц клопа выведутся не его вредоносные личинки, а крылатые паразиты, которые отправятся на поиски новых клопных кладок.



Спаривающиеся вредные черепашки (*Eurygaster integriceps*). В поисках кладок этого вредителя злаков для яйцеедов большую роль играет запах ванилина — полового феромона, которым самцы приманивают самок. Следы оплодотворенных (готовых к откладке яиц) самок сильнее привлекают яйцеедов, чем неоплодотворенных.

Итак, невозможность применения яйцеедов на сое и кунжуте очевидна. Но вопрос о том, почему испытания яйцеедов на полях зерновых, проводившиеся в нашей стране в 1969—1972 гг., не дали положительных результатов, долгое время оставался без научно обоснованного ответа. Разрешить его помогли семилетние исследования В. В. Булезы, которые были направлены на раскрытие механизмов поиска клопных кладок яйцеедами. К сожалению, скученное содержание паразитов в лабораторных пробирках подавляло их мотивацию искать и заражать хозяина. Тем не менее Булезу удалось выяснить, что хотя паразит и заражает непосредственно яйца клопов, ищет он их исключительно по запаху взрослых особей. Издали яйцеедов привлекает запах ванилина — полового феромона, которым самцы вредной черепашки приманивают самок.

На основании добытых сведений Булеза попытался управлять поведением яйцеедов. Перед тем как оказаться в поле, они 24 часа контактировали с веществами, экстрагированными из имаго (окончательной стадии развития) клопов хлористым метилом. Клопным экстрактом были обработаны и отдельные участки поля.

¹ Turner J. W. — J. Austral. Entomol. Soc., 1983, v. 22, № 3, p. 271.

² Булеза В. В. — В кн.: Поведение насекомых. М., 1984, с. 80.

Паразитов выпускали вечером, чтобы они не были склонны мигрировать после сидения в пробирках. Результаты опытов оказались весьма обнадеживающими: если ранее выпускали на гектар 10—15 тыс. особей и зараженность кладок увеличивалась всего на 10—20 %, то после применения экстракта около тысячи яйцеедов в первый же день заражали в 7 раз больше кладок — эффективность по сравнению с контрольным полем возрастала на 700 %!

Так учет тонких особенностей поведения паразитов-энтомофагов помог в принципе разрешить вопрос об использовании их в качестве агентов биологической борьбы с вредителями злаков.

В. М. Карцев
Москва

Биология

Как обезьяны узнают родичей

Известно, что обезьяны легко узнают членов своего стада и реагируют на них иначе, чем на других обезьян того же вида. Предполагалось, что обезьяны отличают своих родичей по внешнему виду или другим признакам (например, сходному запаху и т. п.). Это предположение было подвергнуто тщательной проверке в экспериментах У. Т. Фредриксона и Дж. П. Сэкета (W. T. Fredrickson, J. P. Sackett; Вашингтонский университет, Сизтл, США).

Исследователи фиксировали реакцию макак (Macaca nemestrina) при появлении соплеменников, отличавшихся генетической близостью (вычислялись коэффициенты родства между особями) и степенью знакомства (временем, которое эти обезьяны раньше проводили в одном загоне). Совершенно неожиданным оказалось, что степень родства никак на узнавание не влияет — ни в качестве

самостоятельного фактора, ни в качестве дополнительного к фактору знакомства. Лишь время предварительного общения определяло характер отношения обезьяны к соплеменнику как к «своему» или «чужому».

Авторы приходят к заключению, что способность обезьян узнавать родичей обусловлена только их предварительным знакомством.

The Journal of Comparative and Physiological Psychology, 1984, v. 98, № 1, p. 29—34 (США).



Экология

Последствия экологической экспансии

Науке известно множество случаев, когда нечаянно или намеренно завезенные и акклиматизировавшиеся чужеземные виды животных или растений оказывали разрушительное влияние на природную среду, становились вредными для человека. Еще один пример такой разрушительной экспансии зарегистрирован на юге Африки, куда не так давно проник аргентинский муравей *Iridomyrmex humilis*. Этот вид, непреднамеренно завезенный человеком уже во многие районы земного шара, везде проявляет очень высокую экспансивность, достигая большой численности, вытесняя местные виды муравьев и нередко причиняя вред человеку, хотя на своей родине, в Южной Америке, он занимает весьма скромное положение в естественных экосистемах.

Как показали исследования, аргентинский муравей в Южной Африке не только вытесняет местные виды муравьев, но и нарушает экологическое равновесие в сообществах, ставя под угрозу существование ряда эндемичных растений из уникального семейства Proteaceae, характерного для Капской биогеографической провинции. Семена растений этого семейства распространяются муравьями. На каждом семени имеются две элайосомы — богатые пита-

ельными веществами для муравьев. Муравьи собирают семена, приносят их в гнезда, обгрызают элайосомы, а семена складывают в подземных камерах гнезд, где те успешно прорастают. В отличие от местных видов, аргентинский муравей ведет себя иначе. Исследователи выкладывали на опытных площадках определенное количество семян растения *Mimetes cuscullatus*. Оказалось, что там, где местные доминирующие виды муравьев уже вытеснены аргентинским муравьем, семена подолгу остаются на поверхности: они мало привлекательны для рабочих аргентинского муравья и те переносят их лишь на небольшие расстояния и никогда не прячут в своих гнездах. Поэтому на заселенных аргентинским муравьем участках прорастало только 0,7 % семян, большинство же поедали птицы и другие зерноядные животные (на нетронутых участках отмечено прорастание 35,3 % семян). Более того, если в нормальных условиях проростки достаточно равномерно распределяются по территории, то на участках, где доминирует аргентинский муравей, они встречаются только под кронами материнских растений, где фактически обречены на гибель ввиду затенения.

Таким образом, при заселении территории аргентинским муравьем нормальное распространение семян протейных прекращается и им грозит постепенное исчезновение. В настоящее время в Южной Африке территория, занятая аргентинским муравьем, неуклонно увеличивается.

Ecology, 1984, v. 65, № 4, p. 1031 (США).



Экология

Козы угрожают заповедному острову

Экологов в последнее время все более беспокоит судьба о-ов Альдабра, лежащих северо-западно Мадагаскара. Завезенные сюда козы размножились до опасного предела:

¹ См., напр.: Nature, 1980, v. 285, p. 295.

если в 1977 г. их было менее 600, то, согласно последним сведениям, относящимся к 1982 г., их число превысило 3 тыс. Одновременно резко пошли на убыль площади, покрытые кустарниками, в особенности теми видами, которые козы наиболее охотно поедают. В некоторых местностях площади под кустарниками сократились на 36 %.

При заповедании о-вов Альдобра основным объектом охраны были объявлены гигантские сухопутные черепахи. Они теперь и оказались под двойной угрозой. Во-первых, козы уничтожают так называемый черепаший дерн — уникальный плотный травяной покров Альдобра, служащий главной пищей черепах; во-вторых, прожорливые козы сильно повлияли на тень, в которой черепахи укрываются от беспощадного тропического солнца.

Еще одна жертва козьего аппетита — альдабранский дрозд, одна из редчайших в мире птиц, и всякое нарушение природной среды может привести ее на грань полного исчезновения.

New Scientist, 1984, v. 104, No 1423, p. 46 (Великобритания).



Экология

Нарушение природной среды усугубляет стихийные бедствия

Хотя циклоны известны в Юго-Восточной Азии с незапамятных времен, в последние десятилетия их катастрофичность неуклонно возрастает. В начале сентября 1984 г. на Филиппины обрушился циклон «Айк»; он привел к большим разрушениям и гибели многих тысяч людей, утонувших не только в гигантских волнах, нахлынувших на берег: в глубине суши, в провинции Восточный Негрос, вышедшие из берегов реки снесли несколько деревень; в Наинете местное озеро затопило город. По мнению многих экологов, необычная интенсивность циклонов связана с бесконтрольным воздей-

ствием человека на природную среду. Особенно это сказывается в районах, лежащих вдали от бережей и циклонам подверженных в меньшей степени.

