



**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ
ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА**

Материалы международной
научно-практической конференции



2006

ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ
ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА**

*Материалы международной
научно-практической конференции*

Омск
2006

- Э 33 **Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: Материалы международной научно-практической конференции.** – Омск: "Издательский дом «Наука», 2006. – 318 с.

В сборнике представлены доклады международной научно-практической конференции, в которых рассмотрены актуальные вопросы рационального природопользования, эколого-экономической эффективности по оптимизации использования природных ресурсов, философские аспекты взаимодействия общества и природы, а также некоторые проблемы и перспективы экологического образования и воспитания.

Сборник предназначен для специалистов в области охраны окружающей среды, использования природных ресурсов и управления природопользованием, а также преподавателей, аспирантов вузов и широкого круга читателей, интересующихся проблемами взаимодействия экономики и экологии региона.

ББК 28.082.14

Редакционная коллегия:

А.И. Григорьев, С.Ф. Денисов, Р.Р. Валитов,
Н.А. Калининко, Н.Ю. Подлесная

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИКЛАДНОЙ ЭКОЛОГИИ*

Одной из наиболее важных прикладных задач современной экологии является разработка методологии мониторинга быстро развивающихся открытых самоорганизующихся экосистем. Такие системы – объективная реальность последнего столетия. Они стали непосредственным результатом появления антропогенно созданных искусственных геотехнических экосистем, техногенной трансформации биоты и окружающей среды, революционного применения информационных технологий в медико-биологических исследованиях, а также активного внедрения продуктов бионики и биологических технологий в быт, промышленность и медицинскую практику.

Требуется создание методологии слежения за состоянием и степенью устойчивости сложных функциональных систем, способных к диаметрально противоположным сценариям поведения, таким, например, как саморазвитие и самодеструкция. Решение данной задачи сопряжено с необходимостью поиска ответов на ряд дополнительных вопросов частного уровня значимости и невозможно без решения целого ряда смежных задач, с которыми основная задача соотносится по принципу "общее и частное". К числу такого рода частных смежных задач относятся, в первую очередь, на наш взгляд, следующие. Поиск ответа на вопрос о закономерностях коэволюции живой и неживой природы в условиях антропогенеза среды обитания; оценка возможностей и целесообразности разработки унифицированных критериев биоиндикации промышленного прессинга на биоту и в т. ч. представителей *Homo sapiens*; создание моделей жизнедеятельности сообществ людей в искусственных экосистемах при условии, что скорость динамики экосистем превосходит скорость эволюции составляющих их элементов, в частности эволюции адаптивных возможностей *H. sapiens* как биосоциального существа.

Как видно из простого перечисления, структура заявленной проблематики является многогранной и комплексной. При этом задачи, заявленные как частные, требуют не менее глубокого философского осмысления и системного анализа, чем основная задача.

Как же найти выход из этой методологической западни, когда любой отдельный элемент системы не может отражать сценарии поведения системы в целом, а тем более не может являться маркером ее поведения в будущем?

Нам представляется, что выход из "методологического тупика" кроется в возможности и в необходимости использовать в качестве биоиндикаторов экосистем не отдельные параметры жизнедеятельности живых организмов, населяющих эти экосистемы, а интегральный параметр, отражающий вектор взаимодействия живой и неживой природы, составляющих данную экосистему. Мы полагаем, что таким интегральным параметром является, в первую очередь, обмен энергией между живой и неживой природой.

Однако учитывая то обстоятельство, что объектом нашего наблюдения являются сложно организованные системы, которые содержат в себе элементы, также обладают свойством самоорганизации (представители биоты, геотехносистемы и др.), то применительно к решению задачи мониторинга за состоянием такой системы следует выбрать не отдельные характеристики обмена энергией между компонентами экосистемы, а факт выполнения или невыполнения в системе и ее компонентах основных законов термодинамики.

