МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ТЕМА **1.** Методология и методы экологических исследований

Цель дисциплины «Методы экологических исследований»

- знакомство с основными методами экологических исследований, с конкретными методиками изучения природных и социоприродных систем, освоение теоретических основ и отработка практических навыков приемов исследований в области экологии.

- *В результате освоения дисциплины формируются представления о разнообразии методов и приемов исследования растительного покрова и животного мира, а также их сообществ в водных и наземных экосистемах;*

Задачи курса

- изучение основных типов и направлений экологических исследований природных и антропогенных экосистем;
- формирование теоретических представлений и развитие прикладных навыков организации и проведения био- и геоэкологических исследований теоретического и прикладного характера;
- приобретение навыков практического использования методов изучения биотического и абиотического компонентов наземных и водных экосистем;
- овладение методами анализа и обобщения эмпирических данных, полученных в ходе изучения живых организмов и их сообществ в природных и социоприродных системах;
- знакомство с биоиндикационными возможностями различных групп организмов и их использованием при осуществлении экологического мониторинга различных объектов и сред, а также биосистем и их компонентов;
- освоение методов изучения географической среды и слагающих ее природных, природно-антропогенных и социально-экономических территориальных геосистем на основе гуманитарно-экологического подхода с целью рационального природопользования и оптимизации взаимодействия общества с окружающей средой;
- выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности.

ЗУН

- ***Знать:***
- теоретические основы методов экологических исследований, приемов и способов изучения растительных и животных организмов и их сообществ в водных и наземных экосистемах;
- методы проведения экологических исследований живой и неживой составляющей наземных и водных экосистем;
- ***Уметь:***
- активно применять на практике основы знаний о биологических системах;
- применять систему знаний по биологии и экологии различных видов живых организмов для планирования природоохранных мероприятий;
- практически использовать полученные знания при проведении экологических исследований;
- проводить комплексные и компонентные экологические исследования научного и прикладного характера;
- ***Владеть:***
- опытом проведения натурных исследований и экспериментальной работы;
- навыками анализа и интерпретации полученных данных при проведении научных и прикладных исследований;
- методами биоиндикационных исследований различных сред с целью оценки их экологического состояния;
- опытом анализа и обобщения полученных эмпирическим путем данных;
- опытом работы с вычислительной техникой, математическими методами обработки результатов экологических исследований.

сформируются представления и навыки об организации и проведении различных типов экологических исследований, имеющих научный и прикладной характер и направленных на установление базовых параметров природных систем и их компонентов, оценку адаптационных возможностей биоты, выявление динамики

Научный метод как способ приобретения знаний

Способы приобретения знаний: предубежденность, ссылка на авторитеты, интуиция, научный метод или рефлективное исследование.

Структура научного метода: постановка и формулировка проблемы, сбор фактов, создание гипотезы, проверка гипотезы посредством наблюдений и экспериментов, формулирование выводов.

Часть 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ

- *Теория (от греч. theoria - рассмотрение, исследование) система основных идей в той или иной отрасли знания, форма научного знания, дающая целостное представление о закономерностях и существенных связях объекта исследований.*
- Изучение закономерностей, выявление существенных связей и формализация составляют содержание теоретических методов исследования.

Методология

- ***Методология (метод и …логия) – учение о структуре, принципах построения, формах и способах научного познания.***
- Методология исследований включает структуру научных направлений, методы и порядок организации исследования.
- Методология – это и общий принцип, руководящий всей стратегией исследования. Если теория направлена на получение знаний о самой действительности, то методология – на процесс получения знаний. **Между теорией и методологией сохраняется отношение цели и средства.**
- С методологией тесно связано понятие научного подхода, который характеризуется использованием представлений и моделей за пределами определенной науки.
- ***Среди методологий частных наук становятся научными подходами лишь те из них, которые раскрывают способы получения новой информации и могут составить суть подхода как явления самостоятельного, более широкого, чем методология собственно конкретной науки.***

Метод

Метод (от греч methodos – путь исследования) – способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи; совокупность приемов или операций практического и теоретического освоения (познания) действительности.

Системный подход

- Системный подход рассматривает объект в его внутренних и внешних взаимосвязях, представляет его как структурную часть более крупного целого и как совокупность более мелких структурных частей.

