

УДК 502.3

В.А. Кудинов, канд. физ.-мат. наук, доц.,
Е.С. Бабий, бакалавр,
Одес. нац. политехн. ун-т,
А.В. Кудинова, магистр, Одес. нац. ун-т
им. И.И. Мечникова

СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.О. Кудинов, О.С. Бабий, О.В. Кудинова. Сучасні концепції глобальної екологічної безпеки. Розглянуто сучасні концепції глобальної екологічної безпеки, що базуються на ідеях “Стійкого розвитку” і біологічної регуляції умов довкілля. Встановлено верхні межі для антропогенного навантаження на середовище, що можливо не порушують стійкість життя.

Ключові слова: біосфера, екосистема, стійкість, бифуркація.

В.А. Кудинов, Е.С. Бабий, А.В. Кудинова. Современные концепции глобальной экологической безопасности. Рассмотрены современные концепции глобальной экологической безопасности, базирующиеся на идеях “Устойчивого развития” и биологической регуляции условий окружающей среды. Установлены верхние границы для антропогенной нагрузки на среду, возможно, не нарушающие устойчивость жизни.

Ключевые слова: Биосфера, экосистема, устойчивость, бифуркация.

V.O. Kudinov, E.S. Babiy, O.V. Kudinova. Modern concepts of global ecological safety. Modern concepts of global ecological safety based on the ideas of “Sustainable development”, and biological regulation of environmental conditions, are considered. Upper bounds that may not violate the stability of life are set for the anthropogenic loading on the environment.

Keywords: biosphere, ecosystem, stability, bifurcation.

Глобальной экологической катастрофой называют утрату Биосферой способности поддерживать стационарность своего состояния в изменчивых условиях окружающей среды. Несмотря на различные геологические и космические возмущения, в предшествовавшей человеку истории Биосферы таких катастроф, к счастью, не было, что свидетельствует о высочайшей надежности (устойчивости) глобальной жизни. В то же время катастрофы с отдельными популяциями, видами и биогеоценозами в истории Земли происходили, как показывают палеонтологические данные, постоянно. Это свидетельствует о том, что локальные катаклизмы, приводящие к вымиранию видов, эволюции или сукцессии, не являются признаками экологического кризиса как предвестника экологической катастрофы. Скорее наоборот, они демонстрируют нормальный гомеостаз Биосферы за счет структурной и функциональной перестройки ее частей.

До определенного момента времени многочисленные подробности истории Homo Sapiens, такие как расцвет или упадок отдельных государств, империй и даже цивилизаций, находились за пределами чувствительности Биосферы и практически никак не сказывались на состоянии окружающей среды в целом. Ситуация изменилась радикальным образом после того, как научно-техническая революция позволила человеку в XX веке стать беспрецедентно доминирующим на Земле видом. С этого момента начинается новейшая история Биосферы, не имеющая аналогов в прошлом и по значимости сравнимая только с началом жизни на Земле.

Сейчас уже нет сомнения, что сложившиеся в мире модели сверхинтенсивного антропогенного производства и потребления порочны по своей сути и представляют растущую угрозу среде обитания всего живого и самого человека.

Очевидно, что любая попытка организации системы глобальной экологической безопасно-

сти должна сопровождаться радикальными изменениями образа жизни людей, ибо существующих ресурсов явно недостаточно для поддержания стандартов жизни, уже достигнутых в развитых странах мира. В то же время целостной и общепринятой программы таких изменений до сих пор не существует; может быть потому, что разрушение Биосферы в целом ощущают одинаково далеко не все люди, живущие в разных условиях, в том числе и политические лидеры, и даже ученые.

Различия в намечаемых стратегиях достижения желаемой всеми экологической безопасности обусловлены, главным образом, степенью приверженности идее антропоцентризма.