В настоящее время, как правило, при фенотипическом описании видов, при систематизации экосистем и при классификации типов взаимоотношений между элементами экосистемы придерживаются мнения, что анализируемый объект исследования находится в стабильном состоянии и в нем выполняется первое начало термодинамики (закон сохранения энергии). Как известно, первое начало термодинамики определяет условия выполнения внешней работы термодинамической системой, находящейся в условиях равновесия с внешней средой. В этих условиях выполнение внешней работы системой возможно лишь при сообщении ей определенного количества теплоты (Q), которое увеличивает внутреннюю энергию системы, и именно это приращение внутренней энергии (ΔU) определяет работу (A), которую система может выполнить против действия внешних сил. Эти соотношения описываются формулой (1): $Q = \Delta U + A$.

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 06–05–65122.

Реже при фенотипическом описании и классификации объектов популяционной экологии применяется второе начало термодинамики, который утверждает, что в замкнутой, т. е. изолированной в тепловом и механическом отношении, системе энтропия как отношение количества теплоты, сообщенного системе или отведенного от нее к термодинамической температуре системы, остается либо неизменной (если в системе протекают обратимые, равновесные процессы), либо возрастает (при неравновесных процессах), достигая максимума в состоянии равновесия системы. В соответствии с принципом Больцмана статистическая физика рассматривает энтропию как меру вероятности пребывания системы в данном состоянии. Эта трактовка энтропии широко используется в физике, химии, биологии и теории информации. Однако, с методологической точки зрения, следует особо подчеркнуть, что второе начало термодинамики, предполагающее рост энтропии в переходных состояниях, справедливо только для описания неравновесных процессов в изолированных системах. Оно не распространяется на все варианты гомеостатических состояний живых систем, которые повсеместно наблюдаются при адаптивных реакциях популяций в ответ на быстро меняющуюся среду обитания. В процессе адаптивного и эволюционного отклика на изменение факторов внешней среды все живые системы, а тем более системы такого уровня сложности, как сообщества живых организмов, выступают не в качестве изолированных (замкнутых), а, наоборот, в качестве открытых, динамических, самоорганизующихся систем.

Принимая во внимание сложный и широкий диапазон взаимодействия живых систем со средой обитания, мы вынуждены считаться и с теми случаями, которые описываются третьим началом термодинамики, а именно с тем положением, что энтропия физической системы при стремлении температуры к абсолютному нулю не зависит от параметров системы и остается неизменной (теорема Нернста). Мы не предполагаем, что сегодня имеет прикладное значение анализ жизнедеятельности живых организмов при температуре, близкой к температуре абсолютного нуля. Однако отчетливо представляем, что инвариантность поведения биосистем в различных термодинамических режимах ее существования должна быть исследована с особой тщательностью, т. к. уже сейчас имеет большое фундаментальное и прикладное значение.

Известно, что любая открытая динамическая система, способная к самоорганизации, может существовать в нескольких относительно устойчивых состояниях. Более того, прогноз числа устойчивых состояний системы может быть произведен с помощью формулы (2):

$$X = P(C - 1),$$

где X – число независимых переменных, характеризующих состояние системы; P – число фаз системы; C – число компонентов системы (Пригожин, Кондепуди, 2002).

Если общую теорию неравновесных процессов, блестяще проиллюстрированную на примере термодинамических явлений в целом, признать приложимой для описания экологических явлений как частного случая термодинамических систем, то тогда закономерно возникает вопрос о количестве фазовых состояний, потенциально возможных для искусственных экосистем антропогенного происхождения.

С позиций истории науки и анализа этапов человеческой цивилизации на этот вопрос блестяще ответил директор Института истории и археологии УрО РАН академик В.В. Алексеев в своем научном докладе на Общем собрании УрО РАН в декабре 2005 г. (Энергетика победы..., 2005). Он показал, что энергетический фактор в истории развития общества всегда играл решающую роль, что каждой общественно-экономической формации соответствует специфическая энергетическая база и выделил несколько фаз развития *Homo sapiens* в зависимости от механизмов использования энергии. Примечательно, что академик В.В. Алексеев особо подчеркнул качественное изменение энергетического фактора в жизнедеятельности человечества в последние десятилетия по сравнению со всем предыдущим периодом развития цивилизации. Он отметил, что "в XX в. резко возросло разрушительное значение энергетического фактора".

