

**Номер 3**

ISSN 0367-0597

**Май - Июнь 1996**

*РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК*

# ЭКОЛОГИЯ

**Главный редактор  
В.Н. Большаков**

**МАИК "НАУКА"**



**"НАУКА"**

УДК 591.5

## ПРОБЛЕМЫ ВОСПРИЯТИЯ СОВРЕМЕННЫМ ОБЩЕСТВОМ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

© 1996 г. В. Н. Большаков\*, С. В. Криницин\*, Ф. В. Кряжимский\*, Х. П. Мартинес Рика\*\*

\*Институт экологии растений и животных УрО РАН 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

\*\*Пиренейский институт экологии, г. Сарагоса, Испания

Поступила в редакцию 12.01.96 г.

Основные идеи экологии, как биологической науки, пока не нашли достаточно адекватного отражения в общественном сознании, несмотря на очевидную необходимость их применения в сфере взаимоотношений человеческого общества и остальной живой природы. Причинами этого является экологическая неграмотность даже наиболее образованных и активных слоев населения, а также устойчивое сохранение антропоцентрического мировоззрения. Важной задачей, стоящей перед наукой и образованием, является изменение мировоззренческих ориентиров и внедрение базовых концепций экологии в общественное сознание.

Слово “экология” приобрело в настоящее время огромную популярность, однако его значение в различных кругах воспринимается по-разному. Для ученых – это вполне определенный раздел науки, относящийся к циклу биологических наук, в то время как в непрофессиональной среде под экологией понимают нечто совсем другое – в лучшем случае изучение только гигиенических аспектов состояния окружающей среды, а нередко и просто уровень ее техногенного загрязнения. Возникает проблема несоответствия между обыденным пониманием экологии и теми результатами, к которым подошла экология как наука. Поскольку взаимодействие науки с обыденным сознанием осуществляется через образование, понимаемое в самом широком смысле, то данная проблема – это в основном проблема образования.

Настоящая статья представляет собой попытку оценить глубину и негативные последствия разрыва между научным знанием и восприятием обществом в его практической деятельности, а также обозначить ряд связанных с преодолением этого разрыва задач, стоящих перед деятелями науки и образования. Подобный анализ проведен нами на примере нескольких базовых концепций, широко признанных современным научным сообществом. В статье освещена история становления данных концепций, их существо и уровень восприятия этих основополагающих научных идей обществом. Работа выполнялась в рамках проекта INTAS 94-4377.

### РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИИ КАК ИСТОРИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Развитие науки, как и многие другие процессы исторического развития в человеческом обществе, имеет циклический характер, проявляющийся в смене парадигм (Кун, 1977). В целом на первой

стадии цикла происходит накопление данных и их систематизация, вторая стадия носит редуционистский характер и связана с эмпирической проверкой гипотез, а на третьей, завершающей, стадии доминирует построение синтетических теорий холистического характера, приводящее к оформлению парадигмы. Такова схема, но в реальной жизни упомянутые стадии в значительной мере пересекаются и сосуществуют, маскируя циклический характер развития науки. Поэтому, например, в прошлом веке большинство ученых рассматривали процесс развития науки как линейный, сводящийся к постоянному приращению знания. Заметим, что давний спор о характере развития науки представляется довольно бессмысленным. Возможно, наиболее наглядная модель науки была предложена еще в XIII в. испанским философом Рамоном Лллуллом, который изобразил человеческое знание в виде “древа наук” (*Arbor Scientiae*). Такое представление скорее статично, чем динамично (последнее вряд ли было возможно в средние века), однако оно подчеркивает эволюцию науки, уподобляя появление новых дисциплин возникновению новых ветвей. Более того, оно отражает циклический характер развития науки, поскольку процессы появления и роста новых ветвей подобны таковым появившихся ранее. Кроме того, “дерево наук” позволяет проследить линейный путь развития от ствола до кончика любой из ветвей: линейное развитие сосуществует с циклическим и не противоречит ему.

Рассматривая историю экологии, мы можем заметить явную тенденцию к синтезу и обобщениям. При этом глобальный, холистический подход не вытесняет редуционистского и механистического способов мышления; он занимает свое особое место в определенной области экологии, где прежде доминировали только простые детерминистические формулировки.