Так, среди абсолютных сторонников этой идеи, широкое распространение получила концепция так называемого “Устойчивого развития”, цель, которой — удовлетворение потребностей настоящего поколения людей без ущемления способности будущих поколений удовлетворять, в свою очередь, свои потребности. В качестве основы для стратегии достижения объявленной цели предлагается свободная мировая торговля, стимулирующая с помощью соответствующих налоговых законов (непонятно, правда, какой страны?) переход на тотальную очистку производственных выбросов, внедрение малоотходных технологий, использование экологически чистых и практически неисчерпаемых источников энергии, таких, например, как заманчивая термоядерная энергия или солнечная энергия пустынных районов и др. широко разрекламированные суперцивилизированные мероприятия. Стратегия в целом базируется на антропоцентрическом понимании концепции безопасности, вытекающем из уверенности, что все экологические проблемы обусловлены только производственными и бытовыми загрязнениями, а значит, могут быть решены сугубо техническими средствами. Ожидается, что реализация концепции приведет к гармонизации взаимоотношений человека и природы, открывая пути к дальнейшему развитию цивилизации вплоть до Ноосферы Вернадского и Тейяра де Шардена. В рамках подобных представлений намечаются и уже заключаются международные соглашения о мониторинге загрязнений, сокращении выбросов хлоруглеродов, углекислого газа, серы и т.п., создаются отдельные региональные природоохранные программы. Тактическая ценность таких соглашений и программ несомненна — иначе спасать будет нечего. Однако, являясь в ряде случаев совершенно необходимым условием экологической безопасности (особенно при производстве “незнакомых” Биосфере загрязнений), эти мероприятия сами по себе не достаточны; простое сопоставление фактов доказывает это. С начала XX века ежегодное удельное потребление исходных продуктов и воды возросло более, чем в 10 раз, и сейчас достигает в среднем около 20 и 800 т/год на душу населения, соответственно [1]. Такая тенденция была вполне предсказуема, ибо при рыночных отношениях устойчивым может быть только обеспечивающий максимальную прибыль рост. Учитывая современный вклад в мировое производство именно рыночной экономики, вместо “устойчивое развитие” следовало бы использовать более правильный термин “устойчивый (или цивилизованный) рост”. Ясно, однако, что на планете конечных размеров устойчивый рост, продолжающийся бесконечно долго, невозможен даже теоретически. При ограниченных запасах невозобновимых ресурсов, таких например, как уголь, нефть, газ и др., невозможно даже продолжительное постоянство скорости их потребления. Таким образом, “цивилизованность” роста лишь оттягивает развязку, сглаживая негативные тенденции в изменении состояния окружающей среды под влиянием антропогенных возмущений.

Формулировка объявленной цели концепции “устойчивого развития” не содержит уточнения, о каких именно потребностях людей идет речь. Но судя по выбору стратегической основы для достижения этой цели — свободной мировой торговле, имеются в виду потребности вполне материальные. В такой интерпретации объявленная цель становится не более реалистичной, чем известное благое пожелание, чтобы и волки были сыты, и овцы целы.

Никто не сомневается в том, что прогресс *Homo Sapiens* является не прихотью, а проявлением биологической особенности человека, связанной с уникальными видовыми характеристиками его мозга и психики. Поэтому прогресс, с экономическим ростом или без него, будет сопровождать человека всегда. Однако также несомненно, что пределы экономического роста

существуют, и альтернативой материальному прогрессу должен выступить прогресс духовный, означающий качественно новую глобальную цивилизацию, если, конечно, благополучие потомков нам не безразлично.

Определение порогов устойчивости экосистем различных уровней сложности по отношению к антропогенным воздействиям составляет основную задачу современной экологии. Научный подход к проблеме глобальной экологической безопасности основывается на анализе механизмов, обеспечивающих устойчивость стационарного состояния невозмущенной Биосферы.

Равновесное состояние физической системы определяется минимумом ее термодинамического потенциала как функции естественных переменных. При неизменных внешних условиях соответствующий потенциальный рельеф не меняется, поэтому равновесное состояние системы сохраняется неопределенно долго.