С позиций популяционной экологии вопрос о количестве и качестве термодинамических состояний живых систем и о фенотипах живых систем, выделенных на основании термодинамических подходов, остается до сих пор не разработанным. Вместе с тем, нам представляется вполне возможным и правомерным применить для классификации поведения живых систем в быстро меняющихся условиях среды обитания основные принципы описания термодинамики неравновесных систем и типизировать адаптивные реакции высших организмов, в т. ч. человека, с точки зрения представленности в их гомеостазе обратимых и необратимых процессов. Теоретическая возможность такого ме-

тодологического подхода применительно к биологии наглядно изложена в Р. Глазером в книге "Биофизика" в параграфе "General Features of System Behavior" (Glaser R., 2005). Автором перечисляются 5 вариантов поведения биосистем, принципиально возможных в условиях переходных состояний. Это – дестабилизация исходного состояния с переходом в другое стабильное состояние; релаксация системы без осцилляций; релаксация системы путем затухающих осцилляций; длительное функционирование системы в режиме незатухающей стоячей волны, период которой лимитирован внешними условиями; незатухающие осцилляции с дестабилизацией системы.

С нашей точки зрения, очевидно, что все перечисленные варианты поведения биосистем отличаются друг от друга своим термодинамическим содержанием. Мы не исключаем, что для типирования поведения сложных биосистем в момент переходного процесса от одного устойчивого состояния к другому возможны разные методологические подходы, а не только подразделение их как сложных систем на устойчивые и неустойчивые. Примером успешного поиска таких методологических решений применительно к решению задач экологии человека можно назвать работы Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакиной, Т.С. Кузьменко (1998) в области адаптологии и Г.В. Талалаевой (2002) в области хронобиологии.

В книге Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакиной, Т.С. Кузьменко (1998) предложено выделять 4 типа поведения адаптивных систем человека в период адаптации и сформулирована концепция многоуровневой Периодической системы регуляции гомеостаза, включающая в себя реакцию тренировки, реакцию активации (спокойной и повышенной), а также систему ареактивности.

В работе Талалаевой (2002) обосновано выделение двух вариантов адаптивного поведения человека с учетом особенностей организации его термодинамических характеристик, а именно ассипативного и диссипативного. В качестве примера первого приводится комплекс адаптивных реакций пришлых жителей Заполярья, в качестве второго – гомеостаз лиц, подвергшихся длительному воздействию малых доз радиации и хронического психологического стресса.

Из приведенных фактов с очевидностью следует, что в последнее десятилетие интерес к исследованию термодинамических процессов на примере сложных биологических систем, в т. ч. организма человека, растет экспоненциально и достиг такого уровня, когда философское осмысление полученных эмпирических данных может существенно продвинуть вперед биологическую науку в целом и технологии экологического мониторинга в частности. Мы полагаем также, что работы в указанном направлении будут иметь фундаментальное и большое прикладное значение; в частности, выработка методологических подходов к фенотипическому описанию и систематизации термодинамического поведения сложных биосистем в условиях переходных гомеостатических состояний позволит уточнить механизмы микро- и макроэволюции живых организмов и оценить перспективы вектора эволюции *H. sapiens* в техногенной среде обитания. Разработка философских и методологических подходов к анализу поведения и систематизации вариантов поведения сложных биосистем в антропогенных условиях особенно важна в тех случаях, когда биосистемы отклоняются от сценария устойчивого развития и демонстрируют столь быструю динамику своего поведения, что скорость трансформации поведения системы в целом превышает скорость трансформации ее отдельных элементов. Именно такая ситуация наблюдается сегодня при попытках адаптации человека к быстро меняющейся среде обитания. Вопрос о соотношении скорости адаптогенеза человека со скоростью техногенеза мест его проживания до сих пор остается открытым и требует своего квалифицированного разрешения.

Литература:

Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации. – М., 1998.

Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей о диссипативных структур / Пер. с англ. Ю.А. Данилова и В.В. Белого. – М., 2002 (Лучший зарубежный учебник).

Талалаева Г.В. Проявление биоэкологического резонанса – ассипативные и диссипативные программы биосоциальной адаптации человека // Механизмы действия сверхмалых доз: Материалы III Междунар. симпозиума. – М., 2002. – С. 204.

Энергетика победы. По материалам научной сессии Общего собрания УрО РАН 9 декабря. Наука Урала. – 2005. – № 30 (декабрь). – С. 3.

Glaser R. Biophysics. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2005.