Первая стадия развития экологии началась с работ Геккеля (Haeckel, 1866), давшего первое определение этой науки, опираясь на эволюционную парадигму. Появившиеся несколько позже первые специалисты-экологи склонялись либо к описательному (Warming, 1895; Cowels, 1899), либо к экспериментальному (Clements, 1905) подходам, хотя уже ими были сделаны важные обобщения относительно стремления природных экологических сообществ к достижению “зрелого” или равновесного состояния.

В 20-х годах в экологии получили развитие наметившиеся ранее тенденции к количественному рассмотрению изучаемых явлений и процессов, связанные с именами Волтерры (Volterra, 1926) и Лотки (Lotka, 1925). Последний уже в то время пытался реализовать свою программу преобразования биологии в строго количественную науку. При этом А. Лотка обращался главным образом к экологическим объектам (динамике популяций, межвидовым взаимодействиям и биогеохимическим циклам). Его подход был сугубо механистическим; биология представляла лишь в качестве раздела физики. Несмотря на то, что А. Лотка даже не употреблял термин “экология”, его попытки распространить законы физики на биологические объекты ярко иллюстрируют тенденцию к расширению поля исследований, проводимых под флагом экологии. Наиболее известным результатом этих попыток является так называемый “энергетический принцип Лотки”.

Тенденции к количественному описанию в экологических исследованиях наблюдались на протяжении всего XX в., порождая новые концепции и законы экологии как науки. Например, Г. Гаузе (Gause, 1934) провозгласил свой знаменитый принцип конкурентного исключения, подчеркнув важность трофических связей как основного пути для потоков энергии через природные сообщества, что внесло весомый вклад в появление концепции экосистемы, предложенной А. Тенсли (Tansley, 1935). Основное достижение А. Тенсли заключается в успешной попытке интегрировать биоценоз с биотопом на уровне новой функциональной единицы – экосистемы. При этом, как позднее ясно было показано Р. Линдеманом (Lindeman, 1942), связующим звеном здесь являются потоки вещества и энергии.

Стадия обобщения в экологии также берет начало в 20-х годах, хотя в то время обобщения носили довольно приблизительный характер. Идея целостного, взаимосвязанного мира живой материи, который формирует некоторую сферу, окружающую Землю, была выдвинута в работах (многие из которых не были даже опубликованы до последнего времени) В.И. Вернадского (Verнадsky, 1945; Вернадский, 1978) и П. Тейара-де-Шардена (Teilhard de Chardin, 1955). Эта авторы подошли к формулированию понятий “биосфера” и “ноосфера” с весьма разных позиций, не связанных

формально с классической экологией. Их философские (или даже мистические в последнем случае) построения не имели научной поддержки в момент своего создания и оставались вне внимания экологов до недавнего времени, когда многие из их положений получили подтверждение (см. Lovelock, 1979; Горшков, 1988; Горшков, Кондратьев, 1990).

После Второй мировой войны экология начала бурно развиваться, что во многом определялось привнесением в нее идей, зародившихся вне данной области науки. Так, создание кибернетики Н. Винером (Wiener, 1948) способствовало синтезу биологии с инженерией и дало толчок применению системного подхода и представлениям о саморегуляции и самоорганизации экологических систем. Исследования по теории информации, и особенно ее термодинамическая интерпретация (Shannon, Weaver, 1849), также имели огромное влияние на экологическую науку. Представление о живых системах, как об открытых диссипативных термодинамических системах, сформулированное Э. Бауэром (1937) и Э. Шредингером (Schroedinger, 1945), получило развитие в работах И. Пригожина и его группы (Prigogine, Wiame, 1946).

Важный вклад в развитие экологического мышления внесла теория островной биогеографии, разработанная в 60-х годах Р. МакАртуром и Э. Уилсоном (MacArthur, Wilson, 1967). Эта теория, синтезировавшая эволюционистские воззрения с моделями популяционной динамики, дала мощный толчок функциональной экологии, несмотря на то, что сегодня ясна ее ограниченность (Hengeveld, 1990). Во всяком случае, появление этой теории ознаменовало переход классической экологии с механистических позиций на более общие, синтетические. отождествление живых (экологических) систем с химическими машинами игнорировало не только особенности термодинамики открытых систем, но и такие их черты, как способность к самовоспроизведению и изменению (эволюции).