Уровни знания в научном исследовании

1. **Эмпирические методы** – это приемы получения информации, ее обработки в результате целенаправленной познавательной деятельности.

В систему научных наблюдений входят:

1) методы непосредственных наблюдений, когда наблюдатель находится в прямом контакте с объектом наблюдения;
2) методы опосредованные, при которых контакт с объектом наблюдения осуществляют специальные устройства - датчики, преобразующие температуру, давление, состав, свойства вещества и иные контролируемые величины в сигналы, удобные для передачи и регистрации;
3) методы дистанционные (бесконтактные), с помощью которых информация о состоянии объекта наблюдения регистрируется на расстоянии от него.

Уровни знания в научном исследовании

2. Теоретические методы – это приёмы выявления закономерностей по результатам накопленных наблюдений, выводы из них. Они основаны на приемах абстрагирования, анализа и синтеза.

- *Абстрагирование – выделение существенных свойств и связей предмета и отвлечение от других частных его свойств и связей.* Абстрагирование необходимо для того, чтобы во множестве конкретных наблюдений и фактов выделить нечто общее, типичное.
- *Анализ – расчленение объекта (мысленное или реальное) на элементы.* Анализ состоит, как правило, в исследовании результата абстрагирования, часто изолированно от других явлений.
- *Синтез – соединение элементов в единое целое.* Синтез сводится к поиску рациональной картины мира, которая объединяет в целостную систему множество данных и частных абстракций.

Часть 2

МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Общенаучные методы исследований

Моделирование – исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения и изучения их моделей; использование моделей для определения или уточнения характеристик и рационализации способов построения конструируемых объектов.

Модель рассматривается как любой образ, аналог, мысленный или условный, какого-либо объекта, процесса или явления - «оригинала» данной модели. На идее моделирования базируется любой метод научного исследования – как теоретический, при котором используются различного рода идеальные модели, так и экспериментальный, использующий предметные модели.

Идеальные модели подразделяются на:

1) образные (фотографии, зарисовки с натуры);

2) образно-знаковые, включающие вербальные (дефиниции, законы): графические (диаграммы, схемы), картографические;

3) знаковые или математические (математическая обработка данных, математическое моделирование и прогноз).

Предметные модели включают пространственно и физически подобные объекты.

Общенаучные методы исследований

Экспериментом называют чувственно-предметную деятельность в науке, опыт, построение предметных моделей, воспроизводящих объект, проверку гипотез.

В экологических исследованиях к числу экспериментальных методов относятся:

1) натурные эксперименты, связанные с организацией направленных воздействий на природные системы и изучением реакции (откликов) систем;

2) модельные эксперименты, которые осуществляются на аналогах определенных природных систем.

Специфика экосистемных исследований

- Трактовка объекта и предмета экологических исследований позволяет устанавливать границы исследований геосистем и экосистем в зависимости от решаемых задач, объединить физико-географические и экономико-географические направления для решения практических задач рационального природопользования.
- Специфика экологических исследований заключается в чрезвычайном разнообразии, разнокачественности и разномасштабности элементов геосистем.
- Геоэкология ориентируется на комплексные исследования в триаде «природа - хозяйство - общество», связанные с геоэкологической оценкой последствий хозяйственной деятельности, качества среды жизнедеятельности населения и выработкой рекомендаций рационального природопользования.

Методология геоэкологических исследований – это набор следующих подходов:

гуманитарно-экологический подход совокупность взглядов и действий, выражающихся в уважении достоинства и прав человека, его ценности как личности, заботе о благе людей, их всестороннем развитии, создании благоприятных для человека условий среды жизнедеятельности с учетом экологических ограничений;

системный подход – рассмотрение объекта как системы, ориентирующее исследователя на раскрытие целостности объекта, выявления многообразия типов связей и сведение разнородных элементов в единую теоретическую картину;

экологический подход представления о сложных системах, в которых одновременно с множеством разнородных элементов различают две подсистемы: «хозяина» и окружающую его среду;

функциональный (факторный) подход, в основе которого лежит представление о том, что состояние одного из компонентов рассматривается как функция масштаба активности других компонентов, анализируемых в качестве факторов. Опирается на развитый аппарат статистического анализа: на факторный анализ, позволяет понять и описать с помощью математического аппарата связи в природе, но имеет и ряд существенных ограничений в применении;

ландшафтный подход выражает идею взаимной связи и взаимной обусловленности природных географических компонентов и элементов в природно-территориальных комплексах;

информационный анализ строится на основе представлений о передаче информации в географической среде;

структурный анализ, в основе которого лежит изучение взаимодействия составных частей геосистемы в целом. Основные элементы и аппарат этого анализа заимствованы из кибернетики, и ключевым понятием является понятие «обратной связи»;

структурно-морфологический анализ направлен на изучение морфологического характера объекта и его компонентного или элементного состава;

позиционный анализ определение положения объекта отно-сительно природных и антропогенных потоков вещества и энергии, природных и антропогенных тел.

