

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Академик С.С. ШВАРЦ

ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Д о к л а д
на Юбилейной сессии Академии наук СССР,
посвященной 250-летию Академии наук СССР

Москва 1975

Взаимоотношение человека с породившей его природой, взаимоотношение биосферы со сферой разума и труда ноосферой - становится одной из наиболее важных и трудные разрешимых проблем человечества. Возникающие на этой почве конфликты, совокупность которых нередко воспринимается как глобальный экологический кризис, бесчисленны и многообразны. Но при ближайшем рассмотрении большинство из них имеют одну общую основу, суть которой заключается в противоречивом взаимодействии двух способных к саморегуляции систем - биосферы и человеческого общества.

Экологический кризис заключается не в том, что в результате непредуманных действий человека гибнут биологические природные ресурсы, а в том, что подрывается способность природных комплексов к саморегуляции или система саморегуляции "работает" против человека и человечества. Возникновение социалистического общества создает объективные предпосылки к возникновению принципиально нового гармоничного единства. Реализация этих предпосылок должна быть основана на познании законов развития биосферы. Основопологающие идеи в этом направлении были сформулированы В.И.Вернадским и В.Н.Сукачевым.

Длительное время эволюция рассматривалась почти исключительно, как развитие организмов, как поток филогенезов. Сейчас, однако, стало ясным, что эволюция организмов и эволюция биосферы - взаимосвязанные процессы.

Структура и функция биосферы не остаются постоянными, они изменяются по мере изменения морфофизиологических свойств организмов. При этом основные свойства живого и биосферы в целом остаются практически неизменными более 3 миллиардов лет. Единство наследственного кода всех земных организмов, общий принцип трансформации энергии служат этому хорошо известной иллюстрацией. Принципиальная структура элементарных сообществ, способных к саморегуляции и развитию также в *полной* мере дает себя знать уже на заре жизни.

Фотосинтезирующие растения - продуценты, создающие первичное органическое вещество; животные - консументы, питающиеся растениями и другими животными; бактерии - редуценты, деструкторы. Эта схема известна сейчас всем. Известно также, что деятельность бактерий, переводящих органическое вещество в доступную для растений форму, столь же необходимая часть естественного цикла Земли, как и процесс фотосинтеза. Естественно, что процессы создания, накопления и распада органического вещества уже на заре жизни должны были быть определенным образом согласованы, обеспечивая непрерывность круговорота вещества и энергии. Однако важнейшая особенность работы биосферы заключается в существенном превышении процессов продукции над деструкцией, созиданием над распадом. Благодаря этому в атмосфере появился кислород, а в недрах горячие ископаемые. Эта закономерность должна была проявляться с полной силой уже на первых этапах развития жизни, так как к моменту появления многоклеточных (680 мл. лет) содержание кислорода в атмосфере достигло 10% современного. Это привело к созданию озонового экрана, защитившего живые системы от повреждающего действия УФ - радиации, что, в

своей очереди, усилило приток кислорода в атмосферу. Важнейшая предпосылка неограниченного морфофизиологического прогресса была создана одноклеточными организмами в процессе их эволюции. В дальнейшем атмосферный гомеостаз - поддержание жизни оптимальных для ее собственного развития физико-химических условий - становится законом эволюции биосферы. Около 50 мл. лет тому назад в атмосфере установилась современная концентрация кислорода и была установлена строгая сбалансированность круговорота кислорода с круговоротом углерода. Таким путем была достигнута динамическая стабилизация биосферы, как высшего уровня интеграции живой материи. Это обстоятельство должно быть подчеркнута особо. Нам важно знать с какой биосферой столкнулось человечество выйдя на планетарный рубеж своего развития. Сотни миллионов лет поддерживала биосфера оптимальное соотношение важнейших для жизни элементов в атмосфере. Несколько десятков лет промышленной революции оказалось недостаточным, чтобы нарушить это равновесие. Мне кажется, что это явление говорит о проблеме "Человек и биосфера" больше тысячи примеров локальных экологических конфронтаций.

Триада - продуценты, консументы, редуценты - лежит в основе любых растительно-животных сообществ, любых биогеоценозов. Однако в зависимости от конкретных экологических и морфо-физиологических особенностей, слагающих эти триады видов, характер работы биоценоза изменяется. Лишь в качестве иллюстрации сравним три группы травоядных животных - консументов первого порядка: насекомых, мелких грызунов, копытных.

