



НАУКА И ЖИЗНЬ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРАВДА». МОСКВА

10

1973

● Не пассивная охрана природных ресурсов, а их разумное использование, основанное на знании законов жизни биологических систем,— такова позиция советской науки ● Новая гипотеза о движении плит земной коры меняет наши представления о размещении полезных ископаемых ● Что такое «канцелярит»? «...необходимость в приобретении... запонки совпала с достаточным для их покупки количеством денег в моем кармане». К сожалению, образчики такого стиля найти нетрудно.



ПЛАНЕТА ТРЕБУЕТ



Очередное общее собрание Академии наук СССР (оно проходило 21—22 июня) было посвящено проблемам защиты биосферы и охраны природы в век научно-технической революции. С докладами выступили академики А. П. Виноградов, С. С. Шварц, члены-корреспонденты АН СССР В. А. Ковда и Б. Н. Ласкорин. Обсуждались проблемы первостепенной важности. Ведь вопросы защиты

биосферы и охраны природы нашли свое отражение в соглашениях, подписанных Л. И. Брежневым и Президентом США Ричардом Никсоном.

Советские и американские ученые уже проводят совместные исследования по изучению биологических и генетических последствий загрязнения биосферы, изучают влияние на окружающую среду сельскохозяйственного производства, сотрудничают в деле организации заповедников и других общих проблемах охраны природы.

Через несколько дней после общего собрания АН СССР состоялась пресс-кон-

ференция находившегося в Советском Союзе президента Национальной академии наук США профессора Ф. Хэндлера.

«Сохранение планеты требует совместных усилий всех земель,— сказал профессор Хэндлер.— В рамках одной страны, на базе одного какого-то государства или группы государств нельзя даже наладить контроль, скажем, воздуха: для слежения за его составом нужны датчики во всех странах, нужна глобальная система». Ученый заметил, что нынешнее внимание к проблемам биосферы отнюдь не запоздалое. Ведь 90 процентов всех научных

● **МЕЖДУНАРОДНОЕ
СОТРУДНИЧЕСТВО**
Работы, планы,
проблемы

открытий сделано на протяжении жизни только одного поколения людей, когда же «надо было нажимать на тормоза»?

Программу планового изучения проблем биосферы и защиты среды обитания Ф. Хэндлер видит в разработке трех направлений. Первое — выяснение главных источников загрязнения (эта работа в основном уже проводится). Второе — определение количественными методами степени опасности каждого из этих видов загрязнения. Третье — разработка и применение эффективных

методов защиты от наиболее опасных источников. В заключение президент Национальной академии наук США отметил, что американские ученые с огромным энтузиазмом относятся к возможности контактов с советскими учеными.

Издавна людей науки привлекает загадка происхождения жизни на Земле. Это большая и сложная

проблема, решение которой позволит найти пути к управляемому синтезу жизни. Сейчас перед учеными встала другая не менее важная и актуальная задача: как сохранить существующие формы жизни на Земле во всем их многообразии и первозданной прелести, как сделать это, не сходя со стремительной магистралей прогресса?..

В этом номере мы публикуем с сокращениями вступительное слово президента АН СССР академика М. В. Келдыша и изложение докладов академика А. П. Виноградова и академика С. С. Шварца.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ БИОСФЕРЫ

— так назывался доклад академика С. С. Шварца, одного из крупнейших специалистов в вопросах экологии.

Влияние процессов индустриализации и урбанизации на биологическую продуктивность планеты общеизвестно. Вряд ли есть необходимость иллюстрировать это положение новыми примерами. Поэтому я не буду говорить ни о климатообразующей и гидрологической роли лесов, ни о необходимости поддерживать оптимальный химический режим внутренних вод, ни об опасности загрязнения океанов. Само существование распространяющегося на Западе движения «адармистов»¹ достаточно красноречиво. Бить тревогу, безусловно, необходимо, однако еще важнее наметить конкретные пути разрешения противоречия между интересами развития современного общества и поддержания оптимального состояния биосферы.

