

MAIN ADMINISTRATION OF THE HYDROMETEOROLOGICAL SERVICE
UNDER THE COUNCIL OF MINISTERS OF THE USSR

COMPREHENSIVE ANALYSIS
OF THE ENVIRONMENT

Proceedings of the II Soviet-american symposium
Honolulu, Hawaii, October 20—26, 1975

HYDROMETEOIZDAT
LENINGRAD 1976

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ВСЕСТОРОННИЙ АНАЛИЗ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Труды II Советско-американского симпозиума
Гонолулу, Гавайи, 20—26 октября 1975 г.

ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
ЛЕНИНГРАД 1976

В октябре 1975 г. в Гонолулу, США, состоялся II Советско-американский симпозиум по всестороннему анализу окружающей среды, организованный Смешанной советско-американской комиссией по сотрудничеству в области охраны окружающей среды. Основная тема симпозиума — определение допустимой нагрузки, обусловленной антропогенными факторами окружающей среды, на организм, популяцию, экосистему, биосферу в целом — явилась логическим результатом работы I Советско-американского симпозиума по всестороннему анализу окружающей среды (Тбилиси, СССР, март 1974 г.), наметившего основные направления сотрудничества в рамках соответствующего проекта.

Сборник содержит 15 докладов советских авторов и 11 докладов американских авторов, составивших четыре основных раздела. Представленные доклады освещают результаты работ по комплексной, всесторонней оценке состояния окружающей среды и выработке подходов к определению научно обоснованных допустимых нагрузок на биосферу.

In October 1975 in Honolulu, USA, Second American — Soviet Symposium on comprehensive analysis of the environment, organized by Joint American — Soviet Committee on Co-operation in the Field of Environmental Protection has taken place. The main theme discussed there was permissible loads resulted from anthropogenic environmental factors on organism, population, ecosystem, biosphere as a whole, proceeded from general directions of co-operation within the framework of the corresponding project andorced by I American — Soviet Symposium on comprehensive analysis of the environment (Tbilisi, USSR, March 1974).

Proceedings of the Symposium contain 15 reports of the Soviet authors and 11 reports of the American authors, divided into 4 main sections. The reports presented illucidate modern achievements on complex comprehensive assessment of environmental state and elaboration of approaches to the determination of scientifically validated permissible stress on the biosphere.

Редколлегия: чл.-корр. АН СССР Ю. А. Израэль (главный редактор), канд. биол. наук Л. М. Филиппова, канд. биол. наук В. А. Попов, канд. физ.-мат. наук Ю. А. Анохин, Н. Ю. Вайль

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЛОБАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

С. С. Шварц

Институт экологии растений и животных Уральского научного центра
АН СССР

1. Человеческая деятельность оказывает на природу прогрессирующее воздействие. Несомненно, что любые меры предосторожности (совершенно необходимые) и любая степень совершенствования производства (замкнутые циклы и т. п.) лишь ослабят воздействие человека на природу, но не ликвидируют опасность ухудшения природной среды, хотя бы только потому, что самое культурное производство изымает из биологического круговорота громадные территории и акватории. Это должно быть очевидным для любого человека, не склонного к самообольщению. Но из этого отнюдь не следует, что человечество должно идти по линии свертывания производства. Тезис «назад к природе» всегда был реакционен, борьба за повышение уровня жизни людей требует неуклонного развития индустриализации и урбанизации.

Нет, однако, серьезных оснований полагать, что влияние человека на биосферу и отдельные биогеоценозы с неизбежностью закона ведут к ухудшению «природы». Для того чтобы разобраться в этом принципиальном вопросе, необходимо попытаться понять, что такое «хорошая» экосистема и что такое экосистема «плохая», что такое «хороший биоценоз» и что такое биоценоз «плохой»? На подобные вопросы отвечать всегда трудно, хотя интуитивно мы все понимаем, «что такое хорошо и что такое плохо». Тем не менее в первом приближении на поставленный вопрос ответить можно. Хороший биогеоценоз должен отвечать следующим основным требованиям.

а) Продукция (биомасса) всех основных звеньев трофических цепей высокая. Характерное для антропогенных ландшафтов превышение фитомассы над зоомассой выражено не резко. Это обеспечивает синтез большого количества кислорода и синтез большого количества продуктов не только растительного, но и животного происхождения.