Крупные травоядные млекопитающие потребляют 30-60% первичной продукции биогеоценоза, насекомые и грызуны редко более 10%. Однако грызуны ассимилируют свыше 80% потребленной энергии, крупные травоядные не более 6%, насекомые - 30%. Но насекомые используют на построение биомассы своего тела до 30% ассимилированной энергии, млекопитающие, как правило, не более 2%. Поэтому продуктивность насекомых может на порядок величин превосходить максимальную продуктивность млекопитающих. Но и насекомые не могут более 5% биомассы растений превратить в собственную биомассу (млекопитающие - 0,7%). Естественно, что подобные различия экологической физиологии разных групп одного трофического уровня определяют характер работы биогеоценоза в целом. Становится очевидным, что появление в процессе эволюции организмов, характеризующихся принципиально новым типом взаимоотношений со средой (рыбы, насекомые, рептилии, травянистые растения и т.п.) имели следствием преобразование структуры биосферы и ее функции. Было бы крайне заманчиво внимательно проанализировать глобальные следствия появления новых групп организмов, знаменующих собой становление ароморфозов принципиального значения. Сделать это по понятным причинам невозможно, ограничимся поэтому глобальными следствиями появления гомотермных (теплокровных) животных. Возникновение гомотермных животных в истории биосферы по своему значению соизмеримо с возникновением человечества. Способность животного поддерживать постоянство температуры тела в громадном диапазоне внешних условий явилась предпосылкой неограниченного морфофизиологического прогресса, который с неизбежностью закона привел к появлению мыслящих существ - людей

(с точки зрения эколога разум — это всего лишь высшая способность целесообразно реагировать на изменение внешних условий).

Необходимость поддерживать уровень обмена веществ на постоянно высоком уровне сделало необходимым тратить большую часть энергии не на построение тканей собственного тела, а на поддержание оптимального физиологического состояния. Лев весом 200 кг требует в 6-7 раз больше корма, чем крокодил такого же веса. Мелкие млекопитающие и птицы более 95% энергии расходуют на поддержание постоянной температуры тела. Эти, казалось бы, частные физиологические особенности млекопитающих и птиц произвели революцию в структуре биосферы.

Скорость трансформации энергии в сообществах многократно повысилась, но экологическая эффективность биоценозов резко снизилась. В древних ценозах биомасса растений лишь в 4-5 раз превышала биомассу животных и не менее 15% продукции нижних уровней цепей питания переходили в верхние. В сообществах чового типа биомасса растений в десятки и сотни (иногда тысячи) раз превышает биомассу животных, а коэффициент эффективности сообщества не превышает 2-3%, но скорость трансформации вещества и энергии повысилась в десятки раз. Вместе с тем, появление гомотермных животных способствовало установлению прямых биологических каналов между биогеоценозами разных регионов Земли, спаяло биосферу в единое целое. Можно было бы привести конкретные примеры, показывающие, что экологические события, развертывавшиеся в Арктике в значительной мере определяют ход важнейших биоценологических процессов в тропиках.

Млекопитающие явились мощными катализаторами биогеохимических процессов. Превращая громадное количество сырой растительной массы в легко усваиваемые растениями вещества, высшие позвоночные создали предпосылки к развитию почв высшего плодородия. В это же время начался расцвет высших насекомых — опылителей цветковых растений. Это привело к интенсификации биохимической эволюции растений, созданию форм, отличающихся повышенным содержанием белков и липидных веществ. Это, в свою очередь способствовало повышению почвенного плодородия. Заслуживает внимания, что в результате симэволюции высших позвоночных, высших насекомых и наиболее прогрессивных групп растений на Земле возникли пространства степей и прерий, возникли почвы, отличающиеся высшим плодородием.

Каждый шаг в развитии жизни создавал предпосылки к ее дальнейшему развитию. Прогрессивные группы животных и растений создали условия для возникновения человека и развития человечества. Идеи В.И.Вернадского и В.И.Сукачева о жизни, как ведущей силе планетарного развития получают в современных исследованиях всестороннее развитие.