Вероятно, это обстоятельство подтолкнуло в конце 50-х годов Р. Маргалефа (Margalef, 1957) к построению новой концепции разнообразия, которое стало наиболее популярной областью исследований в последние два десятилетия. Данный подход, вытекающий из термодинамики и теории информации, находит применение при изучении множества экосистемных характеристик – от продукции и стабильности до закономерностей колонизации новых территорий.

Тенденция к формированию новой экологической парадигмы прослеживается с конца 70-х и в 80-е годы. В это время завершилось построение общей теории систем (Bertalanffy, 1968) как междисциплинарного подхода, сокращающего барьеры между отдельными отраслями науки. В это же время арсенал экологии как науки пополнился новыми математическими и вычислительными

инструментами: многомерный статистический анализ, моделирование эпигенетических ландшафтов, теория игр, теория катастроф, построение сложных компьютерных моделей с использованием стандартных алгоритмических языков (Forrester, 1961; Odum, 1971; Jones, 1977; May, 1986; Свирежев, 1987). Появление таких научных направлений, как неравновесная термодинамика, синергетика и т.д., революционизировало экологическую науку. Поведение природных систем более не представляется описываемым только детерминистскими (линейными) законами: огромную роль в их динамике играет хаотическое поведение, переключения, резкие изменения, катастрофы и другие нелинейные (и часто принципиально непредсказуемые) эффекты (Большаков и др., 1993).

### ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ

Понятие популяции является одним из центральных в экологии; последняя в максимальной степени интегрируется с эволюционизмом именно при изучении популяций (Шварц, 1967, 1971; Шилов, 1981). Исследования популяционной динамики имеют давнюю историю, и в настоящее время можно выделить ряд базовых представлений о закономерностях ее формирования. Перечислим, существенно огрубляя и упрощая современные научные концепции, некоторые из важнейших.

Одной из основных концепций популяционной экологии является концепция саморегуляции. Суть ее в том, что в популяциях существуют механизмы обратной связи, и воздействие внешней среды отражается в динамике популяций опосредованно, через эти механизмы. Данные механизмы весьма разнообразны и могут иметь различную природу: поведенческую, физиологическую, генетическую и т.д., однако в конечном счете они ведут к изменению демографических характеристик популяции – рождаемости, смертности и миграционных потоков – в ответ на изменение структуры и численности самой популяции. При этом отклик популяций на подобные изменения зависит от внешних по отношению к популяции параметров среды.

Поскольку популяционная динамика определяется взаимодействием рождаемости и смертности, то в идеале возможны два способа поддержания стабильной численности (когда рождаемость равна смертности) – высокая смертность (и соответственно малая средняя продолжительность жизни) при высокой рождаемости и низкая смертность (большая продолжительность жизни) при низкой рождаемости. Первая стратегия получила название *r*-стратегии, вторая – *K*-стратегии (MacArthur, Wilson, 1967). Данные наименования восходят к общепринятым обозначениям логисти-

ческого уравнения популяционного роста Ферхюльста–Пирла (*r* – мальтузианский параметр или мгновенная врожденная скорость роста популяции, наблюдаемая при очень малых плотностях, а *K* – емкость среды, т.е. стабильная численность, к которой стремится популяция в данных условиях). Согласно современным воззрениям, *r*-стратегии имеют селективное преимущество в нестабильных условиях, когда смертность мало зависит от плотности популяции, а *K*-стратегии лучше приспособлены к существованию в стабильных условиях (Stearns, 1976).

