

ПРОБЛЕМЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ В КУРСАХ ЭКОЛОГИИ

Довгань И. В., Колесников А. В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса, Украина)

Среди многих дисциплин, изучаемых в технических вузах, есть несколько тесно связанных с общей теорией систем. Одной из них является экология. Поскольку различные курсы экологии, читаемые в вузах, и соответствующие учебные пособия значительно разнятся между собой, общая теория систем представляется логическим каркасом, необходимым для внесения в курсы экологии единообразия и упорядочения.

Впервые элементы теории систем возникают в начале курса, при определении понятия «экосистема» и рассмотрении их общих характеристик. Рассматриваются три класса систем: индукционные, в которых возникновение какого-либо свойства у одних элементов индуцирует возникновение этого же свойства у других, ресурсные, в которых преобладают противоположные процессы и происходит «усиление» одних свойств элементов за счет других, и инерционные, нейтральные в рассматриваемом контексте. Студенты сразу же верно классифицируют эколого-экономические системы и осознают основной круг проблем, связанных с ресурсными системами.

В связи с понятием экосистемы возникает необходимость отнесения эти объекты сложным и сверхсложным. Студенты интуитивно понимают, что такое «сложная система», остается только упорядочить и дополнить их ответы. С этой целью предлагается точка зрения, согласно которой есть несколько видов сложности:

1. Элементная («Проклятье размерности») – наличие в системе большого количества элементов.

2. Структурная. Характер взаимосвязи элементов отличается от полносвязного и полностью разделенного. В этой связи следует отметить негативную для понимания тенденцию сводить все взаимодействия в экосистемах к полносвязным. Закон экологии Б.Коммонера в формулировке «все связано со всем» свидетельствует не о законе, а о его отсутствии.

3. Параметрическая. Многие параметры в экосистемах плохо определены или неизвестны

4. Динамическая. Проявляется способность систем входить в режим хаотических колебаний, что связано с «эффектом бабочки» и высокой чувствительностью к малым внешним воздействиям. На примере простой математической модели биологической популяции (модель Ферхюльста)

студентам демонстрируются основные черты динамики хаотических систем. По мере развития рассматриваемой темы указываются возможности реализации трудно предсказуемых хаотических режимов в каждой подсистеме глобальной экосистемы. Студенты, таким образом, подводятся к мысли о невозможности указывать для экосистем дальние точные прогнозы ее состояния в отличие, например, от движения планет.

Для исследования рассматриваемых сложных систем предлагается использовать метод моделирования. Практика работы со студентами показала, что, несмотря на обилие математических курсов, студенты плохо представляют себе идеологию моделирования. С наших позиций, соответствующие темы необходимо акцентировать в курсах прикладной математики. В частности, плохо понимается необходимость предельного упрощения наблюдаемых в экосистемах закономерностей и учетом только основных.

Разъяснение основных подходов моделирования (в экологии – на интуитивном уровне) устраняет непонимание студентами этих вопросов.

Поскольку основы экологии излагаются студентам инженерных направлений, в курс включены также разделы, касающиеся проблем управления экологической динамикой с позиций рационального природопользования. В качестве простейшей модели ситуации оптимизации рассматриваются эколого-экономические системы, в которых мера общей эффективности представима как разность хозяйственного эффекта и ущерба окружающей среде, выраженные в общих (экономических) единицах. Студенты понимают возможность обобщения такого подхода и перехода к многокритериальной оптимизации. В качестве обобщающего примера, включающего некоторые идеи моделирования и управления экологической ситуацией, рассматривается задача об оптимизации состояния водоема. Показывается, что в этой системе возможны множественные состояния равновесия и «катастрофические» скачки, связанные с истощением запасов растворенного кислорода, одна из задач оптимизации сводится к их предотвращению. Таким образом, студенты получают представления не только о сложности экосистем и процессов в них, но также и о методах решения чисто инженерных задач управления и оптимизации экологических процессов.

Приведенные выше примеры общесистемных вопросов являются глубоко частными, общесистемная проблематика встречается в экологии на каждом шагу и экология здесь не единственная.

В связи с этим авторы считают целесообразным поставить вопрос о необходимости чтения курса общей теории систем как отдельной дисциплины, наряду, например, с философией.