Человек вступил на арену жизни в тот момент ее развития, когда биосфера приобрела свойства единой системы биологической интеграции высшего уровня, способной к высшей биологической продуктивности и высшей стабильности. Что же собой представляет биосфера сегодня?

Ежегодная продукция живого вещества оценивается в 380 млрд. тонн. При этом из воздуха извлекается более 300 млрд. тонн CO_2 , из почвы 5 млрд. тонн азота и 10-15 млрд. тонн других элементов минерального питания растений. Содержание воды в тканях живых организмов примерно в 5 раз пре-

выпадет содержание воды во всех реках земного шара. Эти и им аналогичные показатели масштаба производимой биосферой работы сейчас хорошо известны и приводить дальнейшие примеры излишне. Мне хотелось бы лишь сделать их более зримыми.

Вековой дуб или граб имеет в своем арсенале около 500000 листьев, общей площадью около 1000 м², фотосинтезирующая внутренняя поверхность которых перерабатывает в час около 2000 г CO₂ и, используя около 5000 кал солнечной энергии, создает 1200-1300 г глюкозы. Эти цифры становятся зримыми при сопоставлении их с данными характеризующими потребности человека в кислороде и пище. Точные расчеты показывают, что человек потребляет в год не более 1% чистой продукции биосферы (не считая горючих ископаемых, накопленных биосферой прошлых веков) и не менее точные расчеты говорят о том, что 25 м² фотосинтезирующей поверхности листьев за один солнечный день даст столько O₂ сколько нужно одному человеку в сутки. Однако загрязнение атмосферы промышленными газами снижает энергию фотосинтеза на порядок величин.

Становится ясным, что экологические конфронтации возникают не вследствие высоких потребностей человечества, а потому, что эти потребности удовлетворяются без учета структуры и функции биосферы. Мы знаем, что элементарными единицами структуры биосферы являются трофические уровни, обеспечивающие трансформацию вещества и энергии. Однако, мы знаем также, что любой из этих уровней, представлен сотнями тысяч видов, каждый из которых биологически уникален. В юбилей нашей Академии важно напомнить важнейший теоретический ви-

вод, сформулированный академиком А.А.Ухтомским: "Среда, физически одинаковая, физиологически различна для обитающих в ней животных видов, различна прежде всего по образу рецепции в ней". Сходная экологическая работа, выполняемая тысячами биологически уникальных видов, которые, в свою очередь, представлены миллионами и миллиардами особей, каждая из которых биологически специфична, и создает ту удивительную помехоустойчивость, которая дает возможность биосфере поддерживать оптимальные для своего развития условия среды в течение многих миллионов лет, несмотря на резкие изменения климата и орOGRAPHии, включая горообразование и движение материков.

И этот вывод хочется сделать более зримым, осязаемым. Общее число насекомых на земле - 10^{18} , птиц - 10^9 . На каждого человека одних только комаров и мух приходится не менее 200 млн. особей, представленных тысячами видов. И в наше время отдельные кулиги саранчи весят десятки тысяч тонн. В общей экономике природы птицы играют всего лишь в 2-3 раза меньшую роль, чем человечество. Аналогичные расчеты применительно к млекопитающим и некоторым группам беспозвоночных дают астрономические величины. Становится понятным, что первая линия обороны биосферы от возможных нарушений ее развития, заключается, как говорят экологи, в организованной разнородности.

Не менее существенна и вторая линия, основанная на иерархичности структурных уровней живого. Учение об уровнях приобрело сейчас большую известность и мы не стали бы задерживать на нем внимания, если бы энергетический подход к проблеме не вывел нас к новой постановке вопроса.

Используя разнообразные литературные источники, а также материалы, накопленные в нашей лаборатории, мы попытались построить грубую схему, характеризующую эффективность использования энергии на разных уровнях интеграции жизни (в %):

Элементарные физиологические функции	до 70-80
Комплексные физиологические функции и работа организма в целом	15-50
Использование энергии организмов на рост, размножение, развитие	1,5-15
Использование энергии популяций организмов на рост, размножение, развитие	0,5- 7
Использование энергии сообществом фотосинтетиков	0,1- 2
Использование энергии солнечного излучения высшими трофическими звеньями	0,01-1
Использование солнечной энергии для продукции новых тканей животных	0,0002-0,05

При построении этой схемы мы вынуждены основываться на весьма неточных данных. К тому же разные организмы, относимые к отдельным трофическим уровням, с рассматриваемой точки зрения существенно различны. Тем не менее используемый нами материал делает совершенно очевидным важную тенденцию в энергетике живых систем: с повышением уровня биологической интеграции эффективность использования энергии падает.

