

## Лекция 2. ПОНЯТИЕ О МЕТОДАХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2. 1 Классификация методов экологических исследований

Экология занимается изучением различных объектов от единичных особей до биосферы в целом. Многообразие связей, формирующихся на уровне разных по сложности биологических систем, обуславливает большое разнообразие методов экологических исследований, с помощью которых можно изучать количественные и качественные особенности организмов в условиях среды их обитания, воздействие на среду антропогенных факторов и т. д.

Методы экологических исследований отличаются междисциплинарностью и имеют широкое разнообразие. По особенностям применения выделяют общенаучные и частные (собственно экологические) методы.

*Общенаучные методы* исследований в экологии чаще всего включают эмпирические и теоретические.

К эмпирическим методам исследования относятся:

1. Наблюдение – целенаправленное, организованное, планомерное изучение объектов, как правило, осуществляющееся с помощью органов чувств. В ходе наблюдения исследователь получает информацию о характере объекта, его свойствах и внешней структуре. Исследователь лишь регистрирует ход природных процессов, не вмешиваясь в них.

Наблюдение может быть непосредственным (исследователь самостоятельно изучает явления и процессы, происходящие с объектом) и опосредованным (наблюдение проводится посредством различных технических устройств и приборов).

Среди основных требований к научному наблюдению выделяют: однозначность замысла (что именно наблюдается); возможность контроля путем либо повторного наблюдения, либо с помощью других методов (например, эксперимента).

2. Эксперимент – активное и целенаправленное вмешательство в протекание изучаемого процесса, соответствующее изменение исследуемого объекта или его воспроизведение в специально созданных и контролируемых условиях, определяемых целями эксперимента. В его ходе изучаемый объект изолируется от влияния побочных, затемняющих его сущность обстоятельств и представляется в «чистом виде». исследователь активно вмешивается в природные процессы. Исследователь искусственно формирует условия, в которых проходит эксперимент.

Основные особенности эксперимента: а) более активное (чем при наблюдении) отношение к объекту исследования, вплоть до его изменения и преобразования; б) возможность контроля за поведением объекта и проверки результатов; в) многократная воспроизводимость изучаемого объекта по желанию исследователя; г) возможность обнаружения таких свойств явлений, которые не наблюдаются в естественных условиях.

3. Сравнение – познавательная операция, выявляющая сходство или различие объектов (либо ступеней развития одного и того же объекта), т. е. их тождество и различия. Оно имеет смысл только в совокупности однородных предметов, образующих класс. Сравнение предметов в классе осуществляется по признакам, существенным для данного рассмотрения. При этом предметы, которые можно сравнить по одному признаку, бывает невозможно сравнить по другим.

Сравнение является основой такого логического приема, как аналогия, и служит исходным пунктом сравнительно-исторического метода. Его суть – выявление общего и особенного в познании различных ступеней (периодов, фаз) развития одного и того же явления или разных сосуществующих явлений. На практике различают ряд его форм. Например, сравнительно-сопоставительный метод, выявляющий природу разнородных объектов; сравнительно-историко-генетический, показывающий сходство явлений как результат их родства по происхождению; сравнение, фиксирующее взаимовлияния различных объектов и явлений. В прикладных исследованиях сравнительный метод используется в качестве основного при классификации, типологии, оценке, генерализации. Он позволяет разделить общие и отличительные признаки и свойства изучаемых объектов и процессов их развития. Успешное применение сравнительного метода подразумевает унификацию приёмов наблюдения, включая стандартизацию исходных данных и получаемых результатов. Недостатком сравнительного метода является неспособность, в ходе его использования, управлять истинно «независимыми» переменными исследуемого объекта при возможном влиянии, неизвестными способами, этих переменных на значимые показатели, в которых предполагается прямая причинная или сопутствующая связь.

4. Описание – познавательная операция, состоящая в фиксировании результатов опыта (наблюдения или эксперимента) с помощью определенных систем обозначения, принятых в науке.

