

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «лесоводства и лесопаркового хозяйства»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.05.01 - Биоиндикация антропогенного воздействия на лесные
экосистемы**

Направление подготовки 35.03.01 – Лесное дело

Профиль образовательной программы Лесное хозяйство

Форма обучения заочная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	3
1.1 Лекция 1 Закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы: правило «оптимума». Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий.....	
1.2 Лекция 2 Биондикация загрязнения состояния окружающей среды	
2. Методические указания по выполнению практических занятий.....	47
2.1. Лабораторная работа № 1 (ЛР-1) Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий.....	
2.2. Лабораторная работа № 2 (ЛР-2) Биоиндикация на организменном уровне.....	
2.3. Лабораторная работа № 3 (ЛР-3) Популяционный и экосистемный уровни. Фитоиндикация почвенных условий	
2.4. Лабораторная работа № 4 (ЛР-4) Индикация загрязнений окружающей среды методами биологического тестирования.....	

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1. Лекция № 1 (2 часа)

Тема: «Закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы: правило «оптимума». Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий»

1.1.1. Вопросы лекции:

1. Экологические факторы
2. Влияние экологических факторов
3. Правило «оптимума»
4. Высшие растения
5. Сообщества высших растений
6. Индикаторы экологических условий

1.1.2. Краткое содержание вопросов

1. Экологические факторы

Отдельные компоненты среды обитания, воздействующие на живые организмы, на которые они реагируют приспособительными реакциями (адаптациями), называются факторами среды, или экологическими факторами. Иначе говоря, комплекс окружающих условий, влияющих на жизнедеятельность организмов, носит название экологические факторы среды.

Все экологические факторы делят на группы:

1. Абиотические факторы включают компоненты и явления неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы. Среди множества абиотических факторов главную роль играют:

-климатические (солнечная радиация, свет и световой режим, температура, влажность, атмосферные осадки, ветер, атмосферное давление и др.);

-эдафические (механическая структура и химический состав почвы, влагоемкость, водный, воздушный и тепловой режим почвы, кислотность, влажность, газовый состав, уровень грунтовых вод и др.);

-орографические (рельеф, экспозиция склона, крутизна склона, перепад высот, высота над уровнем моря);

-гидрографические (прозрачность воды, текучесть, проточность, температура, кислотность, газовый состав, содержание минеральных и органических веществ и др.);

-химические (газовый состав атмосферы, солевой состав воды);

-пирогенные (воздействие огня).

2. Биотические факторы — совокупность взаимоотношений живых организмов, а также их взаимовлияний на среду обитания. Действие биотических факторов может быть не только непосредственным, но и косвенным, выражаясь в корректировке абиотических факторов (например, изменение состава почвы, микроклимата под пологом леса и т.д.). К биотическим факторам относятся:

-фитогенные (влияние растений друг на друга и на окружающую среду);

-зоогенные (влияние животных друг на друга и на окружающую среду).

3. Антропогенные факторы отражают интенсивное влияние человека (непосредственно) или человеческой деятельности (опосредованно) на окружающую среду и живые организмы. К таким факторам относятся все формы деятельности человека и человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания и других видов и непосредственно сказываются на их жизни. Каждый живой организм испытывает влияние неживой природы, организмов других видов, в том числе человека, и в свою очередь оказывает воздействие на каждую из этих составляющих.

Влияние антропогенных факторов в природе может быть как сознательным, так и случайным, или неосознанным. Человек, распахивая целинные и залежные земли, создает сельскохозяйственные угодья, выводит высокопродуктивные и устойчивые к заболеваниям формы, расселяет одни виды и уничтожает другие. Эти воздействия (сознательные) часто носят отрицательный характер, например необдуманное расселение многих животных, растений, микроорганизмов, хищническое уничтожение целого ряда видов, загрязнение среды и др.