Можно считать очевидным, что наводнения усугубились массовой вырубкой леса, которая оставляет почвы незащищенными от ливневых потоков. Осадки теперь мгновенно поступают в ручьи и реки. Типичный пример пагубных последствий нарушения среды — о-в Лусон на Филиппинах. Здесь в результате сплошной вырубки леса, в том числе и на горных склонах, стали наблюдаться пыльные бури и оползни, тоже приводящие к человеческим жертвам. Горы пустой породы, бесконтрольно возникающие рядом с шахтами, при первом же обильном дожде перегораживают реки, угрожают поселкам.

Недавно в Японии, которая является крупнейшим покупателем филиппинского леса, были опубликованы данные, свидетельствующие о вывозе с Филиппин на 40 % больше лесоматериалов, чем официально зарегистрировано филиппинскими властями. Незаконная рубка и вывоз леса приобрели в стране невиданный размах. Программа же возобновления растительности нередко остается на бумаге.

В Юго-Восточной Азии Филиппины занимают первое место по вырубке лесов, и при нынешних темпах к 2000 г., считают экологи, на территории этой страны лесов практически не останется. Международные природоохранные организации обращают внимание на опасность такого положения.

New Scientist, 1984, v. 103, No 1421, p. 6 (Великобритания).



Экология

Последствия величайшего пожара

Величайшим пожаром на памяти человечества можно считать пожар, охвативший восточную часть о. Калимантан (Борнео) в Индонезии. Он продол-

жался с сентября 1982 до июля 1983 г. От огня пострадала площадь около 36 тыс. км². Последствия этой катастрофы изучала по поручению Всемирного фонда охраны природы группа экологов, возглавляемая Б. Джонсоном (B. Johnson). В опубликованном отчете сообщается, что причина столь грандиозного пожара кроется в сочетании длительной засухи, все еще практикуемого индонезийцами подсечно-огневого земледелия и приобретшей за последние годы широкий масштаб выборочной рубки леса. Пожар привел, по видимому, к полной гибели нескольких видов растений и животных, эндемичных для Калимантана, изменению местного климата и падению производительности сельского хозяйства.

Огнем было уничтожено около 8 тыс. км² первичного леса. Сильно повреждена растительность на торфяных заболоченных землях (5,5 тыс. км²), где верхний слой почвы продолжал гореть еще долгое время. Среди наиболее пострадавших животных — гиббоны, орангутаны, различные виды макак, белок, птиц. Дым и поднятые вместе с ним пылевые частицы, превратившись в ядра конденсации, способствовали формированию осадков. Произошел резкий переход от засушливых условий последних лет к муссонным. Результатом явились беспрецедентные наводнения; многие населенные пункты находились под водой и к началу 1985 г. Необычные наводнения отмечались также в Сингапуре; в Малайзии длительные дожди привели к гибели большой части урожая 1984 г.

Длительность пожара, считают авторы отчета, была в значительной мере вызвана «безразличным отношением населения». Жители глубинных районов острова, дайки, просто переселились в более влажные районы по берегам больших рек, где искали спасения и животные, служившие дайкам объектом охоты. Местные власти не только не предприняли своевременных мер, но даже скрывали от мировой общественности масштаб бедствия вплоть до декабря 1983 г., когда пожар фактически закончился.

New Scientist, 1984, v. 104, No 1431, p. 9 (Великобритания).



Усиление мутагенного эффекта

Известно, что некоторые загрязнители воздуха, воды, пищевых продуктов вызывают мутации — нарушения в молекулах ДНК хромосом, т. е. изменяют генетический материал клеток. Такой мутагенный эффект — одно из наиболее опасных последствий действия вредных факторов окружающей среды: повреждение ДНК соматических клеток может привести к развитию опухоли, а мутации половых клеток служат причиной гибели плода или рождения неполноценного потомства.

Поскольку мутагены действуют на организм не изолированно, а в сочетании с другими веществами, попадающими в организм из окружающей среды, важно знать, как именно при этом может меняться их вредное влияние. Известно, что большинство мутагенов, равно как и лекарственные препараты, токсичные продукты обмена веществ, метаболизируются в клетках печени и других органов благодаря участию особого комплекса ферментов — так называемых оксигеназ со смешанной функцией. В результате образуются хорошо растворимые в воде соединения, которые легко выводятся из организма. Однако часто бывает и так, что вновь образованные метаболиты обладают более высоким токсическим или мутагенным потенциалом, чем исходные соединения. Именно поэтому сотрудники НИИ общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина АМН СССР Н. Н. Литвинов, В. С. Журков, Р. В. Меркурьева, Н. П. Бурмантова и Л. П. Сычева на модели хорошо изученного химического вещества циклофосамида, который метаболизируется в организме с образованием мутагенных производных, исследовали изменение его мутагенных свойств в зависимости от уровня активности оксигеназ со смешанной функцией. Усиление действия этих ферментов вызывали путем введения подопытным

животным хорошо известного активатора — фенобарбитала.

Выяснилось, что даже относительно малая доза фенобарбитала (действие которого на систему оксигеназ со смешанной функцией сходно с действием многих химических загрязнителей и лекарственных средств) вызывает достоверное усиление мутагенного эффекта циклофосамида. Полученные данные свидетельствуют, что при определении качества окружающей среды необходимо учитывать наличие загрязнителей, модифицирующих систему оксигеназ со смешанной функцией.

XIV Ежегодная конференция Европейского общества по мутагенам внешней среды. М., 1984, с. 582.



Токсические свойства фенитротриона

В очередном обзоре Объединенного комитета по разработке научных критериев качества окружающей среды при Национальном научно-исследовательском совете Канады, составленном П. В. Карри, М. Ф. Митчеллом и Дж. Р. Робертсом (P. B. Curry, M. F. Mitchell, J. R. Roberts), суммированы данные о токсическом влиянии фосфорорганического инсектицида фенитротриона¹ на млекопитающих и птиц. С 1972 г. этот препарат в виде 14 %-ной водной эмульсии с добавлением поверхностно-активных веществ (например, тритона X100) используется в Канаде на площади 1,6 млн га для защиты лесов от насекомых-вредителей.

В организм животных и человека фенитротрион может попадать с пищей и водой, через кожу или при вдыхании аэро-

золя препарата, распыленного в воздухе. Как и большинство фосфорорганических соединений, фенитротрион подавляет активность холинэстеразы, в результате чего нарушается проведение нервных импульсов. Токсичность фенитротриона в основном определяется его метаболитом фенитрооксоном, образующимся как в организме животных, так и в растениях. Экспериментальным путем определена максимальная доза фенитротриона, которая не вызывает подавления холинэстеразы; для человека при поступлении препарата с пищей или водой она составляет 0,33 мг на 1 кг массы тела в день, для крыс — 0,8 мг/кг, для собак — 2 мг/кг. Из лабораторных и домашних животных наибольшей чувствительностью к фенитротриону обладают кошки, несколько менее чувствительны к нему крысы и морские свинки, а наиболее устойчивы — мыши и собаки. Чувствительность птиц к этому препарату значительно варьирует в зависимости от их вида. Например, у кур устойчивость к фенитротриону примерно соответствует устойчивости крыс, а фазаны, так же как дикие утки и перепелы, обладают примерно в 10 раз более высокой чувствительностью к этому веществу.

Помимо относительно хорошо изученного нейротоксического эффекта, фенитротрион при длительном поступлении в организм вызывает нарушение репродуктивной функции у животных и птиц, но мутагенных и канцерогенных свойств у этого препарата не обнаружено.

National Research Council of Canada, 1984, Publication № 22492 (Канада).



Свинец в питьевой воде англичан

С июля 1985 г. по решению Европейской экономической комиссии предельно допустимым уровнем концентрации свинца в питьевой воде будет 50 мг/л. Однако в Великобритании около 5 млн че-

¹ В СССР аналог этого препарата носит название метилнитрофос и используется для защиты плодовых культур и овощей от вредных насекомых и клещей в дозах 0,3—2 кг/га в виде 30 %-ной эмульсии.— Прим. ред.

людей все еще живет в домах, где водопроводная вода содержит заметно большее количество свинца. В связи с этим британское правительство намерено обратиться к Европейской экономической комиссии с просьбой в порядке исключения отсрочить исполнение этого требования до 1989 г.

Основным источником свинца в питьевой воде англичан служат старые свинцовые трубы. Ныне предпринимаются меры, чтобы путем добавления в воду щелочей нейтрализовать содержащиеся в ней кислоты и тем снизить ее способность растворять свинец. Однако эта программа растянута на 15 лет. Наихудшим образом обстоят дела со «свинцовой проблемой» в тех районах Великобритании, где вода кислая (рН 6). Обработка воды химическими веществами с целью повышения ее рН малоэффективна: при длительном прохождении по водопроводу рН снова неминуемо снижается.