5. Измерение – совокупность действий, выполняемых при помощи определенных средств с целью нахождения числового значения измеряемой величины в принятых единицах измерения.

Следует подчеркнуть, что методы эмпирического исследования никогда не реализуются «вслепую», а всегда «теоретически нагружены», направляются

определенными концептуальными идеями. Именно на эмпирическом уровне отображаются существенные связи между различными явлениями в окружающей природной среде, определяются их свойства, дается описание в математической и графической форме.

Теоретические методы исследования помогают определить проблему, сформулировать гипотезу, проанализировать собранный материал и сделать грамотные выводы.

К теоретическим методам экологических исследований относятся:

1. Анализ – метод научного исследования, в основе которого лежит принцип разложения целостного объекта на составные части для детального и всестороннего их изучения. В экологических исследованиях анализу подвергается большой объем информации (научная литература, архивные базы данных, экологическая документация, экспериментальные данные и т. д.).

2. Синтез – исследовательский метод, основанный на объединении отдельных частей изучаемого объекта в единую систему (целостный объект).

3. Индукция – движение познания от фактов к утверждениям общего характера.

4. Дедукция – движение мысли от общих утверждений к менее общим, в том числе к утверждениям об отдельных предметах.

*Частные (собственно экологические) методы* – это узконаправленные методы работы специалистов в определенной области знания. Сюда относятся: метод пробных площадок, трансектный метод, метод изъятия, микроскопия, методы изоферментного анализа, рентгеноструктурного анализа, биоморфологического анализа, группового анализа, морфофизиологических индикаторов, интродукционный, индикации загрязнения среды, дистанционного исследования экосистем, атомноадсорбционной спектrophотометрии и т. д.

Частные методы являются методологией конкретного научного направления исследований. Собственно, методы, как часть общей программы исследования, подтверждают либо опровергают то или иное утверждение, предложенную гипотезу. Комплексный и развернутый анализ изучаемого явления возможен с помощью частных методов или частных и общих методов в совокупности.

## **2.2 Комплексный экологический мониторинг как один из главных методов изучения динамики экосистем**

Экологический мониторинг (от лат. «monitor» – предостерегающий, наблюдающий) – это комплексная система наблюдений, оценки, контроля и

прогнозирования состояния окружающей природной среды под воздействием антропогенных процессов.

Целью комплексного экологического мониторинга является аккумуляция информации (сбор, обработка, своевременное представление), что позволяет диагностировать изменения, происходящие в экосистемах, и своевременно определять отклонения от нормального уровня их функционирования. Это постоянная оценка условий среды обитания всего живого.

Задачами мониторинга являются:

- организация и осуществление единой системы сбора и обработки экологической информации;
- отслеживание динамики состояния природных и антропогенных экосистем, а также оценка их фактического состояния;
- наблюдение за источниками и факторами антропогенного воздействия;
- прогноз изменения состояния объектов природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия.

Экологический мониторинг включает в себя следующие практические направления:

1. Наблюдение за источниками загрязнения и негативными факторами, воздействующими на окружающую среду. Такие мероприятия как правило проводятся на конкретных территориях отдельных объектов (предприятия, районы населенных пунктов, участки ландшафтов). Проводится контроль количественного и качественного состава загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах, сбросах, местах хранения отходов.

2. Оценка фактического состояния окружающей среды и уровня ее загрязнения. Такие наблюдения основаны на отслеживании геофизических (природные явления катастрофического характера: вулканы, землетрясения, эрозии, цунами), физико-географических (распределение суши и воды, рельеф, природные ресурсы, народонаселение, урбанизация), геохимических (круговорот веществ, химическое, шумовое загрязнение атмосферы), химических (химический состав атмосферных примесей природного и антропогенного происхождения, осадки, поверхностные и подземные воды, грунт, растения, основные пути распространения загрязнителей), явлений, процессов и изменений с фиксацией соответствующих данных;

3. Наблюдение за состоянием живой составляющей биосферы. Отслеживаются реакции отдельных организмов, популяций или группировок (групп растительных и животных организмов, которые постоянно или временно сосуществуют на определенных территориях). Также наблюдают за функциональными и структурными биологическими особенностями с

приростом биомассы за час времени, скоростью поглощения разных веществ растениями или животными, численностью видов растений и животных, общей биомассой.

