

ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ В ЭКОЛОГИИ

Панченко К. И., Кучмель Д. Д.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Пилиневич Л. П. – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры ИПиЭ

Аннотация. Предотвращение грозящего человечеству экологического кризиса и обеспечение дальнейшего благополучия общества является задачей мирового значения. Ее решению может способствовать применение принципов системности в экологических исследованиях. В данной статье рассмотрены основные цели системного подхода в экологии и определена его роль в изучении и решении актуальных экологических проблем.

Ключевые слова: теория систем, системная экология, системное мышление.

Введение. Научно-технический прогресс, создание новых технологий и прирост населения приводят к загрязнению окружающей среды и ухудшению экологической обстановки в мире. Для решения глобальных экологических проблем необходимо искать новые и нестандартные подходы к анализу и мониторингу экологической ситуации. Таким решением может стать использование системного подхода в экологии. Он обусловил формирование целого направления, ставшего ее самостоятельной отраслью – системной экологией. Системная экология – это междисциплинарная область экологии, использующая целостный подход к изучению экологических систем, особенно экосистем. Системную экологию можно рассматривать как приложение общей теории систем к экологии.

Основная часть. Системная экология – это подход к изучению экосистем, основанный на формальных процедурах системного мышления, синтеза и моделирования. Ее цели – это цели экологии экосистем в целом: разработка и проверка теории организации экосистемы; обнаружение возникающих свойств и управление ими; прогнозирование реакции на возмущение. Она включает аспекты математической экологии и имитационного моделирования с акцентом на управление экосистемами экологии человека и прикладную экологию.

Экосистемы – это весьма сложные самоорганизующиеся и целенаправленные, со сложной иерархической структурой системы, требующие множественного описания каждой системы, что требует построения множества моделей, то есть широкого использования методов моделирования при исследовании. Построение обобщенных моделей, отражающих все факторы и взаимосвязи в системе, является центральной процедурой системного анализа. [1]

Математические модели для изучения популяций и экосистем используются чаще всего, так как математическое моделирование не только помогает строго формализовать знания об объекте, но иногда (при хорошей изученности объекта) дать количественное описание процесса, предсказать его ход и эффективность, дать рекомендации по оптимизации управления этим процессом. Другие подходы к моделированию включают в себя: аналоговое моделирование (построение вспомогательной по отношению к исследуемому объекту системы, которая имеет иную физическую природу, но тождественна исходному объекту по описывающим его количественным закономерностям; в экологии этот вид моделирования носит, скорее, исторический характер); производственное (исследовательское) моделирование (заключается в эксперименте над реальной экосистемой – например, опытные участки с некоторыми управляемыми параметрами (полив, удобрение и так далее)); физическое моделирование (сводится к изучению системы или явления воспроизводимых с сохранением их физической природы; необходимыми условиями такого рода моделирования являются сохранение подобия оригинала и модели, соответствующих масштабов для параметров исследуемых систем или явлений (например, модельные деревья)).

При использовании метода моделирования в экологии необходимо учитывать некоторые принципы для моделей сложных систем.

Принцип множественности моделей: для объяснения и предсказания структуры и (или) поведения сложной системы возможно построение нескольких моделей, имеющих одинаковое право на существование.

Принцип формирования законов: постулируются осуществимые модели, а из них в виде теорем выводятся законы сложных систем. При этом законы касаются имеющих место или будущих естественных и искусственных систем. Они могут объяснить структуру и поведение первых и индуцировать построение вторых. Таким образом, законы системологии носят дедуктивный характер, и никакие реальные явления не могут опровергнуть или подтвердить их справедливость.

Принцип рекуррентного объяснения: свойства систем данного уровня иерархической организации мира выводятся в виде теорем, исходя из постулируемых свойств элементов этой системы (т. е. систем непосредственно нижестоящего уровня иерархии) и связей между ними.

Принцип минимаксного построения моделей: теория должна состоять из простых моделей (min) систем нарастающей сложности (max). Другими словами, формальная сложность модели (например, число описывающих её уравнений) не должна соответствовать неформальной сложности системы.

Целостность, структурность, взаимозависимость системы и среды, иерархичность, множественность описания каждой системы – основные принципы системного подхода, применяемые в экологии. Целостность – обобщенная характеристика системы, свойства которой несводимы к сумме свойств ее элементов и выводимы из этих свойств (целостность организмов более полной будет в популяции, популяции – в биоценозе, и свойства каждой системы несводимы к свойствам нижестоящих). Структурность – установление структуры и взаимозависимости структурных элементов, обусловленности поведения системы ее структурой (структура биоценоза, трофическая структура экосистемы и установление измеримых связей между трофическими уровнями). Взаимозависимость системы и среды выражается в формировании и проявлении ее свойств в результате их взаимодействия (взаимодействие биоценоза и биотопа, популяций в биоценозе). Иерархичность – каждый компонент системы может рассматриваться как самостоятельная система, а сама исследуемая система является составной частью более широкой системы (уровни биологической организации, вплоть до глобальной системы – биосферы).