Эти цифры заслуживали бы всестороннего анализа, но ограничимся одним лишь вопросом, который поставим в не совсем привычной для научных докладов форме. Почему природа

сумела создать столь сверхсовершенный инструмент, как человеческий мозг, но удовлетворилась созданием сообществ, работающих с ничтожными КПД. Ответ напрашивается сам собой: соотношение эффективности использования энергии на разных уровнях интеграции жизни гарантирует сохранение ее первоосновы - способных к репродукции организмов. Чтобы не случилось на верхних этажах природы, какие бы катаклизмы не потрясли биосферу и составляющие ее биогеоценозы, высшая эффективность использования энергии на уровне клеток и тканей гарантирует жизнь организмам, которые и восстанавливают структуру жизни на всех этажах ее проявления, в той форме, которая в наибольшей степени соответствует новым условиям среды.

Нам остается отметить, что возможность и необходимость, как морфофизиологического прогресса, так и совершенствования механизмов стабилизации биосферы заложены в самой основе развития жизни. Этот интереснейший вопрос мы имеем возможность осветить лишь в самых общих чертах.

Наиболее общий закон развития организмов - их неразрывная связь с внешней средой. Чем точнее реагирует животное на изменения внешней среды - тем выше его шансы в борьбе за жизнь. Отсюда неизбежное совершенствование центрального органа связи со средой - мозга, минимальные размеры которого определяются минимальным числом молекул и атомов, необходимых для поддержания внутримозговых связей (по крайней мере сотни миллионов). Увеличение мозга - абсолютно полезное приспособление. Но увеличение мозга требует увеличение размеров органов, обеспечивающих его питанием. Отсюда увеличение размеров тела, отсюда морфофизиологический прогресс, который в конеч-

ном итоге привел к человеку.

Но морфо-физиологический прогресс и увеличение размеров тела с неизбежностью закона приводит к снижению численности организмов, упрощению их популяций. Упрощение популяций с неизбежностью приводит к повышению биологической уязвимости организмов. Вот почему победителями в жизненной борьбе оказались не только высшие животные и растения, но и многочисленные группы низших организмов, характеризующихся громадной численностью и сложной популяционной структурой. Сочетания в одном биогеоценозе организмов, характеризующихся принципиально различным типом освоения среды гарантирует стабильность экологических систем и биосферы в целом.

Список обвинений против "технически вооруженных варваров" (отнюдь не самый сильный эпитет в адрес современной техники) практически необозрим. Промышленность загрязняет атмосферу, почву и воды опасными для всего живого веществами, нарушает сложившийся на отдельных участках арены жизни тепловой баланс, увеличивает содержание в атмосфере CO_2 , угрожает целостности озонового экрана, изымает из биологического круговорота все большие и большие территории. (не менее нескольких тысяч га в день), изменяет отражательную способность земной поверхности и способствует развитию пустынного климата. Список этот можно продолжать до бесконечности. Все эти нарушения в биосферу современное индустриальное общество действительно вносит и, главное, не может не вносить. Прогресс человеческого общества требует развития индустрии и сквозящая во многих

статьях в защиту природы (как будто в охране нуждаются природа, а не мы, люди) технофобия нередко обращивается безразличием к судьбе людей. Однако, если исключить из нашего списка (или аналогичного более детального и длинного) нарушения, связанные не с технической стратегией современного общества, а с ошибками в технической политике и технической практике, то список этот оказывается и более коротким и более содержательным.

В дикой природе процессы продукции преобладали над деструкцией, экологические системы усложнялись, становились все более продуктивными и стабильными; степень разнородности в пределах отдельных биогеоценозов и степень разнородности биогеоценозического покрова Земли непрерывно увеличивалась (вспомним еще раз: биосфера - организованная разнородность).