4. Наблюдение за реакцией крупных экологических систем (климат, мировой океан, биосфера). Для установления динамики изменений состояния биосферы замеры повторяют через определенные промежутки времени, а важные показатели отслеживают постоянно.

Система наблюдений может основываться на организации замеров в конкретных точках (на станциях) или на обширной территории и получении интегральных показателей. Часто эффективным является комбинированное использование обоих подходов.

5. Прогноз состояния окружающей среды в результате возможных загрязнений и оценка этого состояния.

Система комплексного экологического мониторинга предусматривает:

- выделение объекта наблюдения;
- обследование выделенного объекта наблюдения;
- составление для объекта наблюдения информационной модели;
- планирование измерений;
- оценку состояния объекта наблюдения и идентификацию его информационной модели;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- предоставление информации в удобной для использования форме и доведение ее до потребителя.

В зависимости от объекта наблюдений выделяют различные виды мониторинга: атмосферный, воздушный, водный, почвенный, климатический, растительности, животного мира, здоровья населения и т. п.

Правильный подбор показателей и точное определение их критических значений в сочетании с оптимальным временным регламентом мониторинга, позволят своевременно выполнить защитные или профилактические мероприятия.

### **2.3 Методы полевых экологических исследований. Общие принципы полевых исследований в экологии**

Полевые методы предполагают изучение экологических явлений непосредственно в природе. Они помогают установить взаимосвязи организмов, видов и сообществ со средой, выяснить общую картину развития и жизнедеятельности биосистем.

Полевые методы исследования для эколога имеют первостепенное значение, поскольку:

- обеспечивают возможность изучения свойств живых организмов, популяций, сообществ и биосферы в природной среде;
- позволяют обнаружить взаимосвязи организмов, видов и сообществ как со средой, так и между собой;
- определить адаптации живого к окружающей среде;
- установить общую картину развития природы в конкретных условиях того или иного региона;
- выяснить комплекс факторов и их воздействие в природной обстановке;
- изучать экологические явления непосредственно в природной среде.

При проведении полевых экологических исследований наиболее часто используемыми являются методы физиологии, биохимии, анатомии, систематики и других наук. Экологические исследования имеют тесную связь с физиологическими. Экология, используя физиологические методы, рассматривает реакции организма как единого целого на влияние внешних факторов, то есть на совместное воздействие этих факторов при строгом учете сезонной цикличности жизнедеятельности организма и внутривидовой разнообразности.

В качестве примера можно привести леса на склонах разных экспозиций, на разных почвах, на разных географических широтах. Или водные экосистемы на разной глубине в одном и том же море, на одной глубине в южных и северных морях. Все они, несмотря на различия, развиваются по одним и тем же законам, под влиянием комплекса факторов, но значения этих факторов разные и зависят от местоположения объекта исследований. Однако в полевых исследованиях очень сложно выявить роль одного фактора, как биотического (конкуренции, аллелопатии, плодородия почв), так и абиотического (тепло, влаги, света, засоления, кислотности почв).

Во время полевых исследований определяют распространение, численность и качество вида, популяции, биоценоза, экосистемы, озер, рек и других объектов.

Проводят исследования по влиянию абиотических, биотических, антропогенных факторов на организмы. Сбор материалов проводится длительно, в любое время года, охватывает все географические природные зоны.

Данные полевых опытов обрабатываются в лабораторных условиях. Лаборатории должны соответствовать международным стандартам и

оснащены современным оборудованием: климат-камерами, видеоаппаратурой, оптическими приборами, аналитическими весами, топографическими приборами, термостатами, хроматографией, электронными машинами, микроскопами, компьютерами.