Центральное место в подходе системной экологии занимает идея о том, что экосистема представляет собой сложную систему, обладающую эмерджентными свойствами. Системная экология фокусируется на взаимодействиях внутри биологических и экологических систем и между ними и особенно озабочена тем, как вмешательство человека может влиять на функционирование экосистем. Она использует и расширяет концепции термодинамики и развивает другие макроскопические описания сложных систем. Актуальность данного подхода заключается в возможности изучения экосистем как сложных комплексов с использованием компьютеризированных методов системного анализа для определения и решения возникающих проблем, таких как космические путешествия и загрязнение радионуклидами. Системная экология помогает управлять природными ресурсами и предотвращать необратимый ущерб системам жизнеобеспечения.

Системная экология возникла примерно в 1960 году, когда стали доступны компьютеры и системный анализ успешно применялся в военных и промышленных условиях. К этому времени компьютеризированные методы широко использовались в технике. Кибернетика, общая теория систем, концепции холизма и экосистемы уже прошли несколько десятилетий обсуждения и развития. Таким образом, системная экология началась с возможности найти компьютеризированные решения для сложных математических моделей, чтобы можно было снять ограничения и неточности решений, налагаемых упрощенными моделями экосистем, и более систематично исследовать организацию экосистем. Взаимодействие с компьютером породило богатый набор инструментов для анализа экосистемы и породило гипотезы ее развития.

По мере развития технологий, был более четко сформулирован практический вклад в теорию экосистем и системного мышления получило широкое применение в изучении данного во-

проса. Системных экологов стало труднее отличить от других экологов, изучающих экосистемы, но преподавание системного анализа и моделирования, а также критика и надзор за усилиями по моделированию остаются их характерными профессиональными обязанностями.

Сегодня системная экология включает в себя два совместимых и частично совпадающих видения, которые можно рассматривать как «мягкие» системы и точные науки. Видение «мягких» систем признает огромную сложность экосистем, которые невозможно полностью познать, которые постоянно развиваются, но чье поведение можно наблюдать, выдвигать гипотезы и проверять со многих одинаково достоверных точек зрения, включая различные уровни детализации. Предыстория этого подхода включает кибернетику, общую теорию систем, эпистемологию, антропологию, промышленный менеджмент и эволюционную теорию. С точки зрения точных наук осуществляется поиск надежных законов природы, общих для всех экосистем и достаточно мощных, чтобы предсказывать тенденции равновесия даже в отсутствие эмпирических данных, которые может быть слишком трудно получить в ближайшее время. Этот подход включает термодинамику, эволюционную генетику и математические описания популяционных и трофических взаимодействий. Чтобы проверить идеи, оба видения требуют взаимодействия компьютерных моделей, экспериментов и полевых наблюдений. Сочетание двух концепций продолжает способствовать таким достижениям, как адаптивное управление экосистемами, ландшафтная экология и эмпирический поиск предупреждений о разрушении экосистемы и функциях биоразнообразия. [2]

Заключение. Таким образом был выполнен анализ использования системного подхода в сфере экологии, а также описан один из основных инструментов подхода – моделирование. Для использования представленного метода были указаны принципы системного подхода и моделирования. В работе кратко была рассмотрена история системной экологии, её перспективы и два подхода, используемых в наше время: «мягкие» системы и точные науки.

Список литературы

1. Розанов, С. И. Системная экология / С. И. Розанов. – Ижевск : Издательство ИжГТУ, 1996. – 204 с.
2. Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию / В 2-х т.; Изд. 2-е, исправленное и дополненное. – Тольятти: Кассандра, 2013. – Т. 1. – 565 с

UDC 004.896:502.12

THE PRINCIPLE OF SYSTEMICITY IN ECOLOGY

Panchenko K. I., Kuchmel D. D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Pilinevich L. P. – doctor of technical science, full professor, professor of the Department of EPE

Annotation. Preventing the ecological crisis threatening humanity and ensuring the further well-being of society is a task of global importance. Its solution can be facilitated by the application of the principles of consistency in environmental studies. This article discusses the main goals of a systematic approach in ecology and defines its role in the study and solution of urgent environmental problems.

Keywords: systems theory, systems ecology, systems thinking.