К случайным относятся воздействия, которые происходят в природе под влиянием деятельности человека, но не были заранее предусмотрены и запланированы им: распространение вредителей, паразитов, случайный завоз различных организмов с грузом, непредвиденные последствия, вызванные сознательными действиями в природе, например осушением болот, постройкой плотин, распашкой целины и др.

Биотические факторы среды проявляются через взаимоотношения организмов, входящих в одно сообщество. В природе многие виды тесно взаимосвязаны, их отношения друг с другом как компонентами окружающей среды могут носить чрезвычайно сложный характер. Что касается связей между сообществом и окружающей неорганической средой, то они всегда являются двусторонними, обоюдными. Так, характер леса зависит от соответствующего типа почв, но сама почва в значительной мере формируется под влиянием леса. Подобно этому температура, влажность и освещенность в лесу

определяются растительностью, но сформировавшиеся климатические условия в свою очередь влияют на сообщество обитающих в лесу организмов.

2. Влияние экологических факторов

Экологический фактор - это любой элемент среды, способный оказывать прямое или косвенное влияние на живые организмы хотя бы на протяжении одной из фаз их индивидуального развития.

Любой организм в окружающей среде подвергается воздействию огромного числа экологических факторов. Наиболее традиционной классификацией экологических факторов является их деление на абиотические, биотические и антропогенные. Абиотические факторы - это комплекс условий окружающей среды, влияющих на живой организм (температура, давление, радиационный фон, освещённость, влажность, долгота дня, состав атмосферы, почвы и др.). Эти факторы могут влиять на организм прямо (непосредственно), как СВЕТ и тепло, либо косвенно, как, например, рельеф местности, который обуславливает действие прямых факторов (освещенности, увлажнения ветра и т.д.).

Биотические факторы - это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие (конкуренция, хищничество, паразитизм и др.). Биотические взаимоотношения имеют чрезвычайно сложный и своеобразный характер и также могут быть прямыми и косвенными.

Антропогенные факторы - это совокупность влияний деятельности человека на окружающую среду (выбросы вредных веществ, разрушение почвенного слоя, нарушение природных ландшафтов). Одним из наиболее важных антропогенных факторов является загрязнение.

Условия среды

Условиями среды, или экологическими условиями, называют изменяющиеся во времени и пространстве абиотические факторы среды, на которые организмы реагируют по-разному в зависимости от их силы. Условия среды налагают определенные ограничения на организмы. Количеством света, проникающим через толщу воды, ограничивается жизнь зеленых растений в водоемах. Обилием кислорода ограничивается число воздуходышащих животных. Температурой определяется активность и контролируется размножение многих организмов.

К наиболее важным факторам, определяющим условия существования организмов, практически во всех средах жизни относятся температура, влажность и свет.

Температура

Любой организм способен жить только в пределах определенного интервала температур: особи вида погибают при слишком высоких либо слишком низких температурах. Где-то внутри этого интервала температурные условия наиболее благоприятны для существования данного организма, его жизненные функции осуществляются наиболее активно. По мере того как температура приближается к границам интервала, скорость жизненных процессов замедляется и, наконец, они вовсе прекращаются - организм погибает.

Пределы температурной выносливости у разных организмов различны. Существуют виды, способные выносить колебания температуры в широких пределах. Например, лишайники и многие бактерии способны жить при самой различной температуре. Среди животных наибольшим диапазоном температурной выносливости характеризуются теплокровные. Тигр, например, одинаково хорошо переносит как сибирский холод, так и жару тропических областей Индии или Малайского архипелага. Но есть и такие виды, которые могут жить только в более или менее узких температурных пределах. Сюда относятся многие тропические растения, как, например, орхидеи. В умеренном поясе они могут произрастать только в теплицах и требуют тщательного ухода. Некоторые кораллы, образующие рифы, могут жить только в морях, где температура воды не ниже 21 °C. Однако кораллы отмирают и когда вода сильно перегревается.