Полевые опыты полностью не раскрывают содержания научной работы. Только на основе лабораторных опытов определяются способность организмов к размножению, половые и возрастные особенности. Кроме того, изучение поведения организмов, уровня загрязнения воздуха, воды, почвы требует экспериментального подтверждения. Поэтому наблюдения за объектами исследований ведутся в лабораторных условиях методом постановки лабораторного опыта. На основе сравнения результатов полевых и лабораторных опытов обосновывается их научное и практическое значение.

#### **2.4 Разнообразие полевых методов экологических исследований**

В настоящее время существует и активно используется в экологических исследованиях большое разнообразие полевых методов. В зависимости от специфики исследований в экологии наиболее распространены следующие:

1. *Маршрутный* метод – широко используется при проведении крупномасштабных полевых исследований, а также при изучении и картировании почв, растительности, рельефа, горных пород и гидрогеографических показателей. Используются главным образом для поиска и определения местонахождения экологических объектов (например, присутствие тех или иных жизненных форм организмов, экологических групп, фитоценозов, охраняемых видов, комплекса факторов среды и т. п.), их разнообразия и встречаемости на исследуемой территории.

Маршруты при геолого-экологическом картировании прокладываются по результатам анализа аэрокосмических, геологических, геохимических и других материалов.

Во время маршрутов определяется состояние геологической среды, ландшафтно-индикационные исследования, в процессе которых выявляются антропогенные индикаторы и нарушенные индикационные связи между различными компонентами ландшафта под воздействием техногенеза. Также обследуются ключевые участки интенсивного воздействия техногенных объектов на геологическую среду.

Маршруты в ненарушенных (естественных) условиях проходят от водораздела к дрене бассейна местного стока и вдоль дрены. Участки с повышенной концентрацией загрязняющих веществ должны пересекаться маршрутами. В маршрутах проводится дешифрирование аэроснимков,

радиометрические наблюдения, отбираются пробы для геохимических анализов, отмечаются аномалии растительности.

В нарушенных условиях дополнительно прокладываются маршруты от источника загрязнения по направлению предполагаемого простираания ареала загрязнения с учетом розы ветров и направления потока грунтовых вод. Помимо работ, перечисленных выше, отмечаются нарушения рельефа: просадки, оврагообразование, оползни, обвалы, сели, свалки и т. д. На участках сброса загрязненных вод, на действующих водозаборах, каналах и других техногенных объектах отбираются пробы воды для определения тяжелых металлов и радиоактивных элементов.

Маршрутные исследования могут быть двух видов: системные – предполагают изучение всей площади и рекогносцировочные – когда изучают только часть площади (до 20 %). В последнем случае предварительно дешифруют картографическую основу и намечают вероятные рабочие маршруты. При этом необходимо получить как можно больше информации об объекте исследования. Для этого маршрутами охватывают междуречья, речные долины, понижения, террасы и поймы рек, склоны и водоразделы. Анализируют закономерности функционирования и эволюции ландшафтов.

**2. Стационарный** метод – это метод длительного наблюдения за одними и теми же природными объектами, требующими их неоднократных описаний, измерений. Сюда относят наблюдения сезонного, круглогодичного или многолетнего характера. Описание и наблюдения широко применяются в стационарных исследованиях при регистрации основных особенностей изучаемых объектов, прямом наблюдении, выявлении факторов воздействия, картировании экологических явлений, инвентаризации ценных природных объектов.

Например, в стационарном исследовании растительного покрова после осмотра всего участка намечают места «пробных площадок» для более детального исследования его свойств. На таких площадках проводится тщательное описание местообитания, учитывается видовой состав, возраст растений и их фенологическое состояние (или осуществляется сбор другого фактического материала, например, о присутствии животных и их деятельности на данной территории).

Также в условиях городской среды часто устанавливают стационарные посты наблюдений – это специально оборудованные павильоны, в которых размещена аппаратура, необходимая для регистрации концентраций загрязняющих веществ и метеорологических параметров по установленной программе. Из числа стационарных постов выделяются опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных или наиболее распространенных

загрязняющих веществ. Место для установки стационарного поста выбирается, как правило, с учетом метеорологических условий формирования уровней загрязнения атмосферного воздуха. При этом заранее определяется круг задач: оценка средней месячной, сезонной, годовой и максимальной разовой концентраций, вероятности возникновения концентраций, превышающих ПДК, и др.