б) Высокой продукции соответствует высокая продуктивность. Произведение «продуктивности на биомассу» стремится

к максимуму. Это создает предпосылки для быстрой компенсации возможных потерь биомассы на отдельных трофических уровнях в результате случайных или закономерных внешних воздействий. Это обстоятельство особенно важно. Высокая продукция не гарантирует высшую компенсаторную активность биологических систем.

в) Структура системы в целом и разнородность отдельных трофических уровней обеспечивают высокую стабильность биогеоценоза в широком диапазоне внешних условий. Высшее совершенство гомеостатических реакций характерно не только для популяций доминирующих видов, но и для экосистемы в целом. Поддержание биоценоза в состоянии динамического равновесия обеспечивает состояние гомеостаза неживых составляющих биогеоценоза, в том числе и гидрологического режима территории и газового состава атмосферы.

г) Обмен вещества и энергии протекает с большой скоростью. Процессы редукции обеспечивают вовлечение в биологический круговорот всей продуцируемой биоценозом биомассы в течение немногих годовых циклов. Это обеспечивает максимальную скорость биологической самоочистки системы.

д) Высшая степень продуктивности и стабильности экосистемы сопровождается высшей «резервной активностью» — способностью к быстрой перестройке структуры сообщества и к быстрым эволюционным преобразованиям популяций доминирующих видов. Это обеспечивает поддержание биогеоценоза в оптимальном состоянии при изменении условий среды.

Если биогеоценоз удовлетворяет перечисленным требованиям, есть все основания считать его хорошим, независимо от того, развивается ли он в естественной или урбанизированной среде. Отсюда следует, что перспективная задача глобальной экологии заключается в разработке мероприятий, способствующих развитию хороших биогеоценозов в условиях антропогенного ландшафта. С другой стороны, развиваемая точка зрения позволяет вполне объективно подойти к оценке допустимой нагрузки на окружающую среду. Если биогеоценоз способен в измененной человеком среде поддерживать себя (как систему) в оптимальном состоянии — это значит, что степень антропогенного воздействия не превышает возможностей биологических систем, не подрывает их способность к гомеостазу. Есть веские теоретические основания полагать, что подобная система оценок практически совпадает с оценками медико-санитарными. Состояние биоценоза более чуткий показатель среды, чем любой другой.

2. Анализ вопроса, поставленного в столь необычной для биолога форме («что такое хорошо, а что такое плохо») позволяет утверждать, что некоторые общие изменения, которые вносит индустриализация, можно рассматривать как фактор потенциально благоприятствующий развитию биосферы. Повышение содержания CO_2 в атмосфере создает предпосылки для фор-

мирования сообществ повышенной продуктивности, обладающих повышенной способностью к самоочищению. Человеческая деятельность резко превышает энергетический обмен в экологических системах, что способствует общему омолаживанию биосферы, акселерирует эволюционный процесс и создает объективные предпосылки для развития процветающих биогеоценозов. Многие (хотя, к сожалению, далеко не все) работы по обводнению пустынь, мелиорации земель, осушению болот, ликвидации эпизоотий «работают» в том же направлении.

Входить в конкретные детали поставленных вопросов здесь нет возможности. Важно, однако, подчеркнуть, что они заставляют нас видоизменить и характер постановки основной проблемы современной глобальной экологии, является ли «ухудшение» природной среды и нарушение экологического равновесия неизбежным следствием общей стратегии развития индустриального общества или же они порождаются ошибками в технической политике?

3. В процессе эволюции организмов неизбежно происходили коренные изменения в структуре и энергетике биогеоценозов и биосферы в целом. Особое значение имеют различные пути биологического прогресса. Их многообразие (любой вид животных или растений биологически уникален, избирает свой путь освоения среды) длительное время служило своеобразным психологическим барьером правильной оценки роли разных групп организмов в энергетике и функционировании биогеоценозов.