В урбанизированной среде ситуация существенно изменяется.

Экологические системы упрощаются, "омолаживаются". Значительная часть энергии и кислорода расходуется на восстановление нарушенных биогеоценозов, на процессы деструкции слабодисперсных веществ, обмен вещества и энергии затормаживается. Эффективность атмосферного гомеостаза снижается. Флористические и фаунистические различия между биогеографическими регионами стираются, эндемики во все большей степени сменяются космополитами, возникают новые эндемики - эндемики техногенных ландшафтов, численность видов, обладающих повышенной стойкостью к ядам, лекарственным препаратам и т.п. непрерывно увеличивается. Биологические "каналы связи" между континентами и биогеографическими регионами дополняются техногенными. Сказанное можно рассматривать, как своеобразную констатировочную часть экологического прогноза, так как наметившаяся тенденция в изменении структуры природы, хотим мы этого или не хотим,

будет углубляться и расширяться. Грубая, опасная, но весьма распространенная ошибка заключается в том, что экологический прогноз рассматривает как предвидение характера нарастающего влияния человека на природу, а вопрос о том как ответит биосфера на наши действия остается в тени, о нем просто забывают. Факты говорящие о нарушении природного баланса, поддержанного биосферой в течение миллионов лет, не следует рассматривать как поломку сложного механизма. Это как раз такое упрощение сложнейшего природного явления, которое равносильно его искажению. Если бы в меловом периоде, в самый разгар смени "царств" - царства рептилий на царство млекопитающих птиц - оказался обладающей разумом сторонний наблюдатель, он несомненно отметил бы падение экологической эффективности биоценозов Земли и вполне мог бы расценить это как деградацию, ухудшение биосферы. Это было бы ошибкой. Такой же ошибкой является стремление совершающееся на наших глазах изменения биосферы свести к ее деградации. Естественно, что отравление реки или внесение в почву ядовитых веществ губит природу. Но эти и им подобные акции, сколь широко они не были бы распространены, нельзя рассматривать как выражение стратегии человека индустриального общества в природе, это отклонение от оптимальной технической политики. Закономерные же изменения природы, о которых речь шла выше, есть основания рассматривать как реакцию жизни в ответ на изменившиеся условия среды.

Упрощение биоценозов, их омоложение, изменение структуры отдельных звеньев цепей питания, увеличение роли животных, как деструкторов первичного органического вещества - все это не простая деградация биосферы, а ее эволюция в новых условиях. При этом отнюдь не все эти изменения следует *a priori*

считать нежелательными. Они ведут к повышению биологической стабильности, создают предпосылки для использования повышенной концентрации CO_2 в атмосфере. Более того, новые, омоложенные, биоценозы, не обладающие той поражающей нас внутренней согласованностью, которая характерна для древних сообществ, отличаются меньшей степенью "замкнутости", они в большей степени работают на биосферу в целом. Вопрос этот самый сложный и почти не изученный, здесь легко ошибиться. Не одну только ошибку делать нельзя. Нельзя рассматривать биосферу, как пассивный объект наших воздействий, способную лишь деградировать в ответ на непривычные условия среды.

Каждый из перечисленных признаков изменения структуры и функции биосферы заслуживал бы детального рассмотрения.

Ограничимся одним из них. Что такое упрощение биоценоза?

В любом биоценозе основная геохимическая работа и работа по накоплению биомассы выполняется немногими видами — доминантами, образующими ядро биоценоза, эффективность работы которого поддерживается большим числом видов-сателлитов. Стабильность сообщества обеспечивается уже упомянутой нами "организованной разнородностью". В биоценозах, подвергшихся сильному антропогенному воздействию, число доминирующих видов резко сокращается. Образно говоря, работа по поддержанию природного равновесия ложится на плечи немногих, нередко одного-двух видов. Но, допуская еще большую волюнтаристичность, можно сказать, что природа нашла выход из создавшегося положения. Стабильность сообщества поддерживается биологической пластичностью и популяционной внутривидовой разнородностью вида-доминанта. Для иллюстрации воспользуюсь вполне конкретным примером.