Перед установкой поста анализируют:

- расчетные поля концентраций по всем ингредиентам от совокупности выбросов всех стационарных и передвижных источников;
- особенности застройки и рельефа местности;
- перспективы развития жилой застройки и расширения предприятий промышленности, энергетики, коммунального хозяйства, транспорта и других отраслей городского хозяйства;
- функциональные особенности выбранной зоны;
- плотность населения;
- метеорологические условия данной местности и др.

Пост должен находиться вне аэродинамической тени зданий и зоны зеленых насаждений, его территория должна хорошо проветриваться, не подвергаться влиянию близкорасположенных низких источников (стоянок автомашин, мелких предприятий с низкими выбросами т. п.). Количество стационарных постов в каком-либо городе (населенном пункте) определяется численностью населения, рельефом местности, особенностями промышленности, функциональной структурой (жилая, промышленная, зеленая зона и т. д.), пространственной и временной изменчивостью полей концентраций вредных веществ.

Для населенных пунктов со сложным рельефом и большим числом источников рекомендуется устанавливать один пост на каждые 5–10 км<sup>2</sup>. Чтобы информация о загрязнении воздуха учитывала особенности города, рекомендуется ставить посты наблюдений в различных функциональных зонах – жилой, промышленной и предназначенной для отдыха. В городах с большой интенсивностью движения автотранспорта посты устанавливаются также и вблизи автомагистралей.

3. **Метод ключевых участков** – представляет собой оценку состава, структуры и продуктивности фитоценоза или популяции растений с использованием ключевых участков как минимальных единиц экстраполяции. Метод применяют при геоботанических исследованиях.

Ключевые участки – это площади, которые служат эталоном конкретного типа фитоценоза или популяции определенного вида растений. Размеры ключевого участка (или площадь выявления) могут быть различными: в

степной зоне от 2 до 5 м<sup>2</sup>, в тайге от 0,5 до 0,75 га. Следует помнить, что чем больше участок, тем больше неоднородность растительного покрова. Ключевые участки закладывают строго систематически, намечая их расположение по картографическим материалам или непосредственно на местности.

В тех случаях, когда участок однороден по растительному составу, исчезает необходимость определять долю площади, занятой конкретной растительностью. В этом случае через ключевой участок прокладывают несколько трансект, на которых проводят исследования состава, структуры и продуктивности фитоценоза или популяции растений.

В тех случаях, когда площадь ключевого участка неоднородна по растительному покрову, следует определить долю площади, занятой изучаемыми объектами на ключевом участке. Для этого через ключевой участок прокладывают несколько маршрутных ходов, на которых отмечают протяженность изучаемых растительных группировок, затем рассчитывают процент площади, занятой ими. Эти данные имеют большое значение, например, для прогнозирования урожайности на единицу площади.

4. **Метод трансект** – разработан Теетцманом в 1845 г. для изучения климатических, геоморфологических, почвенных, биотических и др. природных характеристик на трансектах. Трансекты – это воображаемые линии, пересекающиеся ландшафты или их комплексы в заданном направлении. Трансектный метод позволяет оценить в вертикальной и горизонтальной плоскостях пространственные взаимосвязи различных компонентов и морфологических элементов ландшафта, которые отражают качественную и количественную характеристику местоположений видов и сообществ. Также трансектный метод используют для выявления закономерностей распределения популяций в градиентах экологических факторов. Точки наблюдения на трансектах располагаются в наиболее характерных местах, репрезентативных для исследуемых территорий или их определенных участков.

Трансекты бывают нескольких типов. Выбор типа трансекты зависит от качественного и количественного характера исследования, от требуемой степени точности, особенностей биоты, размеров обследуемой территории и продолжительности исследования.