Говоря о популяционных законах, очень сложно проводить прямые параллели между человеческой и животной популяциями. Классическое понятие популяции, полученное в ходе исследования видов, применимо к человеческому обществу с определенными поправками. Не вдаваясь в подробности дискуссии о возникновении человечества и становлении его как отдельного вида, заметим, что в течение достаточно небольшого отрезка времени человек расселился практически по всей пригодной для жизни поверхности планеты, а его многие отдельно живущие группировки (популяции) во времена, доступные современному анализу, отличались в большей степени, чем многие близкие виды животных в связи с мощным прессом социальных механизмов. Взаимоотношения между этими группировками больше напоминали жесткую межвидовую конкуренцию.

Удивительно быстро человечество миновало стадию пространственной разобщенности (что, правда, стоило ему больших жертв) и стремительно движется к полному объединению. Тем не менее единое, казалось бы, общество постоянно “разваливается” на группировки, хотя уже не только территориальные, но и социальные (страты). И если главным признаком популяций считать преимущественное скрепление особей внутри одной группы и менее вероятное – за ее пределами, то разделение человеческого общества на самые разнообразные так или иначе изолированные группировки (“социальные популяции”) – налицо. Трудность применения результатов, полученных в классической экологии, в том, что внутри этих разнообразных группировок действуют различные и сложные комбинации природных популяционных механизмов.

Однако игнорировать роль популяционных закономерностей в обществе людей несерьезно, если не сказать – опасно. Об этом еще в 70-х годах писал С.С. Шварц (1976): “Никто лучше эколога не знает, как много популяционных явлений в поведении человека. Явления импринтинга, несомненно, дают себя знать в поведении каждого из нас. Много переформированных проявлений “эффекта группы” и в общественной жизни людей. Психология “популяционного доминанта” дает себя знать чаще, чем мы это себе представляем... Взаимосвязь динамики территориальной

структуры популяций с динамикой ее генетического состава заслуживает тщательного изучения социологов и демографов”.

К настоящему времени накоплено множество фактов, указывающих на объективность регуляторных процессов, происходящих в популяциях человека. Так, например, хорошо известно, что в промышленно развитых странах (т.е. там, где воздействие на природные комплексы максимально, а уровень жизни высок) происходит социально обусловленное снижение рождаемости и изменение демографической структуры населения (Медоуз и др., 1994), в определенном смысле аналогичные переходу с *r*-стратегии на *K*-стратегию. Социальные механизмы позволяют каждой конкретной популяции быстро переходить от *r*- к *K*-стратегии, и если мы будем знать, как происходит данный переход, это позволит развиваться более эффективно. Однако, несмотря на очевидную необходимость привлечения идей популяционной экологии к анализу процессов, происходящих в человеческом обществе (с учетом взаимодействия человека со средой), даже научное сообщество до сих пор не решается всерьез этим заняться, предпочитая оставаться на позициях антропоцентризма, противопоставляющего человека остальной природе. Игнорирование идей классической популяционной экологии при анализе демографической ситуации в человеческом обществе, причиной которого является, на наш взгляд, экологическая неграмотность даже наиболее образованной части населения, порождает иллюзию возможности преодоления критических ситуаций путями, которые на деле направлены на объективно невозможное торможение естественных процессов.

### НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ДИНАМИКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Механизмы саморегуляции играют стабилизирующую роль, однако динамика реально наблюдаемых природных популяций и сообществ (в частности, флуктуации численности) не может быть описана только в терминах саморегуляции (Stenseth, 1985). На популяционном уровне взаимодействие механизмов саморегуляции со средовыми факторами отражается в форме кривой популяционного роста, описывающей зависимость удельного прироста численности от плотности популяции. Во многих случаях такое взаимодействие приводит к тому, что данная кривая становится немонотонной (имеет локальные максимумы и минимумы). Немонотонность кривой популяционного роста служит предпосылкой для проявления нелинейных эффектов, заключающихся в резкой смене уровня численности, структуры популяции и (или) характера популяционной динамики. Формально подобные эффекты описываются в терминах математических теорий – теории бифуркаций и тео-

рии катастроф. Разрывное поведение популяций является одним из источников неопределенности в его прогнозировании. Другие источники кроются во временном запаздывании демографических откликов на средовые воздействия и (или) во временной дискретности популяционных явлений (см. Мау, 1975). Поскольку экосистемы (биогеоценозы) представляют собой системы взаимодействующих популяций (Шварц, 1971), подобные эффекты присутствуют (и даже усиливаются) на экосистемном уровне.