Большинство местных органов водоснабжения Великобритании отказывается публиковать сведения о химическом составе питьевой воды.

New Scientist, 1984, v. 104, № 1430, p. 9 (Великобритания).



Экология

Гербицид, оказавшийся канцерогеном

В 1984 г. Управление по охране природной среды США объявило, что самый распространенный в стране гербицид, именуемый алахлором, представляет собой опасность для здоровья человека. Проведенные исследования показали: у мышей, которым в течение полутора-двух лет давали с пищей не менее 15 мг алахлора на 1 кг массы тела, часто возникали опухоли в тканях носа, щитовидной железы, желудка и легких.

Следует заметить, что производимый крупной химической фирмой «Монсанто» гербицид до сих пор ежегодно раскупался в США в количестве

не менее 45 тыс. т, еще 5 тыс. т алахлора экспортировалось в Канаду и страны Западной Европы. Не менее 60 тыс. фермеров США обрабатывали им поля, предназначенные под посевы кормовой кукурузы и соевых бобов. Во многих реках и источниках питьевой воды в США это вещество ныне содержится в концентрации 267 частей на 1 млрд. Теперь принимаются меры к регулярному измерению концентрации этого вещества. Распыление алахлора с самолетов, а также использование его на посевах картофеля полностью запрещено. Кроме того, компания «Монсанто» обязана отныне снабжать каждый пакет алахлора этикеткой, предупреждающей о риске заболеть раком, возникающем для всех, кто постоянно работает с этим химическим веществом (например, смешивая его с водой перед внесением на поля; в таком случае риск оценивается как 1 шанс на 10 тыс.). Этикетка рекомендует также носить фермерам защитную одежду, чтобы избежать вдыхания алахлора или соприкосновения его с кожей.

Выпуск алахлора химическими заводами США будет, тем не менее, продолжаться, по-прежнему.

New Scientist, 1984, v. 104, № 1430, p. 6 (Великобритания).

Океанология

Исследования рифта в районе Исландии

В северной части Атлантического океана в июле — октябре 1982 г. проходила экспедиция Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР на научно-исследовательских судах «Академик Мстислав Келдыш» (4-й рейс) и «Рифт» (1-й рейс). Ее главная задача — изучить тектонику, вулканизм, гидротермальную обстановку, особенности строения осадочного чехла и распределения донного населения рифтовой зоны хребта Рейкьянес — отрезка срединно-океанического хребта, лежащего южнее о. Исландия. Для этого, помимо обычных судовых геологических и геофи-

зических приборов, использовались два подводных обитаемых аппарата «Пайсис», способных погружаться на глубину до 2 км. За 22 погружения аппараты прошли над дном 62 км, проведя под водой в общей сложности 258 часов.

Глубоководными исследованиями установлено, что основными структурами в рифтовой зоне являются вулканические гряды, а важнейшая роль в ее формировании принадлежит процессам растяжения. С растяжением земной коры связано образование сбросов, ограничивающих рифтовую долину, а также открытых трещин отрыва — гьяр, представляющих собой щели на дне до нескольких десятков метров в длину и до 2—3 м в ширину. Исследователи подводного рельефа отметили эшелонированный характер структур в пределах рифтовой зоны; это указывает на косой спрединг в пределах хребта, что ранее устанавливалось только по магнитным аномалиям.

На дне рифтовой зоны интенсивно выражен молодой вулканизм. На молодых вулканических грядах осадки отсутствуют, а у края рифтовой долины достигают уже 50 м (скорость накопления осадков здесь составляет около 5 см за 1000 лет). На вершинах гряд и пологих склонах представлены подушечные лавы, покровные излияния; для спрединговых зон с интенсивным вулканизмом особенно характерны лавовые озера.

В пределах обследованного экспедицией участка рифтовой долины гидротермальные процессы проявляются слабо, действующих гидротерм не обнаружено, хотя найдено несколько «отмерших» выходов горячих растворов. Биологи установили, что с ними связаны (также отмершие) специфические сообщества животных; они существуют, пока «живет» сам гидротермальный источник, с прекращением его активности погибает и донное сообщество животных. На базальтах рифтовой долины хорошо представлена богатая и разнообразная фауна животных-фильтраторов: губок, мадрепоровых кораллов, морских лилий, брахиопод. На

молодых базальтах население немногочисленно, на более древних — весьма обильно (биомасса составляла до нескольких килограммов на 1 м²). В то же время поразительно бедно население мягких грунтов.

Съемка дна с помощью аппаратов «Пайсис» дала целостное представление о составе и характере распределения донного населения, структуре и смене его сообществ в условиях сложного, контрастного рельефа дна. Собранные данные говорят о необходимости пристального изучения животного мира рифтовых зон, заставляют пересматривать сложившиеся представления о происхождении, расселении, адаптации и темпах эволюции глубоководного донного населения.

Океанология, 1984, т. XXIV, вып. 5, с. 851—853; т. XXV, вып. 1, с. 100—107.

Геофизика

Уран в земном ядре

Согласно широко распространенному в настоящее время представлению, земное ядро лишено радиоактивных элементов. Считается, что эти элементы могли входить в его состав лишь на ранних этапах дифференциации Земли на ядро, мантию и кору, однако в процессе эволюции планеты они перешли из ядра в мантию и находятся там в виде оксидов и силикатов. Ядро же Земли, по существующим представлениям, — железное, к тому же верхняя его часть проявляет свойства жидкости. Таким образом, радиоактивные элементы, казалось бы, не могут находиться в ядре. Однако сотрудники Лос-Аламосской научной лаборатории (США) Р. Фебер, Т. Уоллас и Л. Либби (R. Feber, T. Wallace, L. Libby), базируясь на результатах экспериментальных исследований, приходят к выводу, что в железном ядре Земли могут находиться оксиды урана и, возможно, другого радиоактивного элемента — тория.

Эксперименты с оксидом урана (UO₂) показали, что при очень высоких температурах

(несколько выше 3120 К) и при атмосферном давлении этот оксид и железо образуют две несмешивающиеся жидкости. Обе содержат уран, только в одной жидкости этого элемента, вернее, его оксида немного (около 23 весовых процентов), а другая представляет собой почти чистый (99 весовых процентов) расплав UO₂. Учет давления, существующего в земном ядре, лишь незначительно повышает указанную температуру. Вероятно, выше 3750 К железо и UO₂ полностью смешиваются.

На границе ядра и мантии температура земных недр, по существующим оценкам, составляет 3130 К. При таких условиях, утверждают исследователи, в ядре действительно может находиться не только расплав железа, но и расплав UO₂. К тому же концентрация урана может повышаться за счет его поступления в ядро из нижней мантии.

Какие интересные с геологической точки зрения выводы следуют из этих исследований? Во-первых, недра нашей планеты разогреваются урановой «печкой», и энергии этой хватит на многие миллионы лет. Во-вторых, и это чрезвычайно важно, выделяемой в результате радиоактивного распада энергии (по оценке исследователей — $2,7 \times 10^{17}$ эрг/с) вполне достаточно для того, чтобы поддерживать в ядре Земли вязкие течения; последние же создают магнитное поле нашей планеты.

EOS (Transactions of the American Geophysical Union), 1984, v. 65, № 44, p. 785 (США).



Охрана природы

Создан Центральносибирский заповедник

В 1985 г. создан крупнейший в стране государственный таежный заповедник — Центральносибирский. Он расположен на берегах Енисея и в бассейне р. Столбовой — правого притока Подкаменной Тунгуски, в пределах подзоны средней тайги. Площадь заповедника 972 тыс. га. Его создание запол-

няет большой пробел в географической сети заповедников страны: от среднего течения Оби до берегов Тихого океана в равнинной зональной тайге Сибири не было ни одного заповедника.