Здесь необходимо сделать оговорку. Даже если промышленные предприятия станут свято выполнять все меры охраны среды, то и в этом случае развивающееся общество будет оказывать на природу усиливающееся воздействие. Нельзя забывать, что замена сложных природных биогеоценозов агроценозами, строительство городов и других сооружений, снижающих биологическую продуктивность громадных территорий, химизация сельского хозяйства, изменение водного и теплового режимов отдельных акваторий и территорий, промышленное использование все большего числа видов животных и растений — все эти и многие другие неизбежные спутники современного общества оказывают и будут оказывать на природу все более сильное воздействие даже при соблюдении всех мыслимых мер предосторожности.

Отсюда следует: борьба за «здоровую биосферу» должна вестись с двух сторон. С одной стороны, это сведение к минимуму непосредственных вредных последствий индустриального давления на природу, а с другой — разработка системы мероприятий, обеспечивающих возможность нормального функционирования биосферы и слагающих ее биогеоценозов в новых условиях.

Три планетарных функции биосферы играют в жизни человечества особую роль: биологическая продуктивность, которая обеспечивает все живое на Земле продуктами питания; поддержание оптимального гидрологического и газового состава среды; биологическая очистка. Согласно представлениям академиков В. И. Вернадского и В. Н. Сукачева, живое само для себя создает оптимальные условия развития. Однако для того, чтобы живой покров Земли и в измененных человеком условиях среды мог реализовать заложенную в его структуре и организации возможность создавать стабильные и продуктивные сообщества, должна быть разработана генеральная стратегия поведения общества в природе. Всякий иной путь чреват серьезными, порой катастрофическими ошибками. Вот некоторые теоретические соображения по этому поводу.

Пока еще производительные силы природы сильнее производительных сил человека. 300 миллиардов тонн сухого живого вещества планеты (300 миллиардов тонн активнейших катализаторов согласованных химических реакций) пока еще выполняют большую геохимическую и энергетическую работу, чем ее способен выполнять человечество. Но силы человека становятся соизмеримыми с силами природы, и, учитывая известный принцип «ломать — не строить», человек уже сейчас способен серьезно нарушить согласованность биосферных реакций на больших пространствах. К сожалению, мы вспоминаем об этом лишь в тех случаях, когда дискоординация функций биосферы непосредственно бьет по человеку. Поэтому нелишне привести некоторые не слишком хорошо известные цифры.

На каждого человека на Земле приходится не менее 200 миллионов насекомых. Общий вес насекомых, обитающих в почве и на растительности в пределах нашей страны, составляет более 50 миллионов тонн. Вес насекомых одних только дубрав нашей страны превышает 250 тысяч тонн, а в период вспышки численности — в десятки раз больше. Даже численность таких незаметных животных, как головастики, достигает гигантской величины. Вес головастиков

¹ От французского «alarme» — тревога, беспокойство.



озерной лягушки в низовьях Волги определяется несколькими миллионами тонн. За один сезон они трансформируют не менее 100 миллионов тонн растительной массы, переводя ее в ценнейшие «удобрения».

Человек уже научился по достоинству оценивать свои ошибки, приносящие непосредственный ущерб той части живого, которую он включает в понятие «ресурсы». Однако мы еще не научились с уважением относиться к нарушению жизни тех элементов биосферы, которые мы не используем непосредственно, но которые «только» поддерживают равновесие биосферы, которые являются «только» катализаторами биохимических процессов, катализаторами, работающими и на наше благо.

Недавно появилась у нас в переводе книга Фарба «Популярная экология» — превосходно изданная, насыщенная интересными фактами. Вот ее основной вывод: связи природных явлений столь многообразны и опосредованны, что познать их мы не в состоянии. Поэтому когда мы пытаемся с самыми благими намерениями вмешиваться в жизнь природы, то это равносильно ремонту телевизора с помощью гаечного ключа.