Возможность резких (триггерных) переходов экологических систем разного ранга из одного более или менее стационарного состояния (режима) в другое нашло отражение в концепциях упругой устойчивости (Holling, 1973) и стабильности подвижных экологических систем (Исаев, Хлебопрос, 1973). Одно из важных следствий разрывности поведения экологических систем – существование объективно недостижимых и (или) крайне неустойчивых их состояний, которые часто по своим характеристикам укладываются в пределы варьирования последних, наблюдаемые в природе.

Изучение функционирования природных экологических систем убедительно показывает ошибочность надежд на то, что возможно достигнуть развития какой-либо экологической системы (включая человеческое общество) как линейного однонаправленного поступательного процесса. Между тем такие надежды доминируют в современной природоохранной идеологии (см. ниже). Более того, современное экологическое образование вольно или невольно ориентировано именно на такое представление. Мало кто всерьез понимает, что в современном мире человечеству объективно придется сосуществовать с неопределенностью (“Экологические системы”, 1981) и что долгосрочное социальное моделирование, предпринимаемое даже с самыми благими целями, принципиально не может дать ожидаемых результатов.

### ЭНЕРГЕТИКА И ТЕРМОДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Одно из главных свойств любой живой системы – ее динамическое состояние, заключающееся в постоянном синтезе и распаде. Поддержание такого состояния требует потребления свободной энергии, а также пространственной и временной организации (Брода, 1978). В терминах термодинамики экологические системы любого ранга являются открытыми диссипативными системами, находящимися вдали от термодинамического равновесия (теплового хаоса). Термодинамическая неравновесность как одна из самых существенных характеристик живого вещества, отличающих его от неживого, была впервые отмечена еще в 30-х годах Э.С. Бауэром (1937),

выдвинувшим “принцип устойчивого неравновесия”, который гласит: “Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях” (с. 43).

Экологическая энергетика, базирующаяся на использовании фундаментальных естественно-научных законов – первого и второго начала термодинамики, является одним из самых важных разделов экологической науки, показывающим, что любые изменения в структуре и объеме экологических систем связаны с изменениями потоков энергии через эти системы, а повышение потребления энергии неизбежно влечет за собой увеличение ее затрат (или, в терминах термодинамики, увеличение производства энтропии и ее оттока во внешнюю среду). Образно выражаясь, энергия – это деньги в системе функционирования природы и именно в этом смысле верно обобщенное определение экологии как “экономики” природы, где, как и в человеческом обществе, не бывает бесплатных завтраков.

В обыденном сознании человека присутствует одна и та же ошибка по отношению и к экономике, и к экологии: деньги рассматриваются как самостоятельная ценность – средство платежа, а не универсальное средство обмена. Данное заблуждение (наряду с механистическими представлениями о развитии как о линейном поступательном движении) явилось одной из причин появления внешне весьма привлекательной идеи устойчивого (самоподдерживающего) развития, доминирующего в политических программах разных стран (“Agenda 21”, 1992). Однако со строго научной точки зрения концепция устойчивого развития противоречит второму закону термодинамики для открытых систем в стационарном состоянии, так как продукция энтропии, возрастающая при развитии технологической цивилизации, должна уравниваться ее оттоком в среду (деградацией последней), и “устойчивость” развития (в смысле развития, происходящего на фоне сохранения среды) возможно только локально (Švirezhev, 1995). Термин “устойчивое развитие” противоречив по сути – есть подозрение, что его провозглашение в качестве главной общественной цели явилось, скорее, результатом консенсуса политиков (в столь неопределенное понятие можно закладывать разнообразный смысл), нежели глубокого научного анализа сложившейся на планете экологической ситуации (Vranckx, 1995).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассматривая человеческое сообщество как один из компонентов биосферы и, соответственно, как поле деятельности экологических закономерностей, следует в первую очередь отметить довольно строгий запрет на обсуждение или даже

постановку этой темы, сложившийся в ходе становления и развития социальной структуры общества. Этот запрет вполне объясним с точки зрения моральных норм – системы регулирования взаимоотношений между различными особями внутри группировки любого ранга. Эта уникальная для природы структура сугубо информационного характера если и не дала человечеству выйти из-под контроля популяционных механизмов, то по крайней мере позволила ему определенным образом корректировать их прямое воздействие.