Принципиально иная картина устойчивости реализуется при организации стационарных состояний биологических систем. На популяционном уровне биологические системы существуют на пике конкурентоспособности, поэтому обладают конечным временем жизни даже при неизменных (отдельные особи) или слабо меняющихся (популяции) внешних условиях.

Фенотипические признаки организмов и сообществ, ими образуемых, изменяются со временем под влиянием неизбежных распадных процессов старения (точно так же меняются со временем и параметры технических устройств) или специализации видов в изменчивых условиях внешней среды. В течение конечного времени τ_0 фундаментальный закон природы, называемый принципом Ле-Шателье, за счет отрицательной обратной связи все же поддерживает устойчивость стационарного состояния, но по мере накопления ошибок отклик системы на внешнее возмущение ослабевает. После того, как накопление ошибок достигло критического уровня надежности системы, существование устойчивого сверхупорядоченного состояния жизни становится невозможным. Это означает смерть особи или вырождение вида.

Надежность биологических систем, характеризуемая средней продолжительностью жизни τ_0 (“сроком службы”) обеспечивается в природе весьма разнообразными способами: репарация ДНК, биохимический контроль гемодинамики, регенерация ферментов, тканей и отдельных органов, иммунная реакция, поведенческие механизмы и др. Но, как показывает опыт натуральных наблюдений, абсолютно устойчивой (надежной) оказывается лишь глобальная жизнь, реализуемая последовательностью полных наборов временных участников. При этом свойство полноты наборов определяется по отношению к способности компенсации ими потоков синтеза и разложения органики с необходимой для жизни точностью.

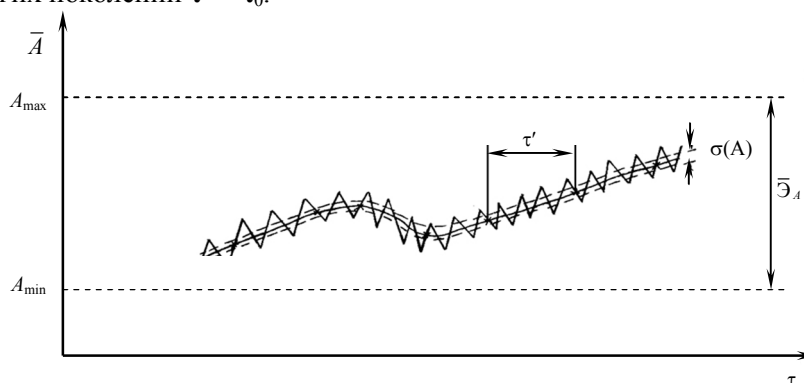
Возможность устойчивого состояния жизни не противоречит фундаментальным законам природы, в частности, второму началу термодинамики, и определяется: квантовым механизмом наследственности, допускающим безошибочную (в пределах нормы приспособленности) репликацию генотипов; естественным отбором безошибочных или прогрессивных вариантов; полным — для замыкания биогеохимических потоков в изменчивых условиях окружающей среды — разнообразием наборов видов живых организмов (1).

Наличие бифуркаций делает однозначный прогноз эволюции квазистационарных состояний сложных систем динамического равновесия (диссипативных структур) при надпороговом внешнем воздействии принципиально невозможным, что исключает, кстати, математическое моделирование.

Уникальность Биосферы не дает возможности и для глобальных статистических обобщений в рамках эргодической гипотезы, как это делается при оценке эффективности нового лекарственного препарата по наблюдениям опытной и контрольной групп.

Ключом для решения беспрецедентно сложной проблемы устойчивости Биосферы по отношению к внешним возмущениям может быть только надежно установленный опытный факт. Такой единственный опытный факт относительно устойчивости Биосферы, имеющийся в распоряжении науки, — ее благополучное существование в течение 3,5 млрд. лет на фоне естественных изменений важнейших экологических факторов A (см. рисунок), обусловленных различными причинами, в том числе геохимического или космического происхождения. Харак-

терный масштаб усреднения τ' , с точки зрения экологии, видоспецифичен и измеряется временем жизни многих поколений $\tau' \gg \tau_0$.



