

# ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ — КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

## ECOLOGICAL BALANCE — A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION

**A. Ageev  
V. Volkov  
L. Zhigunova**

*Summary.* The category of «ecological balance» is considered as the conceptual basis of ecology as a science. Justified criticisms about common now in educational and scientific literature, the wording of this concept. Definition of ecological system and ecological balance in the framework of thermodynamic terms. The questions of sustainability of ecological balance. This definition of ecological crisis and disaster, as well as homeostasis of the ecological community, the community of living organisms and populations as derivatives of the concept of ecological balance.

*Keywords:* ecological system, ecological balance, sustainability, ecological balance; homeostasis; ecological community; the community of living organisms, population.

**Агеев Андрей Андреевич**

*Д.т.н., профессор, Российский новый университет  
ageev49@bk.ru*

**Волков Виктор Анатольевич**

*Д.х.н., профессор, Российский государственный  
университет имени А. Н. Косыгина  
vav36@mail.ru*

**Жигунова Людмила Капитовна**

*К.х.н., доцент, Международный университет в Москве  
zhigunovalk@mail.ru*

*Аннотация.* Категория «экологического равновесия» рассмотрена как концептуальная основа экологии как науки. Обоснованы критические замечания о распространенных в настоящее время в учебной и научной литературе формулировках этого понятия. Дано определение экологической системы и экологического равновесия в рамках термодинамических терминов. Рассмотрены вопросы устойчивости экологического равновесия. Даны определения экологических кризиса и катастрофы, а также гомеостаза, биоценоза, сообщества живых организмов и популяции как производных понятия экологическое равновесие.

*Ключевые слова:* экологическая система; экологическое равновесие; устойчивость экологического равновесия; гомеостаз; биоценоз; сообщество живых организмов, популяция.

**К**атегория «экологического равновесия» служит концептуальной основой экологии как науки и методологической основой экологического образования. Основные положения и термины экологии в подавляющем большинстве случаев являются производными этой категории или определяются относительно нее. Таковы положения об экологической системе, кризисе, катастрофе, гомеостазе, устойчивом развитии и множество других. В связи с этим представляется чрезвычайно важной исчерпывающая и корректная формулировка определения экологического равновесия.

В качестве примера рассмотрим несколько распространенных в настоящее время формулировок.

Википедия: «экологическое равновесие — это относительный баланс устойчивости видового состава живых организмов, их численности, продуктивности, пространственного размещения, сезонных изменений, биотического круговорота веществ и других биологических процессов в естественных или измененных человеком экологических системах». Словосочетание «относительный баланс устойчивости» уже вызывает недоумение. Налицо явная тавтология, поскольку «баланс» — синоним равновесия. Устойчивость есть способность си-

стемы восстановить нарушенное равновесие. Здесь же устойчивость применена в смысле неизменность.

В целом эта формулировка видится как неудачная перефразировка определения из Биологического энциклопедического словаря: «экологическое равновесие — относительная устойчивость видового состава живых организмов, их численности, продуктивности, распределения в пространстве, а также сезонных изменений, биотического круговорота веществ и других биологических процессов в любых природных сообществах» [1]. За исключением тавтологии недостатки этой формулировки те же, что и предыдущей.

Наконец, Словарь-справочник: экология и охрана природы: «экологическое равновесие — количественное и качественное соотношение естественных и измененных человеком экологических компонентов и природных процессов, приводящее к длительному существованию экосистемы данного вида или ее эволюцию в ходе сукцессии. Следует помнить об условности использования термина «равновесие» в данном случае, поскольку и экосистемы и биосфера в целом не являются равновесными системами в физическом смысле» [2]. Вырванное из контекста определение создает впечатле-

ние о противопоставлении физических и экологических законов. Это неверно, поскольку законы термодинамики как феноменологической науки справедливы для любых систем безотносительно к их элементному составу, а работы Максвелла и Больцмана показали кровную связь термодинамики и статистической физики. Более того, пока только термодинамика дает плодотворный подход к пониманию возникновения жизни как форме самоорганизации материи [3].

Все приведенные формулировки обладают еще одним общим недостатком — избыточной детализацией, нивелирующей универсальность понятия экологического равновесия.

Авторы учебной литературы, как правило, уходят от определения понятия экологического равновесия. Например, у [4] в разделе «термины и понятия» определения равновесия и экологического равновесия вообще отсутствуют. Другие авторы формулируют эти определения в контексте других понятий или считая их само собой разумеющимися. Так, например, в [5] предлагается такое определение: «экосистемы и биосфера в целом являются высшим уровнем организации живого на планете Земля. Они, как и любая живая система, способны к саморегуляции, т.е. к самосохранению, поддержанию своего видового состава и воспроизведению связей между отдельными видами. Такое представление об устойчивости экосистем, их гомеостазе или, иначе, об экологическом равновесии — одно из основополагающих понятий современной экологии». И далее: «природное равновесие — эволюционно сложившаяся саморегулирующаяся система связей в биосфере, обеспечивающая стабильность такой природной среды, к которой адаптирован человек». Таким образом «основополагающее понятие современной экологии» преподносится как синоним устойчивости, саморегуляции, самосохранения, воспроизведения и гомеостаза экологических систем. Напрашивается также вопрос о разнице между экологическим и природным равновесиями.

Подытоживая сказанное целесообразно сделать вывод: представляется актуальным сформулировать более строгое определение экологического равновесия.

В нашей попытке скорректировать понятие экологического равновесия и связанных с ней понятий мы опираемся на опыт термодинамики.