На фоне быстро развивающейся социальной картины общества действие природных механизмов если и принимается, то истолковывается достаточно превратно. При этом базовые понятия и концепции экологии практически не воспринимаются даже наиболее активной (эмоционально воспринимающей экологический кризис) частью общества. Экологическое образование во многих случаях ограничивается лишь демонстрацией негативных последствий хозяйственной деятельности человека, либо просто призывая к сокращению такой деятельности (игнорируя ее связь с уровнем жизни, а следовательно, с демографическими и социальными откликами популяции), либо воспитывая иллюзию возможности разрешения тонких экологических проблем сугубо техническими средствами (безотходные технологии, очистные сооружения и т.п.), что принципиально неверно. Заметим, однако, что в последнее время наметилась тенденция к улучшению ситуации в связи с появлением и развитием образовательных центров по экологии человека, которая рассматривается как синтетическое мультидисциплинарное направление, опирающееся на базовые понятия классической экологии (см. статью Л. Хенса в этом номере журнала).

Пока в практической деятельности, всегда так или иначе связанной с природопользованием, погоду делают политики (пусть даже с самыми благими намерениями) или общественные деятели, фактически не опираясь на научное знание. Роль науки – отвечать на вопросы и ставить диагноз, хотя складывается впечатление, что в современной критической ситуации общество все еще боится ответов, которые могут поколебать его уют, предпочитая заниматься самодиагностикой и самолечением и требуя от науки даже не выписывать – лишь подписывать самодельные рецепты. Однако научное знание не дано заранее. Его накопление – это результат противоречивого исторического развития, и, как любое развитие, увеличение знания требует затрат (все более значительных по мере развития науки) со стороны общества.

Взаимное недоверие науки и общества одновременно является как одной из причин, так и результатом развития и углубления экологического кризиса. Однако ученые являются частью общества, и их позиция в преодолении экологического невежества должна быть намного более активной,

чем сейчас. Заметим, что усиление роли профессиональных экологов в непрофессиональном (общем) образовании населения на самых разных уровнях стратегически выгодно для существования самой науки – пока общество не оценит истинного ее места в своей структуре, недоверие к науке (которая не может оправдать надежд на то, что она является бесплатной “волшебной палочкой”) будет тормозить развитие последней.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Бауэр Э.С.* Теоретическая биология. М.: Издательство ВИЭМ, 1937. 206 с.

*Большаков В.Н., Кряжимский Ф.В., Павлов Д.С.* Перспективные направления развития экологических исследований в России // *Экология*. 1993. № 3. С. 3–16.

*Брода Э.* Эволюция биоэнергетических процессов. М.: Мир, 1978. 303 с.

*Кун Т.* Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977. 300 с.

*Вернадский В.И.* Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.

*Исаев А.С., Хлебопрос Р.Г.* Принцип стабильности в динамике численности лесных насекомых // *ДАН СССР*. 1973. Т. 208. № 1. С. 225–227.

*Горшков В.Г.* Пределы устойчивости окружающей среды // *ДАН СССР*, 1988. Т. 301. № 4. С. 1015–1019.

*Горшков В.Г., Кондратьев К.Я.* принцип Ле-Шателье применительно к биосфере // *Экология*. 1990. № 1. С. 7–16.

*Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й.* За пределами роста. М.: Издательская группа “Прогресс”, “Пангея”, 1994. 304 с.

*Свиричев Ю.М.* Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. М.: Наука, 1987. 366 с.

*Шварц С.С.* Популяционная структура вида // *Зоол. журн.* 1967. Т. 46. Вып. 10. С. 1456–1469.

*Шварц С.С.* Популяционная структура биогеоценоза // *Изв. АН СССР. Сер. биол.* 1971. Т. 28. № 4. С. 485–493.