Вывод этот не только ошибочен, но и опасен, он обезоруживает человека. У нас уже есть достаточно развитая теория, позволяющая работать в природе отнюдь не по принципу «молотком по телевизору». Возможность есть, но ее надо реализовать.

Экология — наука о жизни природы — переживает сейчас вторую молодость. Возникшая более 100 лет тому назад как учение о взаимосвязи организма и среды, экология на наших глазах трансформировалась в науку о структуре природы, науку о том, как работает живой покров Земли в его целостности. А так как работа живого все в большей степени определяется деятельностью человека, то наиболее прогрессивно мыслящие экологи видят будущее экологии в теории создания измененного мира. Экология на наших глазах становится теоретической основой поведения человека индустриального общества в природе. Поэтому мне представляется крайне важным показать основные направления современной экологии, говорит далее С. С. Шварц, позволяющие нам с оптимизмом смотреть на взаимоотношения человека с природой.

Современная экология, не забывая о своих традиционных задачах, развивается вокруг двух фундаментальных понятий: популяция и биогеоценоз.

Популяция — элементарная группировка организмов определенного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности неограниченно длительное время в постоянно изменяющихся условиях среды. Популяция — форма существования вида, та надорганизменная система, делающая любой вид организмов потенциально (но, конечно, не реально) бес-





смертным. Приспособительные возможности популяции неизмеримо выше, чем приспособительные потенции слагающих ее индивидов. Именно поэтому учение о популяции играет решающую роль в разработке теории создания измененного мира. Вот лишь один пример, показывающий, на каких принципах работает популяция как биологическая система.

Изменение условий среды может привести к резкому повышению смертности животных. В популяции возникает сигнал: «нас становится мало». Этот сигнал приводит к кардинальному изменению физиологии всех членов популяции, направленному к единой цели: мобилизовать все резервы популяции и перестроить ее организацию таким образом, чтобы свести к минимуму затраты энергии на поддержание нормальной жизнедеятельности, повысить стойкость отдельных ее членов к повреждающим факторам среды с тем, чтобы вновь расплодиться в любой подходящий для этого момент. Для того, чтобы показать масштаб и подлинно биологическое величие подобных преобразований, достаточно сказать, что в соболичествах, которым предназначено пережить трудный период и сохранить жизнь вида до благоприятных для размножения времен, сам темп процесса старения снижается в несколько раз и резко изменяется



структура популяции. Резко нарастает относительное число самок, а у ряда видов численность популяции увеличивается за счет того, что и рождаются преимущественно самки.

Механизмы, позволяющие популяции поддерживать свою численность в условиях,

гибельных для отдельных животных, бесконечно разнообразны. Вот один из примеров.

Когда в популяции американских лопатоносов (экологических аналогов наших жаб) поступает сигнал «водоем высыхает, нас слишком много, гибель от голода неизбежна», часть животных коренным образом преобразуется, растительноядные головастики становятся активными хищниками. И эти хищники-каннибалы спасают популяцию от неизбежной гибели.

Хорошие условия — животных много, численность их растет, плохие — падает. Что может быть тривиальнее этого утверждения! Оказалось, однако, что в определенных ситуациях численность вида падает в наилучших условиях среды, а растет в условиях, которые есть основания считать наихудшими. У меня нет возможности останавливаться на конкретных механизмах, определяющих кажущуюся парадоксальность этой ситуации. Отметим лишь принципиально важное. В оптимальных условиях популяция подает сигнал о вероятном изменении среды к худшему, этот сигнал воспринимается всеми членами популяции как приказ к снижению воспроизводства. В результате в критический период численность вида приходит в соответствие с условиями среды, и равновесие «организм — среда» сохраняется. Аналогичный механизм дает о себе знать и в обратной ситуации. Условия жизни стали плохими, кормов мало. Но поступает сигнал о вероятном улучшении условий жизни — это приказ о мобилизации популяционных резервов — и численность вида начинает расти, популяция встречает улучшение условий среды на том участке кривой динамики численности, который гарантирует максимальное использование вновь открывающихся возможностей.