При обследовании мелких озер в лесостепном Зауралье было установлено, что существенную роль в круговороте веществ играют пресноводные моллюски. Не большинство видов крайне мало-численны и лишь один из них прудовик (*Lymnaea stagnalis*) действительно многочисленен. Несколько лет назад эти наблюдения этим и ограничились бы. Но прогресс биологии, новая биология, заключается не только в проникновении в микромир живого, но и в том, что события биологического макромира стало возможным оценивать в строгом количественном выражении. В нашем примере было установлено, что численность доминирующего вида моллюсков определяется несколькими миллионами на 1 км^2 , что в течение летнего сезона он накапливает биомассу исчисляющуюся десятками (до 300) тонн на 1 км^2 и перерабатывает за то же время не менее 10000 тонн фитомассы. При этом, что особенно важно, структура разных микропопуляций прудовика оказалась различной.

Это скромное наблюдение ясно показывает, что такой вид действительно может взять на себя работу по поддержанию биологического равновесия целого сообщества. Из этого следует, что в функционировании современной биосферы популяционные механизмы поддержания биоценологического равновесия играют более существенную роль, чем в "нетронутой" природе. Здесь не место для обсуждения технических деталей. Достаточно сказать, что знание основных принципов, на которых основано поддержание биосферного равновесия создает основы для реализации оптимальной стратегии поведения человека в природе, суть которой может быть сформулирована предельно кратко:

человек должен включить свои производственные процессы в нормальный круговорот вещества и энергии в биосфере. Следует добавить: "новой биосферы". Может создаться впечатление, что эта формулировка - не более, чем благое пожелание, не подкрепленное даже общими соображениями - каким же образом это должно быть осуществлено. Мне кажется, что и на этот вопрос может быть дан достаточно определенный ответ: человек не должен брать функции биосферы на себя, а облегчить ей ее работу. Я рискнул бы сказать, что отношение человека с природой должно быть основано на доверии.

Эта мысль, которой я придаю большое значение, может быть проиллюстрирована вполне конкретным примером.

Водоохранная и климатическая роль лесов была оценена давно. Даже самые агрессивные технократы сознают, что сведение лесов грозит катастрофой. Обмеление рек поставит под удар центры мировой культуры и промышленности. Ведь почти 70% крупнейших городов расположены в эстуариях рек. Ведь уже сегодня водоснабжение Рима получает вдвое меньше воды, чем протекало по знаменитым аквадуктам вечного города при императоре Аугусте. Но леса продолжают и будут продолжать рубить. Выход - посадки леса. Их польза несомненна: они стабилизируют атмосферный и гидрологический режим громадных территорий, а даже скромные сады и парки снижают содержание пыли в атмосфере на 40%. Польза несомненна, масштабы работы грандиозны. Общая площадь защитных насаждений (включая зеленые зоны городов) примерно равна площади лесов Западной Сибири. Если к этому добавить, что урбанизация

почти повсеместно сопровождается превращением естественной растительности в леса паркового типа, то станет очевидным, что рукотворные леса по площади становятся соизмеримыми с лесами естественными. По площади, но не по своей биологической сути. Они лишены главного свойства естественных лесных биогеоценозов - способности к саморазвитию и самозащите. Более того, большинство из них лишены способности к самовозобновлению.

Во всей работе по созданию искусственных лесов в значительной степени сказалась сила и слабость технической мысли, ставящей себя над природой. Если уж без деревьев обойтись нельзя, то всю работу берем на себя, будем решать биологическую проблему техническими средствами. В результате многомиллиардные расходы по восстановлению и поддержанию посадок. А ведь возможен и иной путь: содействие природе в создании специализированных лесных биогеоценозов в измененной человеком среде. То, что уже сейчас, в процессе протекающей на наших глазах эволюции, возникли стойкие растительные ассоциации на почвах резко обогащенных свинцом и обедненных фосфором говорит о полной реальности подобной постановки вопроса. Создание специализированных сообществ в урбанизированной среде уже происходит на наших глазах и нередко вопреки воле человека. Объединение усилий природы и человека ускорит процесс создания продуктивных и стабильных биогеоценозов в измененной среде.

Для того, чтобы эта задача могла быть решена необходима разработка принципов биологической инженерии, позволяющей направить ход эволюции биосферы в желательном направлении.

И в этом случае представляется целесообразным не противопоставлять себя природе, а следовать ее законам. Следующие обстоятельства особенно важны.