*Динамика экологического фактора A за геологически большие времена;
 τ' — масштаб усреднения*

В рамках научного метода, опирающегося на опытные факты, остается предположить, что антропогенное изменение $A_{\text{АНТР}}$, удовлетворяющее условиям

$$\bar{\Xi}_A \ni |A_{\text{АНТР}}| \leq \sigma(A); \quad (1)$$

$$\left| \frac{\partial A_{\text{АНТР}}}{\partial \tau} \right| \leq \left| \frac{\partial A}{\partial \tau} \right|, \quad (2)$$

где $\sigma(A)$ — среднее квадратическое отклонение A за геологически большие времена τ порядка 10^6 лет (среднее время жизни вида),

$\bar{\Xi}_A$ — средневидовая экологическая валентность по фактору A , возможно, допустимо без нарушения устойчивости Биосферы [2].

Любые предположения о допустимости больших антропогенных воздействий в расчете на способность живых организмов к соответствующей адаптации могут составить предмет веры, но не научного анализа.

Условия (1), (2) — это оценки по максимуму, не учитывающие синергизма, являющегося следствием взаимодействия экологических факторов. Монотонность отклика некоторых экологических факторов на антропогенное воздействие, например, увеличение средней температуры вблизи поверхности Земли из-за роста энергопотребления человеком, накладывает дополнительные — ужесточающие — ограничения на величину такого воздействия.

Кроме (1), (2), чрезвычайно важно также сохранение видового разнообразия глобальной биоты планеты. Очень опасно, особенно на уровне микроорганизмов, разделение видов на “вредные” и “полезные”, отражающее антропогенную точку зрения. Борьба с “вредным” видом может превратить его за счет искусственного отбора в опасную “сжатую пружину”, а последствия полной над ним победы вообще непредсказуемы, т.к. неизвестно, какой вид “вспыхнет” в экологической нише исчезнувшего. На самом деле, длительное существование любого вида, по-видимому, нужно считать залогом его неоспоримого права на продолжение существования, несмотря на то, приятно это человеку или нет.

Условия (1), (2) — основа для научного нормирования допустимой антропогенной нагрузки на Биосферу. Различные варианты концепции ПДК (предельно допустимых концентраций), не согласующиеся с (1), (2), следует считать заведомо порочными.

Принципиальное значение для биосферы имеет биологическая регуляция условий окружающей среды. При такой регуляции для обеспечения стабильности окружающей среды необходимо естественную биоту либо сохранить в достаточном объеме (весомый аргумент в пользу ох-

раны дикой природы!), либо уничтожить — быстро и практически полностью, переложив ответственность за сохранение стабильности окружающей среды на человека (ноосферный вариант).

Наиболее полный контроль биота осуществляет за биогенами. Поскольку соотношение концентраций биогенов в разных живых организмах, определяемое стехиометрией, различается не слишком сильно, для оценок по порядку величины можно ограничиться одним из наиболее важных из них — углеродом.

Проведен детальный количественный анализ биогеохимического цикла углерода и определены запасы органического и неорганического углерода в Биосфере M_C и осадочных породах M_C^{OP} и соответствующие потоки P_C [3] (см. таблицу).

За период фанерозоя стабилизирующая окружающую среду раскомпенсация потоков синтеза P_C^+ и разложения, P_C^- органического углерода, накапливаемая в осадочных породах со скоростью $P_C^{OP} = P_C^+ - P_C^-$, поддерживалась биотой невозмущенной Биосферы в среднем на уровне геофизического выброса углерода P_C^{GF} из недр планеты с точностью до 8-й значащей цифры!

$$P_C^+ - P_C^- = P_C^{GF}; \delta \equiv \frac{P_C^+ - P_C^-}{P_C^+} \sim 10^{-4}. \quad (3)$$

Запасы органического и неорганического углерода в Биосфере M_C (Гт) и осадочных породах M_C^{OP} (Гт) и соответствующие потоки P_C (Гт/год).

