Тема лекции 1. **Введение в дисциплину «Математические модели в экологических системах».**

Методы математической статистики широко используются и в теоретических исследованиях, и в практической биологии – медицине, сельском хозяйстве, экологии и биотехнологии.

Любой эксперимент или любое наблюдение предполагает применение законов математики с целью решения трех ключевых вопросов:

1. Как отобрать объекты для запланированного исследования, в каком количестве и каким способом их выбирать из общей массы?

2. Как на основе индивидуальных измерений или описаний получить сводные показатели по всей изучаемой группе особей?

3. Как на основе исследования выбранной группы получить достоверную характеристику всей совокупности особей данной категории?

Общее теоретическое решение этих вопросов применительно к исследованиям и наблюдениям в области экологии рассматривает курс «Математические модели в экологических системах».

Научно-технический прогресс, превращение науки в непосредственную производительную силу общества предъявляют к подготовке специалистов все более высокие требования. Современный биолог, эколог и инженер, учитель или психолог должны не только хорошо знать свою специальность, но и приобщаться к исследовательской работе, вносить посильный вклад в сокровищницу знаний о природе.

Знания о природе приобретаются путем наблюдения, сравнения и опыта. Причем под наблюдением в широком смысле подразумевают процесс планомерного добывания и накопления фактов независимо от того, как оно осуществляется - в эксперименте или непосредственным описанием изучаемого предмета. «Истинная наука, - по словам Тимирязева, - основывается только на фактах и на логике и постоянно продвигается по пути достоверности своего знания». «Факты - это воздух ученого, - писал И. П. Павлов. - Без них ваши «теории» - пустые потуги» Только опираясь на прочный фундамент фактов можно рассчитывать на успех в работе.

Но факты - это еще не наука. Как груда строительных материалов не является зданием, так и масса накопленных фактов не составляет содержание науки. Только сведенные в некую систему факты приобретают определенный смысл, позволяют извлечь заключенную в них информацию. Эта работа требует от исследователя не только профессионального мастерства, но и умения правильно планировать эксперименты, анализировать их результаты, делать из фактов научно обоснованные выводы. Система таких знаний и составляет содержание *математического моделирования* - науки, призванной играть хотя и вспомогательную, но весьма важную роль в биологических исследованиях.

Основы моделирования в экологии. Большой интерес к *изучению экологических процессов,* вызванный в последнее десятилетие ухудшающимся состоянием окружающей среды, побудил исследователей *к применению математического моделирования.* По мере усложнения экологических явлений моделирование все чаще производится с помощью современных вычислительных систем, реализуемых на базе компьютерных технологий, построенных с применением математики и логических умозаключений.

Преимущества математического моделирования:

1) экономия материальных ресурсов, требуемых для постановки и проведения физического эксперимента;

2) возможность апробации экологической системы в изменяющихся по воле экспериментатора условиях;

3) оценка работоспособности системы с длительным жизненным циклом в существенно сжатые сроки.

Математическая модель связана с тремя основными особенностями:

1) это экономия материальных ресурсов, требуемых для постановки и проведения эксперимента;

2) возможность апробации экологической системы в изменяющихся по воле экспериментатора условиях;

3) оценка работоспособности системы с длительным жизненным циклом в существенно сжатые сроки.

Важной проблемой моделирования является *задача обеспечения точности решения,* получаемого с помощью модели.

Общие принципы построения моделей в экологии. Моделирование в научных исследованиях используется практически в любых отраслях национального хозяйства как эффективный инструмент познания того или иного явления, или процесса.

Любой процесс представляет собой сложную систему взаимодействия внутренних и внешних частей и факторов, для их изучения исследователи абстрагируются от части взаимодействий и их природы и выделяют те из них, которые в настоящий момент их интересуют. В этом случае принято говорить о

Модели процесса – это выделенная из общего процесса явление, изучаемое в конкретный период. Кратко назовем модель процесса, явления или объекта - *моделью системы.*

По форме представления модели систем делят на *физические, эколого-математические, логические, иконографические* и др.

Физические модели - это некоторые реальные системы, в которых реализуются те или иные взаимодействия между элементами и частями изучаемого объекта.

Логические модели реальных систем и процессов представляют собой описания типа «если..., то...», «если *A*, то и *B*...», «если *A* и *B*, то С». Они используются в основном для описания процессов, определяющихся качественными параметрами.

Иконографические модели реальных систем представляют собой рисунки, схемы, графики, поясняющие устройство, принцип действия или наглядность тех или иных параметров экологических систем и т.п.

Чаще всего в экологических исследованиях применяются смешанные модели, например *логико-математические.* Модели этих систем имеют целевое назначение, например, для исследования структуры, функционирования, расхода и т.д.

Эколого-математические модели - это смешанные модели (логико-математические, математико-иконографические), представляющие определенную совокупность математических зависимостей, логических построений, схем, матриц и т.п., связанных в единую систему, имеющую экологический смысл.

Основой для моделирования экологических объектов являются принципы системности, состоящие из принципов: *принципы интегратизма, неопределенности, инвариантности, главных видов деятельности.*

Принцип интегратизма заключается в том, что взаимоотношения части и целого характеризуются совокупностью трех элементов: возникновение взаимодействующих систем - связей между частями целого; утрата некоторых свойств части при вхождении в целое; появление новых свойств у целого, обусловленных свойствами составных частей.

Принцип неопределенности предполагает, что «по краям» экологические процессы расплывчаты и неопределенны. Принцип неопределенности позволяет также утверждать, что существует уровень факторов, когда их малые отклонения не влекут изменений в состоянии системы.