Уже на этапе «преджизни» ее развитие определялось естественным отбором. Усложнение макромолекул с неизбежностью привело к увеличению первых организмов. Эта тенденция в эволюции продолжалась и в дальнейшем: морфофизиологический прогресс сопровождался увеличением размеров тела. Эта морфологическая закономерность эволюции имеет серьезные экологические следствия. Важнейшие из них — снижение числа особей в популяции. Число особей в природных популяциях бактерий определяется астрономическими величинами, популяции насекомых насчитывают миллиарды особей, грызунов — тысячи и миллионы, крупных хищников — сотни и тысячи. Соответственно с этим изменяется и плотность популяций разных животных. Чем меньше размеры тела организма, тем многочисленнее его популяции. Причины этого экологического закона понятны: чем крупнее животное, тем меньше особей может прокормить определенный участок арены жизни. Отсюда следует, что морфофизиологический прогресс неизбежно должен был сопровождаться возникновением механизмов, страхующих относительно малочисленные популяции при крайне неблагоприятном сочетании внешних факторов. Эта страховка могла идти по двум принципиально различным линиям: повышения стойкости индивидуальной и популяционной.

На ранних этапах эволюции организмов «популяционная стойкость» могла поддерживаться за счет колоссальной численности популяций. На этом этапе популяция могла быть примитивной системой, каковой она представляется некоторым теоретикам, интересующимся биологическими проблемами. Неизбежное следствие морфофизиологического прогресса — снижение численности популяций — приводит к эволюционной неизбежности совершенствования популяции как системы. Универсальным средством решения этой задачи явился половой процесс, гарантирующий возникновение и поддержание генетической разнородности популяции. В процессе эволюции реализуется известный закон кибернетики, закон Эшби: системы, состоящие из большого числа разнородных элементов, менее подвержены колебаниям.

Однако разнородность популяции поддерживается не только генетическими, но и экологическими элементами. В этом отношении животные разных уровней морфофизиологической организации существенно различны. Высшее физиологическое совершенство требует не только совершенного гомеостаза, как состояния, но и как процесса; оно требует не только постоянства внутренней среды, но и постоянства хода онтогенеза. Для иллюстрации сравним представителей одного класса млекопитающих — грызунов и хищных.

Мышевидные грызуны способны успешно проходить полный цикл развития в резко различных условиях среды (сезонные генерации) и существенно изменять скорость онтогенеза. В соответствии с этим их популяции состоят из многих экологически своеобразных группировок животных, отличающихся скоростью роста и развития, потребностью к качеству и количеству корма, реакцией на изменение важнейших факторов внешней среды и т. п. В результате разнородности их резко увеличивается.

Успешный онтогенез хищника возможен лишь в относительно узком диапазоне внешних условий. Структура популяций хищников неизмеримо проще, чем популяций грызунов. Поэтому, несмотря на то что индивидуальная стойкость хищников неизмеримо выше, чем индивидуальная стойкость грызунов, сопротивляемость их популяций внешним воздействиям оказывается неизмеримо меньшей. Популяцию полевков невозможно истребить, популяцию тигра нужно охранять!

Этот пример иллюстрирует важную закономерность. Эволюция осуществлялась двумя основными путями: путем морфофизиологического прогресса и путем совершенствования организации популяции. Глубинные процессы, лежащие в основе этой закономерности, могут быть понятны при сравнении более далеких в филогенетическом отношении организмов. Сравним млекопитающих с пойкилотермными позвоночными.

Хорошо известно, что скорость онтогенеза пойкилотермных (даже при температуре, соизмеримой с температурой тела птиц

и млекопитающих) значительно ниже, чем у гомотермных. Скорость полового созревания осетра или белуги во много раз ниже, чем у млекопитающих равных или даже больших размеров. Белуга становится половозрелой на 15-й год жизни, белуха на 5-й. Лягушка созревает на 3—4-й год, равная ей по весу полевка на 3—4-й месяц. С развиваемых здесь позиций это принципиальное экологическое различие между пойкилотермными и гомотермными позвоночными получает естественное объяснение, которое работает применительно к любым конкретным видам.