В термодинамике система — это интересующая нас макроскопическая часть пространства (или все пространство), ограниченная реальной или мысленной контрольной поверхностью от окружающей среды, со всеми находящимися в ней телами и полями. С помощью контрольной поверхности система однозначно выделе-

на из окружающей среды [6]. Такая формулировка вполне подходит и для определения экологической системы, однако с одним акцентом: экологическая система обязательно содержит живые организмы

Нулевое начало термодинамики связано с определением равновесия и равновесной системы. Рассмотрим ту часть нулевого начала, которая формулирует постулат Афанасьевой-Эренфест [7]. При постоянстве на контрольной поверхности внешних параметров система с течением времени (строго при  $\tau \rightarrow \infty$ ) переходит в некоторое самоненарушаемое состояние, которое называется равновесным. И далее: любая изолированная система с течением времени приходит в равновесное состояние и самопроизвольно не может из него выйти.

Приведенный постулат нельзя применить к экологическим системам, поскольку живые организмы могут существовать только в открытых системах, где происходит обмен веществом и энергией. С другой стороны, живые организмы могут существовать только в диапазоне небольших колебаний параметров системы, которые можно условно определить как экологически — равновесными. Однако такое состояние экологических систем нельзя назвать термодинамически-равновесным, поскольку последнее подразумевает равновесие и всех частей системы, что никогда не выполняется в экологических системах.

В термодинамике неравновесное состояние системы, характеризующееся постоянными значениями параметров на контрольной поверхности, называется стационарным, т.е. не зависящим от времени. Стационарное состояние возможно в двух случаях: 1) если за счет воздействия окружающей среды на контрольной поверхности поддерживаются постоянные, но не одинаковые значения внешних сил, или 2) за счет работы внешних сил в системе поддерживается постоянное, но неравновесное состояние [6].

Таким образом, экологическое равновесие можно определить как стационарное состояние открытой системы, содержащей живые организмы, или еще короче: экологическое равновесие есть стационарное состояние экологической системы.

Такое определение дает возможность определения устойчивости экологического равновесия с точки зрения неравновесной термодинамики, а именно постоянной и минимальной скорости производства энтропии (теорема Пригожина) [3]. Для биосферы в целом в первом приближении адекватна модель системы с постоянными температурой и давлением. Критерий устойчивости такой системы — минимум энергии Гиббса.

Однако более наглядно можно провести анализ устойчивости экологической системы по аналогии с механическим равновесием [8].

В этом случае экологический кризис — это состояние неустойчивого равновесия, когда под действием малых внешних сил система может утратить стационарность.

Экологическая катастрофа — процесс перехода экологической системы в новое стационарное состояние с новым составом биоты.

Если при воздействии окружающей среды, нарушающей экологическое равновесие, в экологической системе генерируются процессы, стремящиеся вернуть утраченное состояние, следует говорить об устойчивом (в определенных границах внешнего воздействия) экологическом равновесии. Устойчивость экологического равновесия определяется многообразием биологических видов, поскольку возрастает вероятность экологического дублирования в переработке солнечной энергии.

Не следует путать устойчивое экологическое равновесие и гомеостаз. Американский физиолог Уолтер Кеннон предложил этот термин как название для «координированных физиологических процессов, которые поддерживают большинство устойчивых состояний организма» [9]. Термин «гомеостаз» чаще всего применяется в биологии. В дальнейшем этот термин распростра-

нился на способность сохранять постоянство своего внутреннего состояния любой открытой системы, в том числе и экологической. Если экологическая система неспособна поддерживать стационарность, она может в итоге перестать функционировать.

Гомеостаз — не уникальное или случайное свойство экологической системы. Гомеостаз — необходимое условие существования жизни, «врожденное» свойство экосистем. Движущие силы гомеостаза следует искать в закономерностях неравновесной термодинамики.

Подытоживая сказанное можно сделать вывод: экологическое равновесие — состояние, гомеостаз — механизм его достижения.

Из формулировки экологического равновесия с необходимостью следует определение биоценоза как совокупности живых организмов равновесной экологической системы, а популяции — как совокупности живых организмов одного биологического вида, обитающих в одной равновесной экологической системе.

Аналогично, сообщество живых организмов — совокупность живых организмов одного царства, обитающих в одной равновесной экологической системе.

Экологическое равновесие — итог процесса развития (эволюции) экологической системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров. М., Сов. энциклопедия, 1989. 864 с.
2. Снакин В. В. Экология и охрана природы: Словарь-справочник / Под ред. А. Л. Яншина. Academia Москва, 2000. 384 с.
3. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: Пер. с англ. Ю. А. Данилова и В. В. Белого. М.: Мир, 2002. 461 с., ил. (Лучший зарубежный учебник).
4. Степановских А. С. Экология: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 703 с.
5. Николайкин Н. И. Экология: Учеб. для вузов / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. 3-е изд., стереотип. М.: Дрофа, 2004. 624 с.: ил.
6. Полторак О. М. Термодинамика в физической химии. Учеб. Для хим. и хим.-технол. Спец. Вузов. М.: Высш. шк. 1991. 319 с.: ил.
7. Афанасьева-Эренфест Т.А., Необратимость, односторонность и второе начало термодинамики, 1928, с. 25.
8. Ландау Л.Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М. Механика и молекулярная физика в курсе общей физики. М.: Интеллект. 2017. 400 с.: ил.
9. Cannon W. B. The wisdom of the body. N.Y., 1939.