В наземно-воздушной среде и даже во многих участках водной среды температура не остается постоянной и может сильно варьировать в зависимости от сезона года или от времени суток. В тропических областях годовые колебания температуры могут быть даже менее заметны, чем суточные. И, наоборот, в умеренных областях температура значительно различается в разные времена года. Животные и растения вынуждены приспосабливаться к неблагоприятному, зимнему сезону, в течение которого активная жизнь затруднена или просто невозможна. В тропических областях такие приспособления выражены слабее. В холодном периоде с неблагоприятными температурными условиями в жизни многих организмов как бы наступает пауза: спячка у млекопитающих, сбрасывание листвы у растений и т. д. Некоторые животные совершают длительные миграции в места с более подходящим климатом.

На примере температуры видно, что этот фактор переносится организмом лишь в определённых пределах. Организм погибает, если температура среды слишком низкая или слишком высокая. В среде, где температура близка к этим крайним значениям, живые обитатели встречаются редко. Однако их число увеличивается по мере того, как

температура приближается к среднему значению, которое является наилучшим (оптимальным) для данного вида.

Влажность

На протяжении большей части своей истории живая природа была представлена исключительно водными формами организмов. Завоевав сушу, они, тем не менее, не утратили зависимости от воды. Вода является составной частью значительного большинства живых существ: она необходима для их нормального функционирования. Нормально развивающийся организм постоянно теряет воду и поэтому не может жить в абсолютно сухом воздухе. Рано или поздно такие потери могут привести к гибели организма.

В физике влажность измеряется количеством водяных паров в воздухе. Однако наиболее простым и удобным показателем, характеризующим влажность той или иной местности, является количество осадков, выпадающих здесь за год или иной период времени. Растения извлекают воду из почвы при помощи корней. Лишайники могут улавливать водяной пар из воздуха. Растения обладают рядом приспособлений, обеспечивающих минимальную потерю воды. Все сухопутные животные для компенсации неизбежной потери воды за счет испарения или выделения нуждаются в ее периодическом поступлении. Многие животные пьют воду; другие, например амфибии, некоторые насекомые и клещи, через покровы тела всасывают её в жидком или парообразном состоянии. Большая часть животных пустынь никогда не пьет. Они удовлетворяют свои потребности за счет воды, поступающей с пищей. Наконец, есть животные, получающие воду еще более сложным путем в процессе окисления жиров. Примерами могут служить верблюды и некоторые виды насекомых, например рисовый и амбарный долгоносики, платяная моль, питающиеся жиром. У животных, как и у растений, существует множество приспособлений для экономии расходов воды.

Свет

Для животных свет как экологический фактор имеет несравненно меньшее значение, чем температура и влажность. Но свет совершенно необходим живой природе, поскольку служит для нее практически единственным источником энергии.

С давних пор отличают светлюбивые растения, которые способны развиваться только под солнечными лучами, и растения теневыносливые, которые способны хорошо расти под пологом леса. Большую часть подлеска в буковом лесу, отличающемся особой тенистостью, образуют теневыносливые растения. Это имеет большое практическое значение для естественного возобновления древостоя: молодая поросль многих древесных пород способна развиваться под прикрытием больших деревьев. У многих животных

нормальные условия освещенности проявляются в положительной или отрицательной реакции на свет.

Однако наибольшее экологическое значение свет имеет в смене дня и ночи. Многие животные ведут исключительно дневной образ жизни (большинство воробьиных), другие - исключительно ночной (многие мелкие грызуны, летучие мыши). Мелкие рачки, парящие в толще воды, держатся ночью в поверхностных водах, а днем опускаются на глубину, избегая слишком яркого света.

По сравнению с температурой или влажностью свет почти не оказывает непосредственного влияния на животных. Он служит лишь сигналом к перестройке протекающих в организме процессов, что позволяет им наилучшим образом отвечать на происходящие изменения внешних условий.