Линейная трансекта используется для сбора образцов на однородной площади. Такие трансекты закладывают также в пределах исследуемой территории, когда наблюдается четкий переход одних популяций и местообитаний в другие. Сущность метода – натягивание между двумя кольшками веревки, показывающей положение трансекты; сбор образцов или исследование ведется только в местах соприкосновения с линией трансекты.

Ленточная трансекта используется с целью получения более достоверных (качественных и количественных) данных. При закладке такой трансекты через изучаемое местообитание прокладывается полоса определенной ширины (0,5–1 м), образуемая двумя параллельными линейными трансектами, между которыми производится учет видов. Часто для сбора данных в пределах такой трансекты удобнее использовать линейную трансекту и квадратную раму. При анализе и обобщении данных на схеме вычерчиваются изменения высоты и других параметров вдоль трансекты.

Недостаток сплошного ленточного трансекта – трудоемкость сбора информации, зачастую связанная с ее избыточностью, поэтому часто применяют метод пунктирной трансекты, закладывая вдоль прямой линии (градиента среды) площадки (например, размером 1 × 1 м) на некотором расстоянии друг от друга и ведя учет только на них.

**5. Метод эталонов** – представляет собой модификацию метода «ключевых участков». Его часто применяют для биогеохимических поисков полезных ископаемых в ландшафтах с аллювиальными, золовыми и ледниковыми типами отложений. «Ключевые участки» закладывают в тех точках, где искомым индикатор заведомо присутствует. Эти ключевые участки называют эталонами. В этих точках осуществляют подробные описания растительности и путем их сравнения выявляются те повторяющиеся черты растительного покрова, которые сопряжены с индикатором.

Существует два случая выбора эталонных участков:

- 1) в местах, где заранее известны и определены условия, для которых необходимо установить растительные индикаторы (участки 1-го рода);
- 2) выбор участка осуществляется по характеру растительного покрова, т. е. выбирается типичный участок какого-либо сообщества, индикационные значения которого следует установить (участки 2-го рода).

Эталонные участки 1-го рода применяются в тех случаях, когда необходимо выявить виды или сообщества, являющиеся индикаторами объекта, который встречается эпизодически в исследуемом районе. Размеры таких участков чаще всего обуславливаются естественными границами, но при значительных площадях, выделяются и описываются наиболее типичные площади размером 100 м<sup>2</sup>.

Эталонные участки 2-го рода чаще используются для выявления связи растительности с таким объектом, который в данном районе является сплошным и повсеместным. Размеры таких участков в травянистых сообществах составляют 100 м<sup>2</sup>, а в лесных 250 м<sup>2</sup>.

Метод эталонов требует детального описания растительности с учетом фенологических явлений и морфологических аномалий. При данном методе отбор проб растений проводят по элементарным геохимическим ландшафтам.

В процесс пробоподготовки растения озоляют и растворяют в кислотах и спектральным методом определяют содержание химических элементов. Полученные результаты используют для расчета коэффициентов биологического поглощения.

**6. Метод ординации** – представляет собой упорядочение видов или сообществ в виде рядов вдоль осей, отражающих изменения определенных экологических факторов. Позволяет достаточно точно проследить воздействие внешних факторов на живые объекты.

Методы ординации делятся на прямые, когда ординация ведется по реальным факторам среды (экологическим, пространственным, временным) и непрямые, когда упорядочение объектов происходит вдоль направления изменения сходства между описаниями. Также выделяют одномерные (ординация вдоль одного фактора или одной оси) и многомерные (вдоль нескольких факторов или осей).

Для правильного проведения исследований все экологические факторы должны быть ранжированы в определенной последовательности с учетом их важности для размещения видов. Сначала выбирают фактор, наиболее важный, и подбирают списки видов, соответствующие крайним местообитаниям в экологическом ряду данного фактора, например, наиболее засушливых и увлажненных местообитаний. Между этими крайними списками располагают все промежуточные описания в порядке, отвечающем количественному изменению фактора. После ранжирования по наиболее важному фактору повторяют эту процедуру для того фактора, который занимает второе место по влиянию на растительность. Далее надо охватить весь круг других факторов, действующих на растительный покров.