Схема последовательных этапов экологических исследований

- **Ивентаризационный этап** - выявление, описание, систематизация, картографирование элементов природных и природно-антропогенных геосистем, их свойств, процессов и явлений. *Этот этап, как правило, занимает подготовительный и полевой периоды.*
- **Оценочный этап** включает приемы анализа - синтеза взаимодействия природных условий и ресурсов с различными формами деятельности общества, выявление, картографирование и оценку сложившихся экологических ситуаций. *Этап завершается разработкой рекомендаций по оптимизации свойств и территориальной организации геосистем*;
- **Прогнозный этап** направлен на изучение ожидаемых изменений экологических ситуаций за заданный период времени.
- **Экологические исследования** отличаются значительной продолжительностью подготовительного и камерального периодов из-за возрастания объема и разнокачественности информации, усиления аналитических исследований, применения математических методов анализа и ГИС-технологий при обработке данных.

Методика

Методика – совокупность, система общих и частных приемов получения нового знания.

Методика исследований включает:

- выбор объекта и предмета исследования;
- отбор свойств и признаков, вовлекаемых в исследование;
- их ранжирование по значимости для изучаемого явления;
- методы получения и обработки информации об объекте;
- приемы нахождения эмпирических зависимостей.

Методическая основа экологии

Сочетание:

системного подхода *(любой объект экологии имеет системную природу). В системном подходе объединяются аналитические и синтетические приемы исследования*;

натурных наблюдений,

эксперимента *и*

моделирования.

Сейчас в экологии преобладают количественные методы - измерения, расчеты, математический анализ.

Группы экологических методов исследований

1. Методы регистрации и оценки состояния среды (экомониторинг):

периодическое или непрерывное слежение за состоянием экологических объектов и за качеством окружающей среды.

- метеорологические, в т.ч. измерения освещенности, радиационного фона, напряженности физических полей;
- гидрологические наблюдения;
- определение характеристик почвенной среды;
- определение химической и бактериальной загрязненности сред;
- биоэкологические исследования

Группы экологических методов исследований

- Практическое значение имеет регистрация состава и количества *вредных примесей* в воде, воздухе, почве, растениях в зонах антропогенного загрязнения и исследования переноса загрязнителей в разных средах.
- Техника экологического мониторинга быстро развивается, используются *новейшие методы* физико-химического и химического экспресс-анализа, дистанционного зондирования, телеметрии и компьютерной обработки данных.
- Одним из средств экомониторинга, позволяющим получить интегральную оценку качества среды, является *биоиндикация* - контроль состояния среды некоторых организмов, особо чувствительных к изменениям среды и к появлению в ней вредных примесей.

Группы экологических методов исследований

2. Методы количественного учета организмов и методы оценки биомассы и продуктивности

- Это *подсчеты особей* на контрольных площадках, в объемах воды или почвы, маршрутные учеты, отлов и мечение животных, наблюдения за их перемещениями с помощью телеметрии и другие средства вплоть до аэрокосмической регистрации численности стад, скоплений рыбы, густоты древостоя, состояния посевов и урожайности полей.
- Изучение динамики численности популяций потребовало введения в экологию *методов демографии*. Это необходимо для овладения управлением экосистемами, для предотвращения гибели видов и снижения биологического разнообразия и биопродуктивности экосистем.
- Определение биомассы и продуктивности различных сообществ организмов позволяет оценить биопродукционный потенциал отдельных территорий и акваторий, а также глобальный природный фонд органического вещества биосферы и пределы его использования.