Проектирование заповедника велось совместно учеными Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР и Института леса и древесины СО АН СССР. Впервые для территории Сибири заповедник спроектирован как биосферный. На прилегающем к нему участке в 150 тыс. га, который с 1969 г. имеет режим заказника, расположена Северная экологическая база ИЭМЭЖ. Вокруг заповедника ведут свое традиционное охотничье хозяйство старожильское русское население и две малые народности Севера — эвенки и кеты. Таким образом, Центральносибирский заповедник и прилегающие территории с различным регулируемым природопользованием образуют биосферный полигон, удовлетворяющий самым высоким международным требованиям; на его базе возможно проведение широких программ экологического мониторинга.

Центральносибирский заповедник создан на стыке крупных природных регионов. По Енисею проходит физико-географический и фаунистический рубеж между Западной и Средней Сибирью. Здесь же протекает важнейший для птиц Восточной Палеарктики пролетный путь.

Приенисейская часть заповедника расположена севернее устья Подкаменной Тунгуски. На своем 70-километровом отрезке Енисей, имеющий здесь ширину 2—3 км, протекает по заповедной территории. Это первый случай в СССР, когда полностью заповеданы оба берега одной из самых могучих рек страны. Заповедана и акватория реки на этом отрезке. В Енисее много стерляди и осетра; здесь же находятся зимовальные ямы осетровых рыб; в южной части акватории расположены нерестилища нельмы и других ценных рыб. На пойменных озерах, помимо многочисленных уток, гнездятся лебеди



В долине р. Кулинны, притока Столбовой, на поверхность выходят силурийские терригенно-карбонатные породы.

кликун, таежный гуменник. Заповедание участка енисейского пролетного пути имеет большое значение для отдыха птиц во время миграций. Для долины Енисея характерны елово-кедрово-лиственничные леса, на пойменных участках есть массивы пихтачей и кедровников. Приенисейские леса богаты соболем, медведем, глухарем, рябчиком и другими типичными таежниками; встречаются росомаха, волк, лесной северный олень.

Особый интерес представляет бассейн р. Столбовой. Левые ее притоки находятся в пределах Средне-Сибирского траппового плато, в типичном среднегорье. Плоские вершины плато заняты лиственничным и березовым редколесьем, ниже развита тайга. Реки местами текут в каньонах со скальными выходами («столбами»). Столбовая славится обилием тайменя, ленка, крупного хариуса. Интересны многочисленные палеонтологические находки в бассейне р. Кулинны — притока Столбовой.

Создание нового заповедника, помимо его значения как эталона природы важно для промыслового хозяйства прилегающих территорий. Численность

основных видов охотничьих животных в енисейской тайге в последние годы сократилась в результате перепромысла. Крупная территория заповедника с границами сложной конфигурации станет зоной воспроизводства для всех прилегающих хозяйственно используемых участков тайги: отсюда ценные охотничьи звери и птицы будут расселяться в смежные районы. В этом — большое экономическое значение заповедника для традиционного таежного хозяйства окрестных территорий.

Э. В. Рогачева,
кандидат биологических наук
И. Н. Янковская,
кандидат географических наук
Москва

Современный взгляд на океан и его минеральные ресурсы

В. И. Лымарев,
доктор географических наук
Калининград



В. П. Гаврилов. КЛАДОВАЯ ОКЕАНА. Отв. ред. А. Л. Яншин. М.: Наука, сер. «Человек и окружающая среда», 1983, 168 с.

За последнее десятилетие вышло в свет немало популярных книг, посвященных минеральным ресурсам океана. Поэтому перед В. П. Гавриловым стояла непростая задача: нужно было найти новый, наиболее современный подход к теме. Скажем сразу, автор справился с этим весьма успешно.

На первых же страницах книги приведены не только традиционные сведения о рельефе и геологическом строении океанического дна, но и раскрывает-

ся сложная проблема возникновения и развития океанов, тесно связанная с выявлением причин развития всей земной коры. Целый раздел посвящен гипотезе расширения океанического дна, обычно называемой глобальной тектоникой плит. И хотя, как пишет В. П. Гаврилов, эта гипотеза «не объясняет ряда явлений и подвергается справедливой критике» (с. 26), нельзя спорить с тем, что она вооружила геологов новыми и явно перспективными идеями. Эти идеи пропитывают ткань рецензируемой книги.

Значительная ее часть правомерно отведена нефти — важнейшему и наиболее интенсивно добываемому из всех минеральных ресурсов океана. «Если стоимость всего минерального сырья (кроме углеводородов), извлекаемая из воды и со дна океанов за год, составляет порядка 600 млн долл., — говорится в книге, — то стоимость морской нефти и газа, добываемых за год, оценивается в 60 млрд долл.» (с. 35). По некоторым прогнозам, к 2000 г. половина всей добываемой в мире нефти будет извлекаться из океанических недр.

В книге довольно подробно характеризуются наиболее крупные нефтегазоносные провинции мирового шельфа — Северного моря, Персидского и Мексиканского заливов, Маракайбской лагуны (в Венесуэле), Средиземного, Черного, Азовского, Каспийского и арктических морей, а также Атлантического, Индийского и Тихого океанов. Читатель узнает о том, как ищут и добывают нефть: о различных признаках ее местонахождения, о технике бурения скважин и их эксплуатации. Обстоятельно изложены современные представления о происхождении нефти как органического вещества, тесно связанного с осадочными бассейнами Мирового океана. Здесь же отмечены заслуги члена-корреспондента АН СССР Н. Б. Вас-

севича, обосновавшего представление о том, что океан — родина нефти. Эти представления ряд советских ученых связывает с гипотезой движения плит — особенно убедителен пример нефтяных залежей Персидского залива, самых богатых в мире. Таким образом, утверждает автор, идеи глобальной тектоники укрепляют позиции сторонников органического происхождения нефти.

В. П. Гаврилов убедительно доказывает, что добыча подводных полезных ископаемых иногда может быть экономически более выгодной, чем разработка континентальных месторождений. При этом он опирается на конкретные данные о добыче руд в коренном залегании, из-под морского дна, посредством подводных шахт и рудников, ввод в которые находится на побережье. Интересно рассказывается о прибрежно-шельфовых россыпных месторождениях, в частности о том, как зерна рудных минералов (в особенности циркон, рутил, ильменит, титано-магнетит, касситерит и др.) сортируются морскими волнами, благодаря чему приобретают высокое качество. В книге приводятся сведения о железомарганцевых и других конкрециях, которыми на больших пространствах устилается дно океанов. Этот рассказ заканчивается изложением взглядов советских ученых на генезис океанических руд.

Рассказывая о морской воде как о жидком минерале, автор, кроме того, характеризует ее как растворитель большинства химических элементов и их производных. Здесь говорится о способах получения поваренной соли, магнезии, калийной соли, брома, йода, рассматривается вопрос о возможности извлечения золота, урана и других редких и рассеянных элементов.

Вслед за этим автор переходит к обсуждению морских энергетических ресурсов — раз-

ницы температур верхних и нижних горизонтов воды, приливов и отливов, волн, морских течений и др. Конечно, эти сведения интересны, но, строго говоря, не обязательны в этой книге — ведь она посвящена минеральным богатствам Мирового океана, а уж в разделе «Полезные ископаемые из воды» они вовсе не на месте. Зато, вероятно, тут стоило бы дать описание известного соляного бассейна Сиваш на Азовском море, подобно тому как в соответствующей части были описаны крупнейшие нефтегазоносные провинции мира. Полезно было бы рассказать и о проводимых под руководством академика Б. Н. Ласкорина работах по извлечению урана из морской воды.

Последний раздел книги — «Загрязнение океана» — также содержит много сведений, как бы выходящих за пределы основной темы. Но в этом случае упрека автору нет: говоря об океане, невозможно умолчать о том бедственном положении, в которое он попал по вине людей.

Поверхность океана на огромных площадях затянута пленкой нефти, которая не только наносит непоправимый ущерб животному и растительному миру океана, подрывая его продуктивность, но и сокращает объем испарения воды, что может повлечь за собой неблагоприятные погодные катаклизмы со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Если еще вспомнить, что морской планктон продуцирует более половины земного кислорода, то становится совершенно ясно, чем грозило бы человечеству бесконтрольное загрязнение океана — этого, как говорится в книге, «огромного природного фильтра — легких нашей планеты» (с. 144).

Перед читателем проходят довольно образные картины всех крупнейших за последние 15 лет танкерных катастроф, которые служат самой заметной причиной появления нефти на поверхности океана. Но не главной. «...На долю танкеров, — пишет В. П. Гаврилов, ссылаясь на французский источник, — приходится лишь 10 % ежегодного загрязнения моря, 35 % — на мутье цистерн танкеров,

7,5 % — на морские поисково-разведочные работы, 2,5 % — на сброс использованных масел, 45 % — на отбросы нефтехимических заводов» (с. 150).