Примером прямой одномерной ординации являются эдафо-фитоценоотические ряды, разработанные В. Н. Сукачевым. Фитоценоотический ряд показывает, как ассоциации или группы ассоциаций последовательно располагаются в зависимости от изменения какого-либо фактора. В природе ассоциации или группы ассоциаций, образующие эдафо-фитоценоотический ряд, могут встречаться на разобщенных участках территории.

Несмотря на широкое использование метод не лишен недостатков, к которым можно отнести следующие: не учитывается существование сообществ, ранжирование некоторых факторов проводят качественно, без количественных оценок, а также достаточно субъективно.

**7. Метод градиентного анализа** – используется для оценки связи растительного покрова со средой в наиболее строгом статистическом оформлении. Изменение фактора в ходе ординации анализируют не качественно, а путем конкретных измерений аналитических сигналов изучаемых образцов. По результатам выделяют индикаторные группы видов,

в которые включаются лишь те, которые в ходе градиентного анализа обнаружили наибольшую экологическую информативность.

Этот метод позволяет более точно выявить группы – индикаторы, однако не лишен недостатков. К которым можно отнести: необходимость набора огромного числа описаний, некоторый отрыв набора пробных площадей от аэрофотоизображений местности. Исследовать роль конкретного фактора можно при постановке эксперимента в полевых или лабораторных условиях.

Правильно организованные исследования с грамотным подбором методологии их проведения дают надежный фактический материал не только в виде качественных характеристик, но и с количественными показателями, что является очень важным для понимания направленности и скорости протекания изучаемых процессов и для выработки эффективных рациональных мер в сфере природопользования и охраны окружающей среды. Это позволяет получить информацию о состоянии, структуре и динамике конкретного ландшафта и его компонентах (почвы, растительности, природных водах, почвообразующих и подстилающих породах).

## **2.5 Общая характеристика лабораторных методов экологических исследований**

Лабораторные методы экологических исследований позволяют более подробно изучить влияние различных факторов на исследуемый объект. В лабораторных условиях возможно максимально точно провести детальные исследования и выявить отдельные свойства, процессы, взаимосвязи и т. д.

Данный метод широко применяется в комплексе с полевыми методами исследований. Однако, все результаты, полученные в ходе лабораторного исследования, должны быть опробированы в условиях окружающей среды. Это связано с тем, что при проведении лабораторного эксперимента невозможно учесть весь комплекс факторов и точно предугадать как поведет себя изучаемый объект в естественной среде.

Суть лабораторных методов сводится к возможности изучать влияние комплекса факторов моделированной в лабораторных условиях среды на естественные или моделированные биологические системы и получать приблизительные результаты. Экологи в лабораторных исследованиях часто применяют метод моделирования, что позволяет получать интересные результаты.

В лабораторных экспериментах можно обеспечить контроль большого числа факторов, исключив воздействие неконтролируемых. Классической схемой проведения лабораторных опытов является однофакторный эксперимент, когда изучается влияние избранного фактора при

зафиксированных значениях всех остальных. Однако при изучении биологических объектов (в отличие от физических) однофакторный эксперимент малоэффективен, так как поведение биосистем сложно спрогнозировать, оно зависит от комплекса факторов. Поэтому лишь многофакторные эксперименты с предварительным планированием могут дать удовлетворительные результаты в экологии.

Меняя условия опыта, в лаборатории можно достичь заранее запрограммированного результата. Так, можно получить самые разные значения допустимых концентраций токсичных веществ в воде, если варьировать условия содержания организмов, на которых проводятся опыты. Влияние тех же веществ на те же организмы и в тех же дозах в естественных условиях водоема будет отличаться от полученных в лабораторных условиях. Поэтому в экологии лабораторные эксперименты играют вспомогательную роль.