Группы экологических методов исследований

3. Исследования влияния факторов среды на жизнедеятельность организмов:

экспериментальный подход: в лабораторных условиях регистрируется воздействие строго контролируемого фактора на те или иные функции растений или животных;

аналитический подход: применимость полученных на животных результатов к экологии человека. Так устанавливают критические и летальные дозы веществ, по которым рассчитывают ПДК и воздействия, лежащие в основе экологического нормирования, так экология граничит с физиологией, биохимией, токсикологией.

Методы этой категории важны также при определении устойчивости экосистем и изучении адаптации - приспособлений растений, животных и человека к различным условиям среды.

Группы экологических методов исследований

4. Методы изучения взаимоотношений между организмами во многовидовых сообществах:

- *натурные наблюдения и лабораторные исследования* пищевых отношений, пищевого поведения, опыты с переносом «меток», например, радиоактивных изотопов, с помощью которых можно определить, какое количество органического вещества и энергии переходит от одного звена пищевой цепи к другому: от растений - к травоядным животным, от травоядных - к хищникам.
- *экспериментальная методика создания* и исследования *искусственных сообществ и экосистем*, т.е. по существу лабораторное натурное моделирование взаимодействий организмов друг с другом и с окружающей средой. В ряде случаев для этих целей создают искусственные, частично замкнутые и самоподдерживающиеся многовидовые системы.

Группы экологических методов исследований

5. Кибернетические исследования и методы математического моделирования:

- *математические модели транспортировки веществ:* техногенных эмиссии, распространения загрязнителей в атмосфере, самоочищения рек.
- Очень сложное *многопараметрическое моделирование экологических систем.* В свое время были получены обобщенные аналитические модели многих экологических процессов (эвтрофикации водоемов, сукцессионной смены видов в лесу, ядерной зимы и др.).
- *методы имитационного моделирования с использованием аппарата теории нечетких множеств:* применяются для решения многоуровневых нелинейных задачах с большим числом переменных, аналитические решения практически невозможны
- *технологии нейронных сетей* для глобального моделирования при проблемно-прогнозном подходе. Они позволяют рассматривать варианты сценариев и строить обоснованные прогнозы глобального развития.

- ***Но реальные объекты экологии столь сложны, что с трудом поддаются строгому математическому описанию даже при значительном упрощении задач.***

Методы и средства прикладной экологии

- создание *геоинформационных систем* (ГИС-технологий) и банков экологической информации, относящихся к различным регионам, территориям, ландшафтам, агросистемам, промышленным центрам, городам;
- комплексный *эколого-экономический анализ* состояния территорий для целей экологической диагностики и оздоровления экологической обстановки;
- методы *инженерно-экологических изысканий*, необходимых для оптимального размещения, проектирования, строительства и реконструкции гражданских и хозяйственных объектов;
- методы *экологически ориентированного проектирования* хозяйственных и гражданских объектов, основанные на принципах и расчетах экологического соответствия;
- технологические *методы снижения отходности*, побочных эмиссии и коэффициентов вредного действия производственных комплексов, процессов, устройств и изделий;
- методы *оценки влияния техногенных загрязнений* и деградации окружающей среды на здоровье людей и состояние природных систем;
- методы *контроля экологической регламентации хозяйственной деятельности*: экологический мониторинг; экологическая аттестация и паспортизация хозяйственных объектов, территориальных природно-производственных комплексов; экологическая экспертиза; оценка ожидаемых воздействий проектируемых и строящихся объектов на окружающую среду.

Часть 3

ЦЕЛЕВЫЕ ПОДХОДЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Предназначение экологических исследований

Принципиальные вопросы:

- ***Зачем:*** определяются цели проведения экологических исследований
- ***Кто:*** определяются заказчики и потребители экологических исследований
- ***Как:*** определяются методы осуществления экологических исследований

Зачем

Цели экологического исследования

Экологический мониторинг:	• Мониторинг состояния • Мониторинг процессов
Государственная экологическая экспертиза:	•Госкомэкология •Росгидромет •Заказные работы фундаментального и прикладного характера
Оценка состояния среды:	•Почвенной •Водной •Воздушной •Биологической •Производственной •Жизненной •Рекреационной

Кто

Заказчики и потребители экологических исследований

Отрасли хозяйства:	• промышленность, • транспорт, • с/х, • ЖКХ и т.д.
Государство (общество):	• Госкомэкология • Росгидромет • Заказные работы фундаментального и прикладного характера
Научные подразделения:	• Академия наук • Отраслевые научные институты

Как

Методы экологических исследований

Натурные

(наблюдения и эксперимент):

- промышленность,
- транспорт,
- с/х,
- ЖКХ и т.д.