Потоки углерода P_C				Запасы углерода M_C		
Органический		Неорганический		Органический		Неорганический
P_C^+	P_C^{OP}	P_C^-	P_C^{GF}	M_C^+	M_C^{OP}	M_C^-
10^2	10^{-2}	10^2	10^{-2}	2×10^3	10^7	2×10^3

Как видно, при огромной мощности потоков синтеза и разложения органического углерода меньшая точность могла бы за время порядка миллиарда лет привести к превращению атмосферы Земли в углекислую, подобную атмосфере Венеры, либо к полному исчерпанию запасов неорганического углерода в атмосфере; и то, и другое сделало бы жизнь на Земле невозможной. Поскольку этого не произошло, отсюда следует, что разрешающая способность биоты по изменению геофизических условий на поверхности планеты исключительно высока, ибо случайная корреляция двух гигантских величин P_C^+ и P_C^- с такой поразительной точностью и на протяжении геологически больших периодов времени просто невероятна.

Из (3) и статистического закона больших чисел с большой вероятностью следует, что стабильность потока синтеза P_C^+ обеспечивается огромным числом модулей автотрофных организмов, а стабильность потока разложения P_C^- достигается универсальным распределением потребления первичной продукции по размерам унитарных гетеротрофов. Во всех устойчивых экосистемах разложение органического вещества, накопленного растениями, осуществляется в основном в детритных цепях питания организмами микроскопических размеров. На долю крупных животных, в т.ч. и человека, в пастбищных цепях питания приходится не более 1 % продукции растений.

Это экологический предел, не нарушающий стабильности жизни. Таким образом, Биосфера в целом и отдельные экосистемы, в частности, обладают некоторой предельной хозяйственной емкостью, превышение которой угрожает стабильности Биосферы и экосистем, что лишает человека неограниченной ресурсной базы. Осознание этого факта делает необходимым отказ от привычных антропоцентрических представлений: “Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее — наша задача”. Наоборот, человек должен четко осознать свое объективно более чем скромное место в Биосфере и вписаться хозяйственной деятельностью в естест-

венный ход событий, не нарушая его, несмотря на свою исключительную энерговооруженность. Пока что он этого не делает, чем ставит под угрозу и свое собственное существование как вида.

Литература

1. Окружающая среда между прошлым и будущим: Мир и Россия / В.И. Данилов-Данильян, В.Г. Горшков, Ю.М. Арский, К.С. Лосев. — М.: ВИНТИ, 1994. — 131 с.
2. Кудінов, В.О. Соціоекологія: конспект лекцій для студентів фаху 8.070801 — Екологія і охорона навколишнього середовища / В.О. Кудінов. — Одеса: Наука і техніка, 2004. — 128 с.
3. Горшков, В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни / В.Г. Горшков — М.: ВИНТИ. — 1995. — 471 с.

References

1. Okruzhayushchaya sreda mezhdru proshlym i budushchim: Mir i Rossiya [Environment between the Past and the Future: World and Russia] / V.I. Danilov-Danil'yan, V.G. Gorshkov, Yu.M. Arskiy, K.S. Losev. — Moscow, 1994. — 131 p.
1. Kudinov, V.O. Sotsioekolohiia: konspekt lektsii dlia studentiv fakhu 8.070801 — Ekolohiia i okhorona navkolyshnoho seredovishcha [Social Ecology. – Lecture synopsis for students of 8.070801speciality — Ecology and Environmental Protection] / V.O. Kudinov. — Odesa, 2004. — 128 p.
2. Gorshkov, V.G. Fizicheskie i biologicheskie osnovy ustoychivosti zhizni [Physical and Biological Foundations of Life Sustainability] / V.G. Gorshkov. — Moscow, 1995. — 471 p.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Гогунский В.Д.

Поступила в редакцию 28 марта 2012 г.