Здесь необходимо сделать замечание, имеющее принципиальное значение, продолжает академик С. С. Шварц. Популяция определяет свою судьбу, дирижируя физиологическим состоянием слагающих ее индивидов. Однако организмы способны прогностически целесообразно реагировать на изменение внешней среды, лишь оставаясь частью популяции. Разрушение популяции превращает ее бывших членов в беспомощный конгломерат индивидов, обреченных на гибель. Воспользуясь снова примером. Климатические катастрофы, не выходящие, однако, за пределы многовековых колебаний, могут снизить численность мелких млекопитающих в десятки и сотни тысяч раз, но через 2—3 сезона размножения зверьки вновь восстанавливают свою численность до оптимума. Кажущееся же незначительным снижение численности животных, вызванное изменением среды человеком, нередко приводит к массовому вымиранию вида. Иначе говоря, катастрофические, но естественные изменения условий существования вызывают и катастрофическое снижение численности вида, но не отражаются на воспроизводительных силах популяций. Изменения же, которые вносит в среду человек, как правило, не ведут к катастрофической смертности животных, но

ведут к разрушению их популяций. Гибель вида становится при этом лишь вопросом времени.

Если это важнейшее положение современной экологии будет правильно понято и оценено по достоинству, это даст возможность путем изменения, нередко даже не очень существенного, системы хозяйственного освоения отдельных регионов согласовать интересы развития промышленности и сельского хозяйства с поддержанием оптимального состояния природной среды.

Я неоднократно упоминал о сигналах, воспринимаемых популяцией как приказ к мобилизации своих резервов и перестройке организации и структуры. Природа этих сигналов столь же многообразна, как и природа популяций всех обитающих на Земле видов организмов. Но об одном типе этих сигналов — химических — не сказать нельзя. Исследования, проведенные на личинках амфибий, рыбах, личинках насекомых, моллюсках, показали, что качество и количество поступающих в среду метаболитов — продуктов обмена веществ животных — регулируют скорость их роста и развития, определяют ход важнейших реакций организма, темп клеточного деления, скорость регенерационного процесса. Нами экспериментально показано, что действие метаболитов характеризуется высшей степенью специфичности: не только представители разных популяций, но разные генетические варианты в пределах одной популяции поддают разные сигналы и по-разному на них реагируют. Более того, животные разных стадий развития реагируют на поступающие сигналы в соответствии с нуждами популяции как целого. Достаточно указать, что метаболиты старших животных сдерживают развитие младших и стимулируют развитие животных более поздних стадий. Система этой регуляции работает таким образом, что даже катастрофически высокая смертность не вызывает нарушения популяционной структуры, гарантируя тем самым восстановление численности популяции в кратчайшие сроки.

Овладеть методами такой регуляции численности животных и растений — это значит сделать ненужными дорогие и опасные методы химического подавления или стимуляции развития организмов, которыми пользуется сейчас человек. Можно надеяться, что он сумеет найти биологические методы управления процессами в биосфере, адекватные существующим в природе.

Второй важнейший раздел современной экологии — учение о биогеоценозах (БГЦ). Оно приобрело в последние годы заслуженную популярность, и поэтому я позволю себе отметить лишь те его аспекты, которые имеют непосредственное отношение к охране биосферы.

Прибегая к достаточно грубой аналогии, можно сказать, что биогеоценозы — это машина по трансформации вещества и энергии на нашей планете. В основе этой машины — единство животного-растительного сообщества с косными элементами среды. Это единство проявляется прежде всего в том, что не только среда определяет состав со-

общества, но и сообщество, достигнув определенной степени интеграции, определяет все важнейшие параметры неживой составляющей биосферы. Жизнь сама способна создавать для себя оптимальные условия среды. Вот это-то положение и должно быть взято в основу теории охраны биосферы.