К сожалению, не только нефтяная пленка губит океан. Вся его толща до глубины 300 м, т. е. тот слой, в котором фактически сосредоточена его жизнь, содержит, по данным Ж.-И. Кусто, аномально высокое количество свинца, ртути, кадмия и многих других веществ, приносимых стоком рек и поступающих из атмосферы.

Автор книги не считает, что положение в этом деле непоправимое. Он рассказывает о различных способах защиты моря от загрязнения нефтью — биологических, которые, по видимому, все же относятся к эпохе будущего, и о реальных, сегодняшних — о специальных станциях для очистки вод танкеров, противовыбросных устройствах на буровых установках, выжигании нефти, ограждениях различных конструкций, самодельных нефтемусоросборниках и т. п.

Но вместе с тем В. П. Гаврилов не скрывает от читателя всей сложности и опасности сложившейся ситуации. «Взаимоотношения человека с Мировым океаном, — говорится в заключительных строках книги, — окончательно еще не определились. С одной стороны, возрастает зависимость земной цивилизации от минеральных и биологических ресурсов морей и океанов, с другой — водные бассейны планеты все в большей степени страдают от загрязняющей деятельности людей. С течением времени это противоречие не убывает, а прогрессивно развивается. К чему приведет оно, предсказать невозможно» (с. 166).

В результате получилась книга, которая, несомненно, расширит представления читателя-неспециалиста о проблемах океана, в которых много остроты и дискуссионности, о его перспективах вообще и о перспективах использования его минеральных ресурсов. А главное, автору удалось показать уровень современной науки об океане и ее практические приложения, отметить заслуги отечественных ученых в этой области, оценить опыт нашей страны.

Внимание: измененная природа

Л. С. Абрамов,
кандидат географических наук
Москва



Ю. Новиков. ВНИМАНИЕ: ВОДА!
М.: Молодая гвардия, сер. «Эврика», 1983, 207 с.

Имя Ю. Ф. Новикова прочно утвердилось в научно-популярной литературе. Первая его книга «Осторожно. Terra!»¹, выпущенная в 1972 г. «Молодой гвардией» в серии «Эврика», была удостоена 1-й премии на Всесоюзном конкурсе научно-популярной литературы, ежегодно проводимом обществом «Знание».

С тех пор прошло 13 лет. Ныне Ю. Ф. Новиков — директор Научно-исследовательского института механизации животноводства.

¹ См. рецензию: Абрамов Л. С. Две книги об охране природы. — Природа, 1974, № 2, с. 122.

водства, член-корреспондент ВАСХНИЛ. И по-прежнему много внимания уделяет популяризации: после первой книги последовали «Беседы о животноводстве» (1975) и «Беседы о сельском хозяйстве» (1978), тоже опубликованные «Молодой гвардией».

И вот новая книга: «Внимание: вода!». Рецензент встретил ее настороженно. Ведь о воде, ее охране и рациональном использовании в популярной литературе сказано немало. К тому же здесь автор вроде бы не специалист. Но в процессе чтения я убедился, что Ю. Ф. Новиков создал оригинальную и полезную книгу.

Она написана в непринужденной, занимательной и временами даже веселой манере, изобилует яркими и остроумными цитатами из источников самого разного рода — библейских сказаний, античной литературы, трудов философов, естествоиспытателей и писателей всех времен и народов. В общем в книге собрано многое из того, что сказано о воде как важнейшем компоненте природы и о значении воды в разнообразных сферах человеческого существования.

На первых же десяти страницах читатель встретит ссылки на шумерские письмена, древнеиндийский эпос, высказывания немецкого физиолога прошлого столетия Эмиля Дюбуа Раймона, слова Фалеса Милетского, Льва Толстого, К. Кларка, В. И. Вернадского, современного географа Жозуэ де Кастро, выдержки из Никоновской летописи, из английской монографии 1978 г. и т. д. и т. п. Этот прием сохраняется на протяжении всей книги, всех девяти ее глав, которые носят как бы развлекательные названия: «Рог Деметры», «Введение в водовороты», «Человечество, вырубленное из дерева», «Земля — казна, вода — золото» и др.

Но рассыпая перед читателем пеструю смесь интересных мыслей и фактов, автор создает хорошо им продуманный информационный фон, который позволяет уже заведомо не впускать вести разговор о злободневных и серьезных делах. В первую очередь он убедительно показывает, что с развитием

человечества, прогрессом техники и расширением воздействия на природу зависимость человека от природы не убывает. Одна из главных забот человечества — проблема продовольствия — отнюдь не теряет своей остроты. В основе ее лежит неустойчивость сельскохозяйственного производства, прежде всего земледелия. Неустойчивость эта обусловлена зависимостью от климата, особенно от засух. Спасение приходится искать в орошении земель.

Автор дает представление о трансформациях климата планеты с древнейших времен до наших дней и связанных с этими трансформациями катастрофических ситуациях. Знакомит читателя с альтернативными мнениями современной науки по поводу перспектив изменения климата, в частности с возможными последствиями от нарастания парникового эффекта, который объясняется так: «... с одной стороны, щит из углекислого газа, обладающий свойством пропускать к поверхности планеты коротковолновое солнечное излучение, но задерживать испускаемое ею тепло в виде инфракрасных лучей. С другой стороны, подогрев Земли, так сказать, изнутри — заводами, автомобилями, городами и теплоцентралями. Чем не парник?» (с. 17).

Ю. Ф. Новиков не берет на себя оценку подобных прогнозов. Как представитель сельскохозяйственной науки, он склонен думать, что один из главных путей преодоления неблагоприятных климатических изменений — это интенсификация фотосинтеза, которая позволила бы не только получить дополнительную биомассу, но и связать в ней излишки углерода и «складировать» часть солнечной энергии. «... Для этого нужно, — говорится в книге, — чтобы органическое вещество почвы — гумус — не растрачивалось, как в настоящее время, а накапливалось...» (с. 21).

Все это имеет прямое отношение к проблемам мелиорации и рационального использования воды, которые приобретают в нашей стране все большую остроту. «... Если проблема ирригации во весь рост встала перед земледелием таких «до-

статочно влажных» стран, как, например, США и Франция, то что можно сказать о нашей стране, территория которой чуть ли не на все 100 % относится к категории, называемой «зона рискованного земледелия?» (с. 22).

Отсюда, казалось бы, вытекает ясная задача — перераспределить сток воды, задержав его в водохранилищах, повернуть воду по каналам в районы, нуждающиеся в орошении. Этим человечество занимается с незапамятных времен, создавая огромные массивы орошаемых земель — исторические центры развития человечества. Но и последствия этого хорошо известны — не только могущественные государства, целые цивилизации гибли не от руки врагов, а из-за засоления орошаемых земель. К тому же нельзя забывать, что перераспределение водных масс происходит внутри всей гидросферы Земли, объем которой практически постоянен. Уменьшается объем ледников, озер, воды в болотах, и, по мнению ряда ученых, идет иссушение материков при постоянном, но неуклонном подъеме уровня воды в океане.

Проблема проблем века — загрязнение водоемов. Будущее, убеждает автор, — не за их очисткой. Надо не загрязнять водоемы — источники жизни, не отравлять их. Со страниц книги звучат знакомые слова Ф. Достоевского: «... во всем есть черта, за которую перейти опасно, ибо, раз переступив, воротиться назад невозможно». Ситуация с водой близка к этому.

Рассказывая о создании водохранилищ, автор отмечает допущенные при их сооружении просчеты, в частности говорит о чрезмерных площадях затопления сельскохозяйственных земель, а также о том, что современные методы гидротехнического строительства и проведения мелиоративных работ фактически подорвали ресурсы пресноводных и проходных рыб, резко снизили промышленные и даже любительские уловы. Между тем, доказывает автор, рыбо-разведение в водоемах — истинное золотое дно. Оно экономически выгодно, может внести существенный вклад в решение

Продовольственной программы, а также улучшить состояние самих водоемов — уберечь от зарастания, цветения воды, засоления.