Главное оружие в борьбе за жизнь высших животных — это морфофизиологическое совершенство. Поэтому популяция должна сократить период детства слагающих ее индивидов, период формирования морфофизиологического совершенства. У более низкоорганизованных животных дело обстоит иначе: стойкость вида определяется совершенством его популяционной структуры. Чем длиннее период созревания животных (точнее, чем больше диапазон возможной изменчивости длительности онтогенеза), чем длительнее период, предшествующий созреванию, тем больше возможности для усложнения структур популяции, в особенности в тех случаях, когда разные возрастные стадии отличаются существенными экологическими особенностями. У процветающих форм «низших» животных именно это и происходит. Достаточно сравнить личинок и взрослых у многих насекомых или амфибий. Когда разные возрастные стадии вида занимают в биогеоценозе разные экологические ниши, возможность вымирания вида в результате «случайного» изменения среды сводится к минимуму. Динамика численности головастиков и взрослых лягушек подчиняется диаметрально противоположным закономерностям. Это крайние выражения очень общей закономерности: чем больше экологическое разнообразие возрастных стадий животного, тем выше способность популяции противостоять неблагоприятному сочетанию внешних факторов. Становится понятным, что в соответствии с двумя магистральными путями биологического прогресса «низшим» животным выгодно растянуть период развития, «высшим» — сократить его.

Возможность достижения биологического прогресса принципиально разными путями (на уровнях организма и популяции) в значительной степени определяет структуру биогеоценоза. В рассматриваемых группах организмов одна и та же экологическая задача решается разными путями. В соответствии с этим различна и их роль в жизни биогеоценоза.

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 нового 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 биоценозами разных регионов Земли, спаяло биосферу в единое целое. Можно было бы привести конкретные примеры, показывающие, что экологические события, развертывающиеся в Арктике в значительной мере определяют ход важнейших биоценологических процессов в тропиках.

Высшие животные явились мощными катализаторами биоценологических процессов. Превращая громадное количество сырой растительной массы в легко усваиваемые растениями вещества, высшие позвоночные создали предпосылки к развитию почв высокого 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 липоидных веществ. Это, в свою очередь, содействовало повышению почвенного плодородия. Заслуживает внимания, что в результате синэволюции высших позвоночных, высших насекомых и наиболее прогрессивных групп растений на Земле возникли пространства степей и прерий, возникли почвы, отличающиеся высшим плодородием.

В плане нашей темы наиболее важно подчеркнуть следующее. Появление на Земле высших организмов привело к расцвету биосферы. Но вместе с тем морфо-физиологический прогресс животных имел следствием падение эффективности работы БГУ почти на порядок величин. Это легко можно было бы оценить, как резкое ухудшение работы экологических систем. Но эволюция продолжалась, ей сопутствовали и эволюционные изменения экологических систем, в результате которых возникли биоценозы нового типа.

Есть основания полагать, что и изменения условий среды, вызванные деятельностью человека, будут иметь следствием приспособительную эволюцию и организмов и их комплексов.

Экологический кризис заключается не в том, что в результате непродуманных действий человека гибнут биологические природные ресурсы, а в том, что подрывается способность при-

родных комплексов к саморегуляции или система саморегуляции «работает» против человека и человечества. Отсюда следует, что проблема «человек и биосфера» прежде всего должна решаться в плане создания условий для развития биосферы в благоприятном для человека направлении.

4. 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 гектар в день). Изменяет отражательную способность земной поверхности и способствует развитию пустынного климата. Список этот можно продолжать до бесконечности. Все эти нарушения современное индустриальное общество действительно вносит в биосферу и, главное, не может не вносить. Прогресс человеческого общества требует развития индустрии, и сквозящая во многих статьях в защиту природы (как будто в охране нуждается природа, а не мы, люди) технофобия нередко оборачивается 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 усложнились, становились все более продуктивными и стабильными; степень разнородности в пределах отдельных биогеоценозов и степень разнородности биогеоценотического покрова Земли непрерывно увеличивалась (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 слабо дисперсных веществ; обмен вещества и энергии затормаживается. Эффективность атмосферного гомеостаза снижается. Флористические и фаунистические различия между биогеографическими регионами стираются; эндемики все в большей степени сменяются космонолитами; 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.

Факты, говорящие о нарушении природного баланса, поддерживаемого биосферой в течение миллионов лет, не следует рассматривать как поломку сложного механизма. Если бы

в меловом периоде, в самый разгар смены «царств» (царства рептилий на царство млекопитающих птиц) оказался обладающий разумом сторонний наблюдатель, он несомненно отметил бы падение экологической эффективности биогеоценозов Земли и вполне мог бы расценить это как деградацию, ухудшение биосферы. Это было бы ошибкой. Такой же ошибкой является стремление совершающиеся 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 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.