Нельзя забывать, что биосфера — это и есть та «природа», в которой мы живем, и поэтому они должны стать первым объектом нашей охраны. Я мог бы привести много примеров, показывающих полную реальность следующего парадокса: в настоящее время лес больше влияет на климат, чем климат на нас.

Принципиальная схема любого биосферного процесса проста: неживая природа, фотосинтезирующие растения, животные — консументы, для которых растения служат пищей, и редуценты, возвращающие почве питательные вещества. Клад использования растениями энергии Солнца весьма низок (в среднем менее 1%), с каждым последующим звеном цепи питания эффективность использования энергии повышается. Чем разнообразнее биосфера, тем выше ее стабильность, помехоустойчивость (хотя общая относительная продуктивность биосферы при этом и падает).

Уже эти самые общие законы жизни биосферы, законы первого порядка, подсказывают важные практические выводы. До сих пор, говоря об обогащении природы, мы имеем в виду обогащение ее видами лишь непосредственно полезными. Односторонность подхода к делу здесь очевидна. Поддерживая разнообразие биосферы, мы тем самым смогли бы повысить их стойкость по отношению к любым повреждающим воздействиям, — это имеет особое значение для промышленных регионов.

У этой проблемы есть иной аспект. Единство биосферы стало в настоящее время аксиомой. Отсюда следует, что, повышая общую биологическую продуктивность тех или иных участков Земли, вклад которых в общую энергетику планеты сейчас определяется нулем и которые по разным причинам в обозримое время не могут быть освоены под интенсивное сельское хозяйство, мы делаем биосферно принципиально новый шаг в охране биосферы. В настоящее время вклад растительности тундры в кислородный баланс планеты принимается равным нулю (0,2%). Подсчеты показали, что замещение мха «бесполезными» травами позволило бы тундре давать в атмосферу до 10% кислорода по отношению к кислороду, который дает вся суша земного шара. Вряд ли это нужно комментировать.

Еще большее значение в разработке теории охраны биосферы имеют законы жизни биосферного второго порядка. Поясню это положение примером.

Консументы потребляют растительность. Естественно, что между количеством животных и растений должно быть определенное соотношение, в противном случае животные, истребив свою пищу, погибнут сами. Самоочевидная эта точка зрения, каза-

лось бы, подтверждается практикой: все мы хорошо знаем, что такое перевыпас скота! Однако гигантские стада копытных в африканских саваннах, большое количество мамонтов и диких быков, населявших древние северные прерии Америки, заставили усомниться в достаточности арифметического подхода к проблеме.

Первый же эксперимент в природе заставил пересмотреть устоявшиеся взгляды. Представленные нами эксперименты в лесотундре показали, что максимальная продукция северных травостоев отмечается не тогда, когда они полностью ограждены от потребителей, а тогда, когда «пресс консументов» достигает определенной нормы. Лишь когда численность грызунов приближается к 1000 на гектар, продукция травостоя спускается ниже «спокойной нормы». (На некоторых насекомых экспериментально показано, что максимальная продукция их популяций наблюдается в тех случаях, когда свыше 90% личинок гибнет от болезни.)

Подобные наблюдения, а их накопилось уже немало, однозначно свидетельствуют о том, что максимальная продукция определяется не индивидуальными свойствами слагающих биосферных видов, а его структурой. Более того, не общее энергообеспечение биосферы, а его организация определяет продуктивность природных комплексов. Вряд ли нужно говорить о том, какое значение имеет исследование подобных закономерностей для практики охраны природы.

Необходимо, однако, составить себе полное представление о степени согласованности, взаимной притертости видов в природных комплексах. Казалось бы, что может быть антагонистичнее взаимоотношений «паразит — хозяин». Но наблюдение над некоторыми видами пиявок показало, что их паразитирование на рыбах приводит к повышению эффективности использования хозяином корма, «паразит — хозяин» работают как единая система.