Есть ли другие методы увеличения запасов пресных вод и влаги для земледелия, кроме создания водохранилищ и проведения каналов? Да, есть. Для некоторых областей это, в первую очередь, разведение лесов, агролесомелиорация. «... На Северном Кавказе, — пишет автор, — лесопосадки дают прибавку урожая зерновых на 10—15 %, почти столь же эффективны они и в других регионах — в Поволжье, Западной Сибири, Казахстане. Они не только тормоз для ветра, но и накопители влаги... Лесные полосы в пятидесятилетнем и более старшем возрасте поглощают весенние талые воды в десять раз больше, чем пашня» (с. 112).

В книге рассматриваются также и разные формы опреснения морских и подземных соленых вод; оценивается их экономичность. Говорится о возможных способах глобальных изменений климата путем воздействия на морские течения и циклоны, об искусственном таянии ледников. И всюду, показывая технические возможности человечества, автор параллельно с этим разъясняет значение различных компонентов природы для ее естественного функционирования и говорит о рискованности необдуманного воздействия на них. «Заниматься сегодня проблемой преднамеренного изменения климата — всего лишь игра. Природа же не площадка для игр, хотя и человек уже не игрушка для природы. Надо больше думать о том, как мы (уже сегодня) непреднамеренно изменяем климат, природу вообще. М. Пришвин говорит: «Поезд нашей человеческой жизни движется много быстрее, чем природа». Так не окажемся ли мы раньше ее на конечной остановке?» (с. 143).

Будь Земля единой, а не разделена государствами, политическими границами, сельское хозяйство на ней можно было разместить более рационально — в районах с высокой биологической продуктивностью, с благоприятными для тех или иных культур условиями. Сейчас

все страны должны заботиться о том, чтобы прокормить за счет своей территории свое население. Высоким биоклиматическим потенциалом (БКП) отличаются лишь тропики; большинство стран Европы имеют средний БКП, СССР и Скандинавия — пониженный.

Для нашей страны орошение части земель абсолютно необходимо. Реализация проводимой у нас научно обоснованной программы мелиорации земель требует огромных экономических затрат и трудовых усилий. Но должный эффект она дает не сама по себе, а в сочетании с высокой культурой земледелия, передовой агротехникой. Иначе, как показывает исторический опыт, орошаемое земледелие может принести значительный вред.

Автор убедительно говорит о том, что если сельское хозяйство — вообще сложно управляемая система, орошаемое интенсивное земледелие вдвойне сложно управляемо. Трудностей здесь очень много: и научных, и технических, и организационно-хозяйственных. Между тем эксплуатация оросительных систем часто ведется малоэффективно.

Главная альтернатива большим затратам — бережное отношение к воде. Это не только устранение потерь на фильтрацию и испарение, но и разумное, научно нормированное орошение. Автор приводит некоторые рекомендации по техническому решению этой проблемы, разрабатываемые на базе руководимого им института.

Книга Ю. Ф. Новикова охватывает очень широкий круг проблем. Это хорошо и плохо. Стремясь сказать обо всем в рамках своей темы, автор иногда вынуждает себя, как говорится, скользить по поверхности, не затрагивая более глубоких и, без сомнения, досконально ему известных пластов. Возможно, это объясняется тем, что один из вопросов уже получили более полное отражение в предыдущих популярных книгах автора, другие — станут предметом обсуждения в будущих. Впрочем, у автора могут быть и совсем другие, свои резоны. И все же я думаю, что читатель будет несколько разочарован, не найдя в

книге, например, ничего, впрямую связанного с переброской сибирских рек или строительством плотин на Неве.

В целом же рецензируемая книга достойна внимания и ученых, и практиков разного уровня, и многочисленных энтузиастов охраны природы. Она очень информативна, а главное — воспитывает в читателе понимание того, что каждый наш шаг, который можно расценивать как вмешательство в дела природы, требует предварительной всесторонней научной оценки, а уже измененная природа — особо пристальной заботы. И наконец, важно то, что книга написана оптимистом. Это оптимизм активного человека, не только думающего о том, что делать, но и действующего.

Поэтому его обращение к читателю, его предостережения приобретают особую силу. «Мир сложен, — пишет Ю. Ф. Новиков. — Искусственный мир, создаваемый человеком, еще более сложен. У природы ведь нет механизмов, которые поддерживали бы его, и человеку приходится держать его на собственных плечах, как мифическому атланту небо. Недалеко то время, когда на его плечах будет лежать вся измененная им природа. Надо только, чтобы она оставалась природой, а не окружающей средой» (с. 71).

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

А. Л. Суворов. ДЕФЕКТЫ В МЕТАЛЛАХ. Отв. ред. В. Н. Рожанский. М.: Наука, сер. «Наука и технический прогресс», 176 с., ц. 60 к.

Все металлы (за исключением аморфных, получаемых искусственным путем в весьма специфических условиях) имеют кристаллическую структуру. Это означает, что составляющие их атомы располагаются в определенной последовательности и образуют симметричную пространственную решетку. Любое отклонение от установленного порядка, будь то отсутствие атома в узле решетки или примесный атом в междоузлии, принято называть дефектом. Это определение, правда, весьма условно, поскольку в реальных условиях структура кристаллов далеко не идеальна. Тем более важно определить роль дефектов в формировании тех или иных технологических свойств металлов.

О дефектах в металлах написано много монографий, о них постоянно упоминается в различных популярных статьях и книгах. В книге А. Л. Суворова, которая рассчитана на широкий круг читателей — от студентов до технологов, занятых в промышленном производстве современных конструкционных материалов, — проблема представлена в целом и рассматривается в различных ее аспектах.

Значительное место уделено обсуждению химических и физических свойств идеализированных (бездефектных) металлов, их связи с электронной структурой. Это составляет содержание первой главы книги. Вторая посвящена классификации известных типов дефектов кристаллической структуры металлов. Каким образом появляются эти дефекты, как ведут себя и как влияют на свойства металлов? Ответы на эти вопросы содержатся в третьей, заключительной главе книги. Здесь же описаны методы прямого микроскопического наблюдения дефектов различного типа и их косвенной регистрации.

Астрономия

Н. Т. Роузвар. ПЕРИГЕЛИЙ МЕРКУРИЯ. ОТ ЛЕВЕРЬЕ ДО ЭЙНШТЕЙНА. Пер. с англ. А. С. Расторгуева под ред. В. К. Абалкина. М.: Мир, 1985, 244 с., ц. 85 к.

Аномальное смещение перигелия Меркурия, открытое в середине XIX в. французским астрономом У. Ж. Ж. Леверье, нашло свое объяснение лишь в начале XX в. в рамках общей теории относительности Эйнштейна и стало блестящим ее подтверждением. С тех пор смещение перигелия Меркурия является «пробным камнем» для проверки любой теории гравитации. История попыток выявить причину аномалии сложна, насыщена событиями и связана с именами многих выдающихся астрономов и физиков. Сначала инициатива находилась в руках астрономов, пытающихся объяснить смещение на $43''$ в столетие воздействием неизвестной планеты между Солнцем и Меркурием или целого ряда малых планет, а также несферичностью Солнца. Дальше всех астрономических истолкований теории «продержалась» гипотеза Х. Зеллера о зодиакальном свете. Когда же инициатива перешла к физикам, они стали искать пути «исправления» ньютоновского закона тяготения (пульсационная теория, теория источников — стоков эфира, баллистические теории, в которых действие переносится гипотетическими частицами, законы тяготения, зависящие от скорости, и др.). Все эти теории оказались ошибочными и канули в Лету, но в них нашли отражение сложность природы тяготения и стремление ученых глубже разобраться в ней. Автор упоминает также новые теории гравитации, такие как скалярно-тензорная теория Бранса — Дикке. Однако по точности вытекающих из них предсказаний смещения перигелия Меркурия они не выдерживают сравнения с общей теорией относительности Эйнштейна.

Настоящая книга, посвященная тщательному изучению одной из наиболее волнующих проблем астрономии в историческом аспекте, должна заинтересовать астрономов, физиков и историков науки.

Биология

Т. Маннатис, Э. Фрич, Дж. Самбрук. МЕТОДЫ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ. Молекулярное клонирование. Пер. с англ. под ред. А. А. Баева и К. Г. Скрыбина. М.: Мир, 1984, 480 с., ц. 5 р. 40 к.