*Шварц С.С.* Проблемы экологии человека // *Вестн. АН СССР*. 1976. № 12. С. 80–84.

*Шилов И.А.* Биосфера, уровни организации жизни и проблемы экологии // *Экология*. 1981. № 1. С. 5–11.

Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / Под ред. К.С. Холинга. М.: Мир, 1981. 397 с.

Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. N.Y.: UNCED, 1992.

*Clements F.E.* Research methods in ecology. Lincoln: Nebraska, 1905.

*Cowels H.C.* The ecological relations of the vegetation of the sand dunes of Lake Michigan. Chicago: Chicago Univ. Press, 1899.

*Forrester J.W.* Industrial Dynamics. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1961.

*Gause G.F.* The Struggle for Existence. Baltimore, 1934. 163 p.

*Haeckel E.* Generale Morphologie der Organismen. Bd. 1. Berlin, 1866. 574 S.

*Hengeveld R.* Dynamic biogeography. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1990. 345 p.

*Holling C.S.* Resilience and stability of ecological systems // *Ann. Rev. Ecol. System.* 1973. V. 4. P. 1–23.

*Jones D.D.* The application of catastrophe theory to ecological systems // *Simulation*. 1977. № 1. P. 1–15.

*Lindemann R.L.* The trophic-dynamic aspect of ecology // *Ecology*. 1942. V. 33. № 2. P. 399–418.

*Lotka A.J.* Elements of physical biology. Baltimore: Williams & Wilkins, 1925. 460 p.

*Lovelock J.E.* Gaia: A new look at the life on Earth. N.Y.: Oxford Univ. Press, 1979. 157 p.

*MacArthur R.H., Wilson E.O.* The theory of island biogeography. Princeton-N.Y.: Princeton Univ. Press, 1967. 203 p.

*Margalef R.* La teoria de la informacion en ecologia // *Mem. R. Acad. Ciencias y Artes Barcelona*. 1957. V. 32. P. 373–449.

*May R.M.* Biological populations obeying difference equations: stable points, cycles, and chaos // *J. Theor. Biol.* 1975. V. 51. № 2. P. 511–524.

*May R.M.* When two and two do not make four: nonlinear phenomena in ecology // *Proc. Roy. Soc.* 1986. № 228. P. 241–266.

*Odum H.T.* Environment, Power, and Society. N.Y.: John Wiley & Sons, 1971. 563 p.

*Prigogine I., Wiame J.M.* Biologie et thermodynamique des phenomenes irreversibles // *Experimentia*. 1946. № 2. P. 451–453.

*Schroedinger E.* What is life? Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1945.

*Shannon C.E., Weaver W.* The Mathematical Theory of Communication. Urbana: Univesity of Illinois Press, 1949.

*Stearns S.C.* Life history tactics: a review of the ideas // *Quart. Rev. Biol.* 1976. V. 51. № 1. P. 3–47.

*Stenseth N.C.* Mathematical models of microtine cycles: models and the real world // *Acta Zool. Fennica*. 1985. № 173. P. 7–12.

*Svirezhev Y.M.* Thermodynamics and ecology: the myth of Sustainable Development // *Sustainable Development: Environmental Pollution and Ecological Safety. First Practical Conference (Dnepropetrovsk, December 4–8, 1995)*. 1995. V. 1. P. 52–53.

*Tansley A.G.* The use and abuse of vegetational concepts and terms // *Ecology*. 1935. V. 16. № 1. P. 284–307.

*Teilhard de Chardin P.* Le phenomene humain. Paris: Editions de Seuls, 1955.

*Vernadsky W.I.* The biosphere and the noosphere // *Am. Sci.* 1945. V. 33. № 1. P. 1–12.

*Volterra V.* Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically // *Nature*. 1926. V. 188. P. 558–560.

*Vrankcx A.* Chapter 5. Is Sustainable Development a controversy of terms? A brief semantic consideration of the nature of the current deate // *Is Sustainable Development a Controversy of Terms*. Brussels: The British Council & Vrije Universiteit Brussels, 1995. P. 44–48.

*Wiener N.* Cybernetics. N.Y.: John Wiley & Sons, 1948. 226 p.