Другой аспект той же проблемы: вид «заботится» о благосостоянии биосферы в целом. Взрослые лягушки — влиятельные члены наземной подсистемы водно-наземного биосферного комплекса. Лягушки откладывают в воду икру, развиваются личинки, лягушки выходят на сушу. Количественный анализ этого банальнейшего явления выявил удивительную закономерность. Биомасса икры, которую вносит популяция лягушек в водоем, в точности равна биомассе покидающих водоем сеголеток. А если бы было иначе, то любое событие в жизни водной или наземной подсистем биосферы привело бы к полной его дезорганизации: если учесть, что животные, взрослая фаза которых включается в наземные биосферные комплексы, а личинки развиваются в воде, выносятся из водоемов тысячи тонн биомассы, то значение подобных закономерностей станет очевидным.

Охрана биосферы — это прежде всего охрана (или воссоздание) их оптимальной структуры. Экспериментальное изучение биосферных комплексов разных типов показало, что их «лицо» определяется относительно

небольшим числом видов — доминантов, образующих ядро биогеоценоза, и громадным числом видов спутников-сателлитов. Доминанты определяют продуктивность биогеоценоза, характерный для него тип и масштаб геохимической работы, его место в биосфере. Сателлиты в значительной степени ответственны за стабильность экологической системы. Познание взаимоотношений ядра и сателлитов подсказывает принципиально новые пути и охраны биогеоценозов и управления их развитием.

Развиваясь в условиях относительной изоляции от других разделов современной экологии, биогеоценология приняла следующую общую схему регуляции экологических систем.

Численность вида растет, он подрывает свою кормовую базу и одновременно создает условия для размножения своих врагов и развития болезней. Эта схема логически безупречна, но реализуется она крайне редко и лишь в биогеоценозах, уже нарушенных человеком. А в чистом виде она не реализуется никогда. Задолго до того, как вид достигает той численности, при которой он может стать нарушителем равновесия системы, срабатывают механизмы популяционной регуляции, и численность вида снижается до оптимума. Регуляция же популяционных процессов уже сейчас доступна разумному влиянию человека. Знание структуры биогеоценоза (ядро — сателлиты) и основных механизмов популяционной регуляции, происходящих в нем процессов создает прочную основу для создания сообществ, достигающих высшей продуктивности и стабильности в измененной среде.

Наконец, проблема «Человек и биосфера» имеет еще один аспект, который странным образом до сих пор почти не привлекал к себе внимания. Мы привыкли рассматривать живой мир в качестве пассив-

ного объекта наших воздействий. Это представление ошибочно. В ответ на изменение внешней среды живое (и отдельные виды и их сообщества) отвечает активным приспособлением. В ответ на применение ядов возникли ядостойкие формы насекомых. Ведь это мы, люди, создали комаров, которые не боятся ДДТ. Не только популяции насекомых, бактерий и других быстро размножающихся организмов, но и медленно размножающиеся лягушки и сурки приобрели свойства, которые их заставил приобрести человек. Эволюция совершается на наших глазах, совершается быстро и в громадном большинстве случаев против человека.

В вопросах о судьбах биосферы я отношу себя к оптимистам, ибо верю в мудрость человека. Но в вопросе об эволюции я готов стать алармистом. Эволюция, подстегиваемая химизацией и локальным повышением радиоактивного фона, грозит создать формы, с которыми трудно будет справиться даже современной технике. Но это значит, что столь же быстро могут быть созданы формы, полезные для человека, формы, способные реализовать высшую биологическую продуктивность в антропогенном ландшафте и, что особенно важно, способные стать специализированными биологическими фильтрами. Другими словами, человек должен научиться управлять эволюцией природных популяций, свести к минимуму возможность появления специфически приспособленных вредных форм, способствовать появлению полезных.

Первые шаги, которые были сделаны в этом направлении, говорит академик Шварц, дали обнадеживающие результаты.

Я считал своей главной задачей показать, что современная экологическая теория может стать прочной основой решения биологических аспектов проблемы «Человек и биосфера».