Созданная американскими учеными монография посвящена методам молекулярного клонирования ДНК. Сегодня эти методы имеют весьма многочисленные и существенные приложения. Достаточно напомнить хотя бы о задачах, решаемых биотехнологией: создание промышленных производств интерферона, гормонов, вакцин и т. д., осуществляемое с использованием методов генетической инженерии.

Вот что пишут о значении этой книги в предисловии к ее русскому изданию А. А. Баев и К. Г. Скрыбин:

«Ее особенность заключается в том, что она несомненно станет настольной книгой, но не на письменном, а на химическом столе экспериментатора, имеющего дело с получением и анализом рекомбинантных молекул ДНК.

Предлагаемая вниманию читателей книга необычна еще и тем, что в ней описаны методы, разработанные и испытанные в различных лабораториях мира и только затем собранные воедино группой ученых, организовавших практику в Колд-Спринг-Харборе.

Таким образом, можно считать эту книгу коллективным трудом многочисленного сообщества ученых, разработавших методические основы генетической инженерии.

Геология

ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ. Отв. ред. М. А. Садовский. Душанбе — Москва: Дониш, 1983—1984, 220 с., ц. 2 р. 50 к.

За последние годы накопилось много новых данных по прогнозу землетрясений, более ясными стали требования к самим наблюдениям и их организации. Этим и обусловлено появление нового сборника, подготовленного большим коллективом специалистов по прогнозу землетрясений.

Книга состоит из трех частей. В первой изложены геологические и физико-механические основы прогноза землетрясений. Во второй речь идет о разного рода предвестниках землетрясений. В третьей рассматриваются различные способы их наблюдения и обработки. Наряду с тектоническими процессами, порождающими сейсмическую активность, в книге упоминаются и такие «нетрадиционные», экзогенные факторы сейсмичности, как, например, приливные воздействия Солнца и Луны.

Перспективы долгосрочного и краткосрочного прогноза землетрясений авторы книги оценивают оптимистично. Относительная консервативность тектонических движений, сохраняющих направление и скорость в течение длительного времени, позволяет прогнозировать землетрясения с гораздо большей надежностью, чем прогнозируется погода, которую, как известно, определяют быстро меняющиеся атмосферные процессы.

География

И. А. Зотикова. ЗА РАЗГАДКОЙ ТАЙН ЛЕДЯНОГО КОНТИНЕНТА. Предисл. Г. П. Задорожного. М.: Мысль, 1984, 254 с., ц. 1 р. 40 к.

В Антарктиде один из ледников в горах Земли Королевы Мод назван именем автора этой книги; название нанесено на карту по решению Бюро географических наименований Национальной академии наук США. Исследования И. А. Зоти-

кова в Антарктиде отмечены двумя советскими орденами «Знак почета» и американской медалью «За работу в Антарктиде». Автор книги — участник шести антарктических экспедиций, ученый с мировым именем в области гидродинамики и теплофизики ледниковых масс. Однако он известен не только своими открытиями в Антарктиде, но и как автор рассказов.

Новая его книга, состоящая из двух частей: «460 дней в Четвертой Советской антарктической экспедиции» и «Год у американских полярников» — это рассказ о двух зимовках на шестом континенте. Автор описывает образ жизни и быт на советской и американской полярных станциях, особенности тех сложных взаимоотношений, которые складываются между людьми, надолго оторванными от внешнего мира. Рассказывается также об интереснейших и порой пока еще не объясненных природных явлениях в Антарктиде — подледниковом таянии, теплых озерах под вечным льдом, найденных на поверхности ледников морских организмах.

В предисловии, написанном специалистом по международному праву Г. П. Задорожным, рассказывается о действующих международных соглашениях по Антарктиде.

Книга иллюстрирована прекрасными цветными фотографиями.

Охрана природы

Р. Б. Баратов, В. П. Новиков. КАМЕННОЕ ЧУДО ТАДЖИКИСТАНА. Душанбе: Ирфон, 1984, 120 с., ц. 75 к.

Каталог памятников неживой природы Таджикистана включает более 150 геологических объектов. Среди них есть бесспорные феномены. Например, гигантский соляной купол Ходжа-Мумин в Кулябской области; по форме он напоминает колоссальный белый шлем, на 880 м возвышающийся над окрестной равниной; этот купол принадлежит к числу крупнейших соляных диапиров не только

в Советском Союзе, но и в мире. Или «горящие копи» Согдианы — подземный угольный пожар, продолжающийся уже не одну сотню лет. Или следы динозавров в долине реки Ширкент. Или каменный тюльпан горы Навруз. Или подземные лабиринты Карамазара, где трудились древние рудоизнатели... Все это — следы былой и продолжающейся жизни Земли.

Рассказав об уникальных памятниках природы на Таджикской земле, авторы обращают внимание на необходимость охраны этих геологических объектов, включения их в заповедные зоны.

Охрана природы

Н. Г. Васильев, С. С. Харкович, Ю. Б. Шибиев. ЗАПОВЕДНИК «КЕДРОВАЯ ПАДЬ». М.: Лесная промышленность, 1984, 197 с., ц. 1 р. 70 к.

В 1986 г. исполнится 70 лет со времени основания в Приморье заповедника «Кедровая падь» — одного из старейших заповедников не только на территории Дальнего Востока, но и всего Советского Союза. Заповедник чрезвычайно своеобразен по характеру природных условий, флоре и фауне. В нем растут реликтовые и эндемичные виды растений, обитают не встречающиеся нигде более на Дальнем Востоке редкие животные. Здесь можно упомянуть древнюю березу Шмидта, называемую за прочность древесины железной; или фиалку Росса с оригинальными крупными белыми цветами; обнаруженное в 1962 г. примитивное насекомое — гриллобату, считающуюся вымершей миллионы лет назад; или интереснейшие низшие грибы, которые поражают вредных насекомых; а еще леопарда, красного волка, гигантскую бурозубку, сорокопутов японского и тигрового, заходящую на нерест в горную речку Кедровую ценную рыбу симу из семейства лососевых...

С этой уникальной природой заповедника читатели знакомят дальневосточные ученые, много лет проработавшие

в этом регионе. Особое внимание они уделили научно-исследовательской работе в заповеднике и его роли в пропаганде охраны природы.

В книге много цветных иллюстраций. Предназначена она

для специалистов в области охраны природы, ботаников, зоологов, географов.

Философия естествознания

И. Б. Криштопайтис. КЛАССИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВЕЩЕСТВА. Отв. ред. П. В. Славенас. Вильнюс: Минтис, 1984, 138 с., ц. 1 р. 40 к.

В центре монографии — формирование представлений о структуре материальной основы объектов, изучаемых естествознанием, прежде всего физикой и химией.

Познавательная мысль на разных этапах своего развития пользовалась такими понятиями, как вещь, субстанция, материя, в основе которых полагалось существование неких «стихий», «начал», элементарных качеств, неделимых атомов. К современному пониманию вещества вел долгий и сложный путь. Оно приобрело статус научного понятия в тот период развития естествознания, когда появилась возможность определить его структуру и состояние физических и химических параметров.

Необходимость познать суть явлений, связанных с движениями и превращениями в веществе, требовала включения новых понятий, учитывающих динамизм микромира, т. е. всякого рода флюид, сил и действий. Поиски источника динамизма в самом веществе привели к представлению о силовых линиях, которое развилось в понятие силового поля. Открытие Вольты столба стало поворотным моментом в поисках сущности электрических и магнитных явлений. Понятие силового поля, введенное Максвеллом, постепенно приобрело статус основного (наряду с веществом) вида материи.

Классический этап познания вещества завершился электронной теорией. Через представление об электронной при-

роде вещества проходит логический путь к современному пониманию вещества, самый значительный успех которого связан с выяснением квантовой сущности химической связи и с построением теории твердого тела.

Внимание читателя привлекает стремление автора показать в историческом и логическом аспектах, что в классическом естествознании понятие силового поля не было вполне самостоятельным. И действительно, оно рождалось при изучении внутренних движений вещества; оно понималось как некое смещение вещественной среды. Поэтому силовое поле вначале выступало как динамическая характеристика вещества.

Изложенный в книге материал дал возможность автору высказать свою точку зрения на особенности познавательного процесса, развития научных понятий и предложить определение основного объекта исследования — вещества.