Исследования проведенные на животных, растениях, микроорганизмах, показали, что все важнейшие процессы, протекающие на уровне популяций и сообществ, в решающей степени определяются химическим фоном, который создается в процессе жизнедеятельности самих организмов. Изменяя химический фон, мы в лаборатории уже можем изменять скорость роста и развития животных, добиться существенных изменений в их физиологии, изменять генетический состав природных популяций, решать исход борьбы конкурирующих видов. Зная "химический код" популяционного развития важнейших видов, мы сможем абсолютно безопасными, биологически адекватными методами, направлять эволюцию отдельных видов и их сообществ в желательном направлении.

Расшифровка химического кода индивидуального развития организмов явилась крупнейшим открытием науки нашего времени. Есть основания полагать, что овладение кодом, управляющим жизнью популяций (а, следовательно, и биосферой) явится не меньшим научным событием, практическое значение которого трудно переоценить. Опасная "химия ядов" уступит свое место "химии жизни" и отомрет не в результате пропаганды, а просто потому, что станет ненужной.

Затронутый вопрос представляет и большой общенаучный интерес. Химизм нашей крови в значительной степени отражает химию океана. В своем организме мы несем память об условиях зарождения жизни. Но мы знаем, что уже на первых этапах эволюции жизни биологический прогресс должен был иметь в своей

основе единства популяционных и биогеоценотических процессов. Химический фон, специфика которого в решающей степени определялась жизнедеятельностью самих организмов, являясь главным фактором поддержания этого единства. Опыты на популяциях бактерий доказывают это с полной очевидностью. Химический принцип поддержания единства жизнедеятельности одноклеточных животных и растений был унаследован многоклеточными организмами, как важнейший принцип поддержания целостности организма, регуляции эпигенетических процессов. Но химическая сигнализация, как средство поддержания популяционного и биогеоценотического единства сохраняет свое значение и у высших животных и растений. На всем витке спирали эволюционного развития химизм внешней и внутренней среды организмов, обеспечил гармоничное развитие органических систем на всех уровнях биологической интеграции — от клеток до биогеоценозов. Отчетливо дает себя знать не только единство жизни, как особой формы существования материи, но и единства всей природы, живой и неживой. Симптоматично, что развитие этих представлений, находящихся на грани биологии и философии, приводит к выводам практического характера. Экспериментальные исследования и математическое моделирование на ЭВМ показали, что изменяя структуру популяции, распределение животных по территории, их возрастной состав и т.п. мы можем добиться существенных эволюционных сдвигов даже медленно размножающихся животных в течение десятка лет.

Наконец, внедрение современной техники не только на микроуровне живого, но и при изучении биологических макро-систем, может содействовать быстрой и объективной оценке эффективности работы отдельных сообществ. Так, использование

оптико-акустического инфракрасного газоанализатора позволяет в течение считанных минут определить суммарную энергию фотосинтеза не только отдельных растений, но и целых фитоценозов.

Становится очевидным, что современная биология обладает достаточным теоретическим заделом для разумного сотрудничества с природой и достаточным арсеналом технических средств для того, чтобы с достаточной объективностью определить чего мы можем требовать от природы и чего требовать от природы ни в коем случае нельзя.

Однако для того, чтобы использовать возникающие возможности в борьбе за процветающую биотехносферу необходимо внедрение экологического мышления в сознание человека индустриального общества. До сих пор мы согласно хорошо понятной, исторически детерминированной традиции, привыкли решать биологические проблемы техническими средствами. Время не позволяет подробно обосновать этот важный тезис. Поэтому я позволю себе ограничиться примером. Для орошения одного га окультуренных земель опресненной морской водой требуется энергия, эквивалентная 120 тоннам нефти. Это не останавливает ни инженеров, ни проектировщиков. Затраты на экологический анализ планов урбанизации и индустриализации составляют менее 0,01% от общих затрат на строительство, но мне трудно назвать хоть одну отрасль производства в любой стране мира, в которой экологическая экспертиза стала законом.

Можно надеяться, что известные постановления высших государственных органов в нашей стране, направленные на сохранение природной среды, послужат основой для формиро-

вания принципиально новых отношений между человеком и природой. В основе этих новых отношений должно быть положено представление о биосфере, как едином целом и дифференцированный подход к работе в различных биомах.