Эти заключения, которые в настоящее время обосновываются большим количеством фактов, должны составлять основу экологического прогнозирования. Вместе с тем, несомненно, что по мере становления «новой биосферы», в развитии которой ведущую роль играет деятельность человека, узко специализированные виды будут уменьшаться в числе, а виды, отличающиеся большой экологической пластичностью — увеличиваться. Можно было бы показать, что уже сейчас на громадных территориях и акваториях, заселенных экологически викарирующими видами, господствует несколько видов — убиквистов, выполняющих ведущую роль в поддержании природного баланса. Из этого следует, что в функционировании современной биосферы популяционные механизмы поддержания биоценологического равновесия играют более существенную роль, чем в «нетронутой» природе. Это определяет и главные направления научных исследований и поиск путей их практической реализации.

5. Представление об эволюции биосферы в новых условиях как главном факторе формирования окужающей среды заставляет по-новому ставить вопрос о взаимоотношениях человека и природы. 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 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. 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 и 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 чисто 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. Объединение усилий природы и человека ускорит процесс создания продуктивных и стабильных биогеоценозов в измененной среде.

6. Наблюдения за изменением отдельных видов животных и растений и их комплексов говорит о реальности поставленной задачи. Нам кажется, что сложность ее обычно преувеличивается, в чем ясно сказывается недооценка приспособительных потенций и отдельных видов и их комплексов. Достаточно сказать, что популяции некоторых видов растений в течение немногих поколений приобретают генетически закрепленную способность создавать продуктивные и стабильные популяции, казалось бы, не в просто неблагоприятной, а отравленной среде, например на землях, обогащенных свинцом, медью, никелем, да к тому же при явном недостатке кальция и фосфора.

Вполне возможно и формирование сообществ, работающих в качестве специфических «нейтрализаторов» потенциально опасных отходов промышленности, в том числе и радионуклидов.

Среди бактерий хорошо известны «нефтедеструкторы», эффективность работы которых увеличивается в присутствии ванадия. Создание штаммов бактерий или грибов, эффективно разлагающих древесину, означало бы принципиальный прогресс в практике лесосплава, проблемы, являющейся настоящим бичом ряда производств.

Так как детальный анализ затронутого вопроса не входит в нашу задачу, то мы ограничимся лишь одним примером. Никотин — страшный яд. Но ведь посевы табака нуждаются в специальной охране от специализированных видов насекомых. Это ясно показывает, что принципиальных преград для развития продуктивных сообществ в уникальной среде нет. Естественно, что в разной среде (в первом приближении — в разных биомах) направление работ должно быть различным, но общим их признаком должно являться представление о единстве биосферы. При этом особого внимания 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. Однако общее повышение 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.

7. Разработка системы мероприятий в указанном выше плане требует развития системы наблюдений за изменениями, происходящими в природе под воздействием антропогенных факторов. Естественно, что эта система должна основываться на определенных медико-санитарных нормах. Учитывая, однако, что один и тот же фактор (в его качественном и количественном выражении) оказывает на человека разное действие в зависимости от конstellляции сопутствующих природных условий экологическому мониторингу должно придаваться самостоятельное значение. Численность отдельных видов и их состояние в качестве показателя условий среды с успехом используются уже в настоящее время (содержание химических веществ в разных

тканях организмов на разных уровнях трофических цепей; скорость роста деревьев, энергия фотосинтеза, микробиологическая активность почв; рост лишайников, развитие разных видов гидробионтов и т. п.). Эту систему контроля за состоянием среды целесообразно дополнить наблюдениями по изменению структуры биогеоценозов, их пространственным и функциональным взаимоотношениям. Особое значение имеет анализ биоценотического гомеостаза при упрощении отдельных трофических уровней, сопровождающихся или не сопровождающихся общим падением биологической продуктивности экосистем.

Анализ главных тенденций в развитии биосферы и отношений человека к проблемам биосферы позволяет дать самый общий экологический прогноз на ближайшие десятилетия. Если отвлечься от частных случаев, 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 промышленной и сельскохозяйственной производстве 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.