История науки

ИСТОРИЯ НАУКИ. Т. 6. Под общ. ред. Р. Р. Даали, В. Д. Паркадзе. Тбилиси: Мецниереба, 1984, 142 с., ц. 95 к.

В сборнике напечатаны работы как грузинских историков науки и техники, так и авторов из Москвы, Киева, Львова и других городов страны. А. А. Дзидзигури в статье «Горная наука в Советской Грузии», подчеркивая значимость горнодобывающей отрасли в экономике республики, выделяет роль Г. А. Цулукидзе как создателя новых схем разработки полезных ископаемых и основателя школы горных инженеров Грузии, творчески связанных с выдающимися учеными-горняками России. Древней истории горного дела в республике посвящена статья Ф. Н. Тавадзе, Г. В. Инашвили и др. «Исследование древних шлаков железного производства на территории Грузии», а Т. П. Муджири в своей работе анализирует закономерности развития техники и технологии рудников Грузии эпохи бронзы.

О П. Г. Меликишвили, который был одним из организаторов Тбилисского университета, пишут В. И. Кузнецов и Н. В. Небиеридзе. Они констатируют, что в его научном творчестве «мы находим удивительный синтез знаний, относящихся к наукам, которые, казалось бы, занимают совершенно противоположные места в системе естествознания... Еще более экстраординарным оказывается полнейший паритет органической химии и неорганической в главном направлении его научной деятельности — на поприще химических наук» (с. 27).

Об истории и нынешнем состоянии физико-математических наук в Грузии можно узнать из трех публикаций. В этих работах авторы воздают должное научно-педагогической деятельности таких крупных ученых, как А. М. Размадзе, Н. И. Мухелишвили, Г. Н. Николадзе, А. К. Харадзе и их ученики. Приведены сведения об основании в 1928 г. грузинского Политехнического института им. В. И. Ленина.

В статье «Оптические исследования в Киевском университете» Г. Г. Кордун и В. В. Сагарда отмечают работы А. А. Шишловского, М. У. Белого и их коллег по разработке современных методов люминесцентного анализа, изучению оптических свойств жидких и твердых растворов неорганических солей и труды И. И. Кондиленко по комбинационному рассеянию света. В. А. Гуриков в своей статье предполагает, что хранящаяся в Музее Грузии в Тбилиси двояковыпуклая круглая линза диаметром 45 мм, изготовленная из горного хрусталя в начале IX в., использовалась в качестве «чистального камня».

О развитии теоретических представлений о сверхтекучести говорится в статье П. Г. Асатиани «Экстраполяция идей физики сверхтекучести и сверхпроводимости в физику полупроводников и других твердых тел». В обзоре В. Д. Паркадзе прослеживаются международные связи естествоиспытателей Грузии за период 1700—1975 гг. Всего в сборнике опубликовано 20 статей.

Орудие мести Ольги

Б. Г. Бравос
Черкассы

946 год... Княгиня Ольга завершает серию актов мести за убийство своего жадного и незадачливого мужа Игоря... Она осадила город древлян и требует в качестве даров трех голубей и трех воробьев с каждого двора, обещая за это увести свое войско.

Вот как продолжается этот рассказ в «Повести временных лет»: «Древляне же, обрадовавшись, собрали от двора по три голубя и по три воробья и послали Ольге с поклоном... Ольга же, раздав воинам — кому по голубю, кому по воробью, приказала привязать каждому голубю и воробью трут, завертывая его в небольшие платочки и прикрепляя ниткой к каждой птице. И когда стало смеркаться, приказала Ольга своим воинам пустить голубей и воробьев. Голуби же и воробьи полетели в свои гнезда: голуби в голубятни, а воробьи под стрехи, и так загорелись — где голубятни, где клетки, где сараи и сеновалы, и не было двора, где

бы не горело, и нельзя было гасить, так как сразу загорелись все дворы».

«Повесть временных лет», как известно, древнейший русский летописный памятник. В этом трагическом эпизоде, мы — далекие потомки летописца — сталкиваемся с голубем... Но каким? Диким или домашним?

Представим себе, что древляне изловили диких дворовых сизарей и поднесли их в дар Ольге... Могла ли она в этом случае осуществить свой замысел? Скорее всего, нет. И вот почему: дикий дворовый сизарь — птица стайная и гнездится она, так сказать, колонией, т. е. на определенной площадке размещаются гнезда всей стаи. Используя дворовых сизарей, Ольга вряд ли распространила бы пожар по всему городу. Есть основание предположить, что орудием мести в руках Ольги был домашний голубь. Он — тоже стайная птица, но одомашнивание внесло существенные коррективы в его повадки, колония домашнего голубя стала голубятня, где размещаются гнезда всей стаи. И если мы учтем, что голубятни в подворье, как показывает более поздняя практика, пристраивались к са-

раю, клетки, сеновалу или другой дворовой постройке, то станет ясно, что замысел Ольги должен был, по всей вероятности, основываться на знании повадок домашних голубей.

Вполне возможно, что этот летописный эпизод содержит косвенные сведения о голубеводстве, которым увлекались древляне из города Искоростень. Разведение голубей древними славянами могло иметь двойственную цель: с одной стороны, голубь использовался для языческих жертвоприношений, а с другой — он становился объектом «охоты», увлечения...

Отношение действующих в этом эпизоде лиц к голубям и голубеводству самое обыденное, оставляющее впечатление, что голуби разводились во многих поселениях славян. Не исключено, что Ольга могла наблюдать повадки домашнего голубя и на реке Великой, где прошли ее детство и юность, и в Киеве, где она растила своего сына — будущего князя Святослава...

Если это так, то генофонд гонимого домашнего голубя, обитающего на нашей территории, является одним из старейших и ценнейших среди генофондов наших домашних животных.

В номере использованы фотографии АЛЕКСЕЕВА Н. Н., ЕНЫ АЛ. В., ЕНЫ АН. В., ЕНЫ В. Г., КАРЦЕВА В. М., КРЮЧКОВА В. В., ЛЮБИНСКОГО Е. Г., МЕДВЕДЕВА В. А., НАУМОВОЙ Н. А., ОБЕЗЬЯНОВА К. Я., ОМЕЛЯНЕНКО А. А., ОРЛОВА Н. П., ПЕРЕЛЬ Т. С., ЦЕТЛИНА А. Б.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
Э. А. ГЕОРГАДЗЕ, Т. Д. МИРЛИС

Сдано в набор 26.04.85.
Подписано к печати 18.06.85.
Т-04278
Формат 70×100 1/16
Офсет
Усл.-печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1426,3 тыс.
Уч.-изд. л. 15,4
Бум. л. 4
Тираж 53 280 экз. Зак. 1213

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука».



— 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.

Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мероковский пер., 26.
Тел. 238-24-56, 238-26-33

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

Экономичность и безопасность современных энергетических установок определяется в первую очередь надежностью материалов, находящихся под интенсивным облучением потоками быстрых частиц, испускаемых в ядерных реакциях. Создание радиационно стойких материалов — задача, которую решает радиационная физика твердого тела.

Калашников Н. П., Трушин Ю. В. Энергетика — излучения — кристаллы.



Трагический парадокс современной цивилизации состоит в том, что человек своим собственным разумом создал для себя угрозу уничтожения. Попытка разрешить это противоречие будет плодотворной в том случае, если произойдет объединение науки с гуманистическими идеалами и с общими социальными целями развития человечества.

Фролов И. Т. На пути к единой науке о человеке.



Какими маршрутами прошло человеческое познание от древнейших архаичных к современным научным представлениям о пространстве и времени? Как правильно оценить «возрождение» в современной науке древнейших воззрений на природу? Не дает ли оно повода для «комплекса концептуальной неполноценности»?

Ахундов М. Д. Пространство и время на пути от мифа к науке.



Геологи давно пытаются выяснить, «умер» Эльбрус или только затих, готовясь к новому извержению. Работы последних лет показывают, что извержение возможно.

Короновский Н. В. Эльбрус — действующий вулкан?



В Северной Атлантике на двухкилометровой глубине среди донной пустыни обнаружены богатые оазисы жизни и начато изучение приспособленности организмов к столь специфическим условиям.

Кузнецов А. П., Сагалевич А. М., Богданов Ю. А., Подражанский А. М. В рифтовой зоне хребта Рейкьянес.

Цена 80 к.
Индекс 70707

