

ПРЕДИСЛОВИЕ

Непрерывно усиливающиеся воздействия человеческой деятельности на биосферу повлекли за собой в последние десятилетия необратимые изменения многих природных систем. Эти изменения в большинстве случаев, в свою очередь, влекут за собой серьезные неблагоприятные последствия для экономики и благосостояния человека вообще. Прогнозирование результатов человеческих воздействий на природные экосистемы и предотвращение неблагоприятных последствий выросло в последнее время в большую общенаучную проблему, которой занимаются крупнейшие национальные и международные научные организации. Существенный вклад в решение этой проблемы вносит работа, ведущаяся в разных странах в рамках Программы ЮНЕСКО "Человек и биосфера" (МАВ). Важным аспектом этой деятельности являются исследования в области математической экологии и математической популяционной генетики.

В настоящее время эти исследования развиваются в двух тесно связанных, но все же самостоятельных направлениях. Работы первого типа имеют своей целью машинное (вычислительное) описание процессов, идущих в некоторых конкретных экосистемах, и предсказание последствий воздействия на эти экосистемы (портретные или имитационные модели). Такие модели должны, как правило, строиться заново для каждого природного объекта. Работы второго направления посвящены исследованию предельно упрощенных ситуаций и ставят своей целью не столько описание конкретных природных систем, сколько выявление наиболее общих, универсальных закономерностей, лежащих в основе функционирования и структурированности таких систем (аналитические модели).

Все более преодолевается противопоставление этих подходов (имевшее место в недавнем прошлом) и заменяется их разумным сочетанием. Многие эксперименты, невозможные в природных условиях (так как они могут привести к гибели изучаемую систему), вполне можно заменить численным экспериментом на имитационной модели. С другой стороны, необозримость имитационных моделей серьезно смягчается тем обстоятельством, что их поведение в наиболее интересных и важных экстремальных условиях может быть обычно описано простыми аналитическими моделями.

Настоящий сборник, подготовленный Рабочей группой по математическому моделированию и системному анализу Советского комитета по Программе ЮНЕСКО (МАВ), посвящен в основном работам в области аналитического моделирования (хотя в некоторых статьях математические результаты интерпретируются применительно к конкретным природным ситуациям). При составлении этого сборника мы не претендовали на то, чтобы охватить все направления работ, ведущихся в СССР по аналитическому моделированию в экологии. Напротив, акцент сделан лишь на одном, но, на наш взгляд, весьма важном направлении, а именно на вопросах разнообразия в экосистемах. В соответствии с различной природой анализируемого разнообразия статьи в сборнике можно разбить на три основные группы: разнообразие динамических режимов и факторов, ответственных за них, в экосистемах; механизмы поддержания генетического разнообразия; пространственная неоднородность экологических и популяционно-генетических систем.

Исследования этих внешне разнородных проблем с определенной точки зрения могут быть предварены следующим утверждением: учет при моделировании экологических и популяционно-генетических систем (даже в предельно упрощенной форме) существенно нелинейного характера взаимодействий с необходимостью приводит к существованию в таких системах большого разнообразия равновесных состояний, динамических режимов, пространственных структур. Это разнообразие является основной причиной "контринтуитивного" характера реакции систем на внешние воздействия, различного рода пороговых эффектов.

Качественные различия в реакции на одно и то же воздействие похожих (на первый взгляд) систем (или одной и той же системы на похожие, казалось бы, воздействия) имеют источником именно разнообразие, порождаемое существенной

нелинейностью биологических систем. Такого рода явления невозможно понять, оставаясь в рамках представлений о системах, близких к линейным, недалеких от равновесия, пространственно и функционально почти однородных.

Прогнозирование поведения природных систем (особенно в ответ на индустриальные воздействия) должно быть основано на глубоком исследовании нелинейности и вытекающего из нее разнообразия этих систем.

В заключение сделаем два замечания относительно ситуации, сложившейся в настоящее время в математическом моделировании систем надорганизменного уровня (популяций и экосистем):

1. В рамках математической экологии исследуются практически исключительно эволюционно сложившиеся экосистемы, состоящие из неподверженных дальнейшей эволюции популяций. С другой стороны, в рамках популяционной генетики рассматривается эволюция изолированных популяций, как бы изъятых из экосистем. Очевидно, здесь также наступила пора синтеза, поскольку структура и функционирование экосистем могут быть глубоко поняты лишь с учетом их эволюционного происхождения, коэволюции составляющих их видов. В то же время темп и направление эволюции отдельных популяций зависят в первую очередь их взаимодействием с другими популяциями, составляющими экосистему.

2. В математической экологии и генетике сложился довольно ограниченный набор постоянно и всеми используемых математических подходов и методов, тогда как традиционно используемые методы в действительности далеко не всегда адекватны сути биологических проблем. В то же время в различных отраслях математики разработаны системы понятий и приемы, которые могут быть полезны в исследовании экологических проблем, но мало знакомы модельерам. Конкретные попытки отчасти заполнить пробелы, указанные в этих замечаниях, нашли отражение в некоторых статьях настоящего сборника.

Д-р физ.-мат. наук А.М. Молчанов,
канд. физ.-мат. наук А.Д. Базыкин