Для иллюстрации сравним тропический лес с нашей скромной северной тайгой. Средняя продуктивность тропических лесов колоссальна. Гектар тропического леса дает 28 тонн кислорода в год, что вдвое выше средних показателей. Разнообразие древесных растений в 10 раз выше, чем в лесах умеренного пояса. Тропические леса — это самые древние биоценозические образования, им присвоено почти официальное название "триумф организации взаимно-приспособленных видов". Но этот триумф имеет и обратную сторону. Основной запас питательных веществ находится не в почве, а в растительности, круговорот веществ замкнут, почти весь кислород потребляется деструкторами внутри системы. Поэтому в результате нарушения лес замещается кустарниками, его восстановление требует сотен лет. При этом затраты энергии в сотни раз превышают энергию, которая расходуется на поддержание равновесия. Если же и вторичный лес будет нарушен, то на обедневшей почве сукцессия становится невозможной. Согласно представлениям тропических экологов нескольких десятилетий интенсивной эксплуатации достаточно, чтобы стереть тропический лес с лица Земли.

Северная тайга, как биоценозическое образование, развивалась в условиях резкого колебания климата, периодических массовых размножений вредителей, пожаров. Более того, есть основания полагать, что резкие изменения среды, которые мы склонны рассматривать как катастрофы, являются

мощным фактором поддержания природного равновесия типичных биоценозов северных биомов. "Помехоустойчивость" тайги неизмеримо выше, чем у тропического леса, причем каждая из сукцессионных стадий представляет особую ценность и для человека и для биосферы.

Естественно, что отношение к сравниваемым биомам должно быть различным, чтобы каждый из них сохранил свою специфичную роль в жизни биосферы.

Особого отношения заслуживают регионы, биологическая продукция которых ничтожна - приполярные территории, пустыни, высокогорья. До сих пор интерес к этим регионам, помимо чисто теоретического, определялся возможностью извлечения "полезностей". Представление о единстве биосферы позволяет видеть в этих районах Земли, составляющих почти 40% земной суши, громадный резерв биологической продуктивности. Здесь опять же необходим известный психологический перелом в сознании вооруженного современной техникой человека. Получение с указанных территорий непосредственно полезных продуктов возможно, но экономически не всегда рентабельно и вряд ли когда нибудь будет рентабельно. Однако общее повышение биологической продуктивности, компенсирующей общее снижение биологической продуктивности на сильно урбанизированных территориях, нормализующее режим атмосферы и гидросферы на планете в целом вполне возможно уже на современном уровне развития техники. Здесь не место останавливаться на предстоящих технических и экономических трудностях. Однако уже имеющийся опыт показывает, что они значительно меньше тех,

которые связаны со строительством крупных электростанций и аналогичных сооружений.

Анализ главных тенденций в развитии биосферы и отношений человека к проблемам биосферы позволяет дать самый общий экологический прогноз на ближайшие десятилетия. Если отвлечься от частности, то этот прогноз может быть сформулирован в нескольких словах.

Существенное изменение структуры биогеоценозов Земли. Увеличение роли популяционных процессов в поддержании биоценотического равновесия. Развитие способных к самовозобновлению и саморегуляции специфических биогеоценозов антропогенных ландшафтов, отличающихся повышенной стабильностью и повышенной способностью к биологической очистке. На территориях, допускающих лишь ограниченное антропогенное развитие — развитие биогеоценозов, отличающихся повышенной биологической продуктивностью. Поддержание общего баланса биосферы на уровне, обеспечивающем оптимальное развитие человеческого общества.

Для решения этой задачи необходимо внедрение экологической экспертизы в промышленное и сельскохозяйственное производство и внедрение промышленной культуры в практику природопользования. На смену пассивной "охране природы" придет работа по созданию оптимальной природной среды, по созданию биогеоценозов, способных к саморегуляции в измененной человеком среде.

Формат бумаги 60 x 90 I/I6

В печать от 26/IX-1975г.

Тираж 220 экз.

Печ.л. I, 25

Уч.изд.л. I, 12

Заказ 7559

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ

Люберцы, Октябрьский проспект, 403