Лабораторные

(наблюдения и эксперимент):

- Госкомэкология
- Росгидромет
- Заказные работы фундаментального и прикладного характера

Литературные и общенаучные

(включая модельные):

- Академия наук
- Отраслевые научные институты

Геоэкологические исследования

- Объектом геоэкологических исследований нами рассматривается географическая среда, предметом – изучение природных и природно-антропогенных геосистем различного иерархического уровня на основе гуманитарно-экологического подхода.
- В геоэкологических исследованиях базовым является термин «геосистема».
- *Геосистема – это географическое образование, состоящее из целостного множества взаимосвязанных, взаимодействующих ком-понентов географической оболочки.*
- Корневые слова термина не накладывают ограничений в сфере его применения в географических науках, и к настоящему времени сложились четыре группы его использования:

1) для природных географических образований;

2) для социально-экономических образований;

3) для сложных образований, включающих одновременно эле-менты природы, населения и общества, целостность которых поддерживается прямыми, обратными и преобразованными связями;

4) для обозначения всех объектов отрасли знания наук о Земле.

Экологические исследования

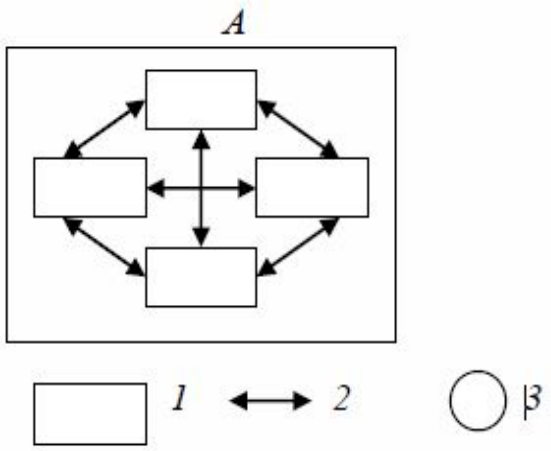


Рис. 1. Сходство и различие содержания понятий *А)* «геосистема» и *Б)* «экосистема» (по Преображенскому В. С., 1986)

1– элементы системы; *2* – связи между элементами системы; *3* – элемент системы, которому придается особое значение.

В экологии ключевым является понятие ***экосистемы***, представляющей собой единство биотических компонентов с абиотической средой, организованное потоками энергии и абиотическим круговоротом веществ.

При одинаковом составе элементов природной геосистемы и экосистемы учитывается их разная организация

Экосистемные исследования

- Экосистемный подход – в центре внимания исследователя-эколога являются поток энергии и круговорот веществ между биотическим и абиотическим компонентами экосферы.
- Наибольший интерес представляет *установление функциональных связей*, таких, как цепи питания, живых организмов между собой и с окружающей средой. Все связи оцениваются по их воздействию на установленный объект

Экосистемные исследования

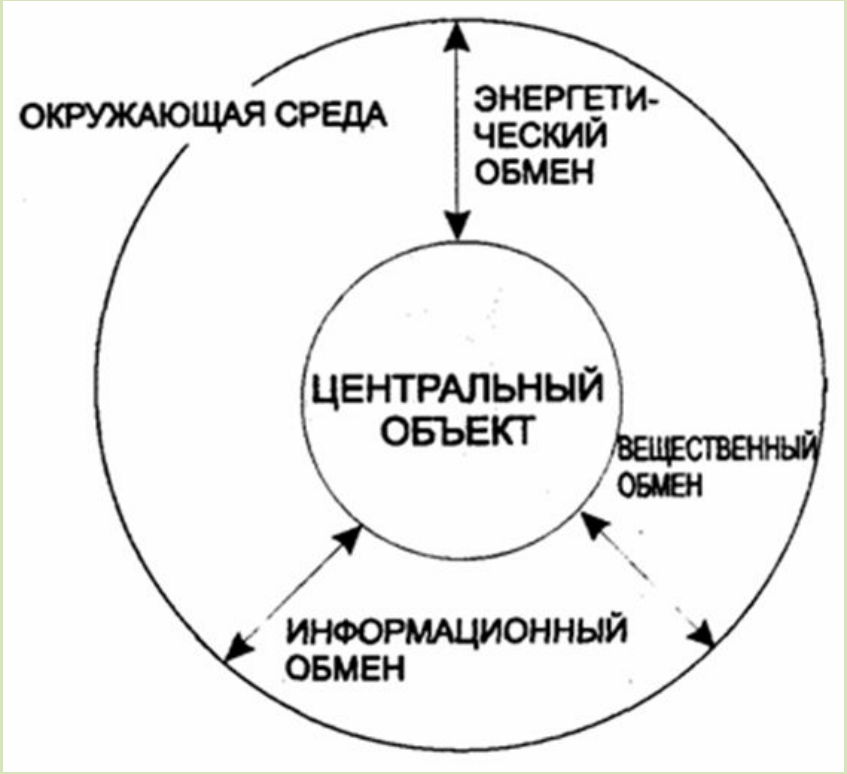
- Основные методы экологических исследований:

полевые, экспериментальные исследования с использованием экосистемного подхода, изучения сообществ (синэкология), популяционного подхода (демэкология), анализ местообитаний, эволюционного и исторических подходов.

Экосистемные подходы

- ***Изучение сообществ.*** При изучении сообществ исследуют растения, животных и микроорганизмы, которые обитают в различных биотических единицах, таких, как лес, луг, пустошь. Основное внимание уделяется определению и описанию видов, изучению факторов, ограничивающих их распространение. Одним из аспектов является получение научных данных о сукцессиях и климаксовых сообществах, что важно для рационального использования природных ресурсов.
- **Популяционный подход.** В популяционных исследованиях используются математические модели роста, самоподдержания и уменьшения численности тех или иных видов. *Используемые показатели:* рождаемость, выживаемость и смертность. Подход обеспечивает теоретическую базу для понимания вспышек численности вредителей и паразитов, имеющих значение для медицины и сельского хозяйства, дает возможность борьбы с ними применением биологических методов, например, использование хищников и паразитов вредителя, позволяет оценить критическую численность вида, необходимую для его выживания. Это особенно важно при организации заповедников, ведении сельского и охотничьего хозяйства, а в теоретическом плане — при изучении вопросов эволюционной и исторической экологии.
- **Изучение местообитаний.** Широко распространен в полевых исследованиях, так как местообитания легко поддаются классификации. Здесь изучают биотические компоненты экосистемы, основные факторы окружающей среды — эдафические, топографические и климатические, такие, как почва, вода, влажность, температура, свет и ветер. Анализ местообитаний имеет тесные связи с экосистемным подходом и изучением сообществ.
- **Эволюционный подход.** Изучение того, как экосистемы, сообщества, популяции и местообитания менялись во времени. Эволюционная экология рассматривает изменения, связанные с развитием жизни на Земле, позволяет понять основные закономерности, которые действовали в эко-сфере до того момента, когда важным экологическим фактором, влияющим на большинство организмов и на физическую среду, стала деятельность человека. Эволюционный подход в исследованиях позволяет реконструировать экосистемы прошлого, используя палеонтологические данные (анализ пыльцы, ископаемые остатки и т. д.) и сведения о современных экосистемах.
- **Исторический подход.** Изучает изменения, связанные с развитием человеческой цивилизации и технологии, их возрастающее влияние на природу, охватывая период от неолита до наших дней. Мможно выявлять долговременные экологические тенденции, которые установить только путем изучения современных экосистем невозможно, например, изменения климата, конвергентная эволюция, расселение видов растений и животных. Дает больше новых теоретических идей в сравнении с анализом местообитаний.

Схема экологического (экосистемного) подхода



- **Экосистемный подход** выдвигает на первый план общность организации всех сообществ, независимо от местообитания и систематического положения входящих в них организмов. Это подтверждается простым сравнением водной и наземной экосистем. При резком различии в среде обитания и в образующих систему видах здесь четко просматривается сходство структуры и функциональных единиц этих двух экосистем.
- В экосистемном подходе находит приложение концепция саморегуляции (гомеостаза), из которой становится ясно, что нарушение регуляторных механизмов, например, в результате загрязнения среды, может привести к биологическому дисбалансу.
- Экосистемный подход важен при разработке стратегии развития, например, сельского хозяйства.

• Спасибо за внимание ;)