## **2.6 Методология экологического эксперимента**

Эксперимент – это метод эмпирического исследования, включающий активное и целенаправленное вмешательство в протекание изучаемого процесса, соответствующее изменение объекта или его воспроизведение в специально созданных и контролируемых условиях.

Цель экологического эксперимента – выявление причин наблюдаемых в природе взаимосвязей. Экологический эксперимент носит аналитический характер. С помощью эксперимента ученые могут проанализировать какое воздействие на организм оказывают отпрядённые факторы в искусственно созданных условиях.

В основе любого эксперимента лежит научная идея, гипотеза или предположение. Объект в эксперименте или воспроизводится искусственно, или ставится в заданные условия, которые отвечают целям исследования. Конкретные условия эксперимента не только задаются, но и контролируются, модернизируются, многократно воспроизводятся и изменяются. В ходе эксперимента объект изучения изолируется от посторонних влияний.

Недостатком эксперимента является отсутствие возможности смоделировать все природные факторы, влияющие на объект исследования. В экологическом эксперименте можно детально изучить единичные факторы. Среди особенностей эксперимента выделяют следующие: 1) эксперимент может повторяться несколько раз; 2) некоторые свойства у объектов появляются только в экспериментальных условиях, но отсутствуют в живой природе; 3) возможность изменения и регулирования условий эксперимента.

Эксперимент включает пять последовательных стадий:

1. Гипотеза – обладает первоочередной важностью и должна быть качественной и осознанной, в ходе эксперимента правильная гипотеза очень важна иначе весь ход эксперимента будет терять смысл.

2. Планирование эксперимента – это логическая структура исследования. План включает в себя все процедуры и действия, которые будут совершаться над объектом эксперимента.

Полное описание целей эксперимента должно включать спецификацию природы используемых экспериментальных единиц, число и характер применяемых воздействий, а также свойства или отклики, которые предполагается измерять. При этом определяется число повторностей, устанавливается их физическое расположение, а также частота или временная периодичность, с которой реализуются воздействия и осуществляются измерения контролируемых факторов.

3. Реализация эксперимента – это весь комплекс процедур и операций, в отношении которых осуществлялось планирование. Успешность реализации зависит от опыта экспериментатора, его проницательности, рассудительности и технических навыков.

Непосредственной задачей исследователя является четкое и грамотное выполнение технических операций эксперимента. Это позволяет избежать систематических ошибок и минимизировать случайные ошибки. Если изучается влияние хищника, охотящегося в приливной зоне, то расположение клеток, блокирующих хищника, не должно иметь прямого влияния на поведение экосистемы, за исключением самого хищника. Если изучается влияние питательных веществ на биомассу зоопланктона в пруду, то отбор проб должен выполняться посредством устройства, производительность которого не зависит от обилия зоопланктона.

Систематические ошибки, допущенные как в распределении воздействий, так и в процедурах измерения или отбора проб, делают эксперимент некорректным, а его выводы неубедительными.

Субъективным образом также решается вопрос о том, какова допустимая или желательная изначальная гетерогенность между экспериментальными единицами и в какой степени следует регулировать условия среды в ходе эксперимента. Эти обстоятельства влияют на величину случайных ошибок и потому – на оценку чувствительности изучаемых объектов по отношению к воздействию. Они также влияют на конкретную интерпретацию результатов, хотя сами по себе цели исследования не определяют.

4. Статистический анализ – математическая обработка данных, их систематизация, наглядное представление в виде таблиц и графиков, а также количественное описание результатов исследований с помощью системы статистических показателей.

5. Интерпретация результатов – системная процедура объяснения результатов исследования на основе теоретической модели и систематизации результатов качественного и количественного анализа исследуемого объекта.

Экспериментальные методы позволяют проанализировать влияние на развитие организма отдельных факторов в искусственно созданных условиях и, таким образом, изучить все разнообразие экологических механизмов, обуславливающих его нормальную жизнедеятельность. На основе результатов аналитического эксперимента можно организовать новые полевые наблюдения или лабораторные эксперименты.