Перечисленными выше факторами вовсе не исчерпывается набор экологических условий, определяющих жизнь и распространение организмов. Важное значение имеют так называемые вторичные климатические факторы, например, ветер, атмосферное давление, высота над уровнем моря. Ветер обладает косвенным действием: усиливая испарение, увеличивая сухость. Сильный ветер способствует охлаждению. Это действие оказывается важным в холодных местах, на высокогорьях или в полярных областях.

Фактор тепла (температурные условия) существенно зависит от климата и от микроклимата фитоценоза, однако не меньшую роль играют орография и характер поверхности почвы; фактор влажности (вода) также в первую очередь зависит от климата и микроклимата (осадки, относительная влажность и т. д.), однако орография и биотические воздействия играют не меньшую роль; в действии светового фактора главную роль играет климат, но не меньшее значение имеют орография (например, экспозиция склона) и биотические факторы (например, затенение). Свойства почвы здесь уже почти несущественны; химизм (включая кислород) прежде всего, зависит от почвы, а также от биотического фактора (почвенные микроорганизмы и т. д.), однако и климатическое состояние атмосферы тоже немаловажно; наконец, механические факторы в первую очередь зависят от биотических (вытаптывание, сенокошение и пр.), но здесь определенное значение имеют орография (падение склона) и климатические воздействия (например град, снег и т. д.).

По способу действия экологические факторы можно подразделить на прямодействующие (т. е. непосредственно на организм) и косвенно действующие (влияющие на другие факторы). Но один и тот же фактор в одних условиях может быть прямодействующим, а в других — косвенно действующим. Причем иногда косвенно действующие факторы могут иметь очень большое (определяющее) значение, меняя

совокупное действие других, прямодействующих, факторов (например геологическое строение, высота над уровнем моря, экспозиция склона и т. д.).

Приведем еще один несколько типов классификации экологических факторов:

1. Постоянные факторы (факторы, не меняются) — солнечная радиация, состав атмосферы, сила тяжести и т.д.

2. Факторы, которые меняются. Они подразделяются на периодические (температура — сезонная, суточная, ежегодная; приливы и отливы, освещение, влажность) и непериодические (ветер, пожар, гроза, все формы человеческой деятельности).

Классификация по расходованию:

- Ресурсы — элементы среды, которые организм потребляет, уменьшая их запас в среде (вода, CO₂, O₂, свет);

- Условия — не расходуемые организмом элементы среды (температура, движение воздуха, кислотность почвы).

Классификация по направленности:

- Векторизованные — направленно изменяющиеся факторы: заболачивание, засоление почвы;

- Многолетние-циклические — с чередованием многолетних периодов усиления и ослабления фактора, например изменение климата в связи с 11-летним солнечным циклом;

- Осцилляторные (импульсные, флуктуационные) — колебания в обе стороны от некоего среднего значения (суточные колебания температуры воздуха, изменение среднемесячной суммы осадков в течение года).

По периодичности делятся на:

- периодические (регулярно повторяются): первичные и вторичные;

- непериодические (возникают неожиданно).

Экологические факторы среды

Экологические факторы — это комплекс окружающих условий, воздействующих на живые организмы. Различают факторы неживой природы — абиотические (климатические, эдафические, орографические, гидрографические, химические, пирогенные), факторы живой природы — биотические (фитогенные и зоогенные) и факторы антропогенные (воздействие человеческой деятельности). К лимитирующим относятся любые факторы, ограничивающие рост и развитие организмов. Приспособление организма к среде обитания называется адаптацией. Внешний облик организма, отражающий его приспособленность к условиям среды, называется жизненной формой.

Понятие об экологических факторах среды, их классификация

Отдельные компоненты среды обитания, воздействующие на живые организмы, на которые они реагируют приспособительными реакциями (адаптациями), называются факторами среды, или экологическими факторами. Иначе говоря, комплекс окружающих условий, влияющих на жизнедеятельность организмов, носит название экологические факторы среды.