Принцип инвариантности заключается в том, что модель системы должна быть инвариантна для любых регионов, организационных форм производства и изменение каких-либо условий не должно менять существа модели.

Принцип главных видов деятельности состоит в том, что у разных экологических систем существуют «похожие» виды деятельности *(управление, регулирование, распределение* и т.п.), которые можно выделить как стандартные. Они бывают неизменными на некотором промежутке времени и могут быть описаны некоторыми похожими моделями.

При моделировании объектов и представлении в виде систем необходимо учитывать их общие свойства, например такие, целостность, делимость, изолированность, устойчивость, разнообразие, наблюдаемость, адаптация, неопределенность,стабилизация и др.

Познание экологических систем на практике представлена на рисунке 1.

Типы моделей: *эмпирическая модель* основана на описании исследуемого объекта; *функциональная* – на описании поведения системы; *статическая* применяется в равновесной системе, *динамическая* – учитывает изменение состояния системы в зависимости от времени, *стохастическая* примени в системах с неопределенным поведением.

Этапы построения математической модели:

1. Постановка задачи. На данном этапе выявляется определенная ситуация, которая предполагает оформление конкретной цели.

2. Определение задачи. На данном этапе определяется, во-первых, задача исследования, которая может решить конкретные вопросы и, во-вторых, строится план для проведения исследования.

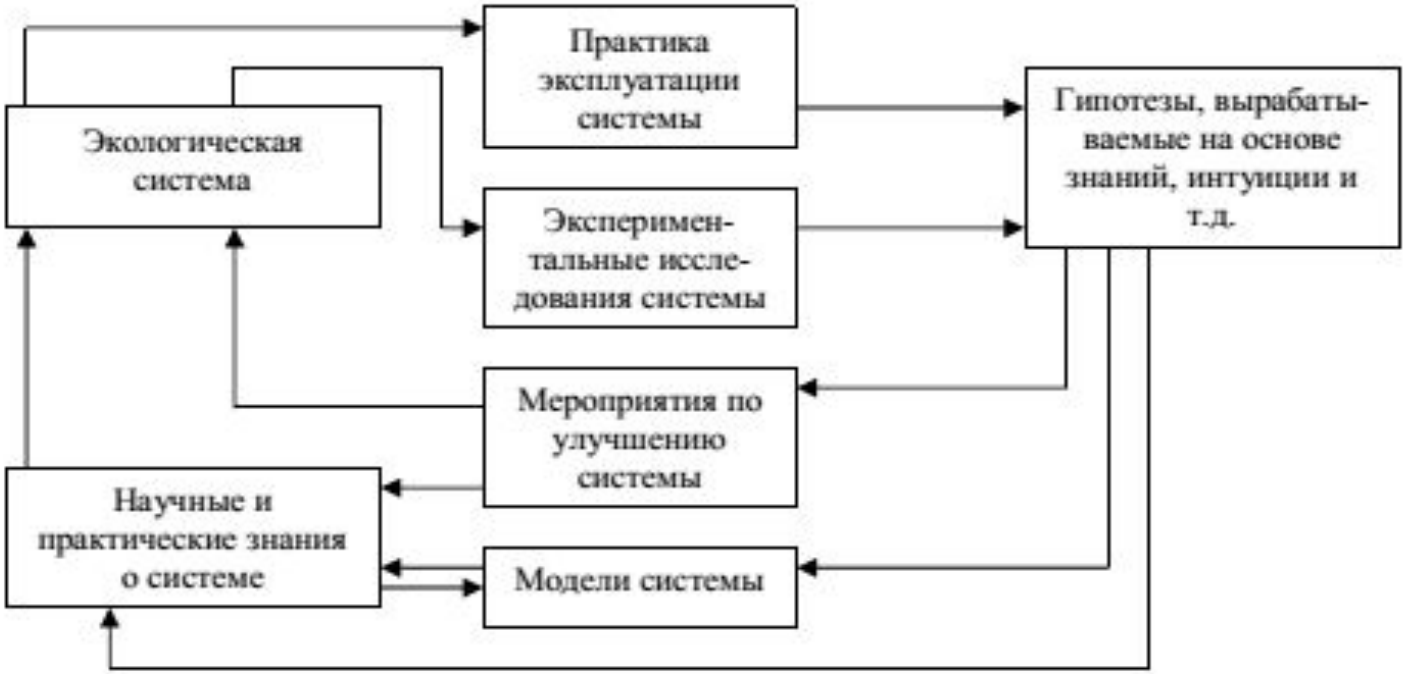

Рисунок 1. Познание экологических систем на практике

3. Составление математической модели. Вид математической модели в значительной степени зависит от цели исследования. Математическая модель может быть в виде математического выражения, представляющего собой алгебраическое уравнение, или неравенство, не имеющее разветвления вычислительного процесса

4. Вычисления. При решении задачи необходимо тщательно разобраться с размерностью всех величин, входящих в математическую модель, и определить границы, в которых будет лежать искомая целевая функция, а также требуемую точность вычислений.

5. Результаты, которые выдаются в устной или письменной форме. Они должны включать в себя краткое описание объекта исследования, цели исследования, математическую модель, допущения, принятые при выборе математической модели, основные результаты вычислений, обобщения и выводы.

Литература:

Основная – 1 [6-88]; 2 [т.1-11-78]; 3 [14-17].

Дополнительная – 3 [9-24]; 5 [8-16].

Контрольные вопросы:

1. Какие особенности характерны для математического моделирования?
2. Перечислите общие принципы моделирования.
3. Что является основой для моделирования экосистем?
4. Перечислите общие принципы построения моделей в экологии.
5. Какую последовательность процедур следует придерживаться для построения математической модели?