Все экологические факторы делят на группы:

1. Абиотические факторы включают компоненты и явления неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы.

Среди множества абиотических факторов главную роль играют:

- климатические (солнечная радиация, свет и световой режим, температура, влажность, атмосферные осадки, ветер, атмосферное давление и др.);
- эдафические (механическая структура и химический состав почвы, влагоемкость, водный, воздушный и тепловой режим почвы, кислотность, влажность, газовый состав, уровень грунтовых вод и др.);
- орографические (рельеф, экспозиция склона, крутизна склона, перепад высот, высота над уровнем моря);
- гидрографические (прозрачность воды, текучесть, проточность, температура, кислотность, газовый состав, содержание минеральных и органических веществ и др.);
- химические (газовый состав атмосферы, солевой состав воды);
- пирогенные (воздействие огня).

2. Биотические факторы — совокупность взаимоотношений живых организмов, а также их взаимовлияний на среду обитания. Действие биотических факторов может быть не только непосредственным, но и косвенным, выражаясь в корректировке абиотических факторов (например, изменение состава почвы, микроклимата под пологом леса и т.д.).

К биотическим факторам относятся:

- фитогенные (влияние растений друг на друга и на окружающую среду);
- зоогенные (влияние животных друг на друга и на окружающую среду).

3. Антропогенные факторы отражают интенсивное влияние человека (непосредственно) или человеческой деятельности (опосредованно) на окружающую среду и живые организмы. К таким факторам относятся все формы деятельности человека и человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания и других видов и непосредственно сказываются на их жизни. Каждый живой организм

испытывает влияние неживой природы, организмов других видов, в том числе человека, и в свою очередь оказывает воздействие на каждую из этих составляющих.

Влияние антропогенных факторов в природе может быть как сознательным, так и случайным, или неосознанным. Человек, распахивая целинные и залежные земли, создает сельскохозяйственные угодья, выводит высокопродуктивные и устойчивые к заболеваниям формы, расселяет одни виды и уничтожает другие. Эти воздействия (сознательные) часто носят отрицательный характер, например необдуманное расселение многих животных, растений, микроорганизмов, хищническое уничтожение целого ряда видов, загрязнение среды и др.

К случайным относятся воздействия, которые происходят в природе под влиянием деятельности человека, но не были заранее предусмотрены и запланированы им: распространение вредителей, паразитов, случайный завоз различных организмов с грузом, непредвиденные последствия, вызванные сознательными действиями в природе, например осушением болот, постройкой плотин, распашкой целины и др.

Биотические факторы среды проявляются через взаимоотношения организмов, входящих в одно сообщество. В природе многие виды тесно взаимосвязаны, их отношения друг с другом как компонентами окружающей среды могут носить чрезвычайно сложный характер. Что касается связей между сообществом и окружающей неорганической средой, то они всегда являются двусторонними, обоюдными. Так, характер леса зависит от соответствующего типа почв, но сама почва в значительной мере формируется под влиянием леса. Подобно этому температура, влажность и освещенность в лесу определяются растительностью, но сформировавшиеся климатические условия в свою очередь влияют на сообщество обитающих в лесу организмов.

Воздействие экологических факторов на организм

Воздействие среды обитания воспринимается организмами через посредство факторов среды, называемых экологическими. Следует отметить, что экологическим фактором является только изменяющийся элемент окружающей среды, вызывающий у организмов при своем повторном изменении ответные приспособительные эколого-физиологические реакции, наследственно закрепляющиеся в процессе эволюции. Они подразделяются на абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотическими факторами называют всю совокупность факторов неорганической среды, влияющих на жизнь и распространение животных и растений. Среди них различают: физические, химические и эдафические.

Физические факторы - те, источником которых служит физическое состояние или явление (механическое, волновое и др.). Например, температура.

Химические факторы — те, которые происходят от химического состава среды. Например, соленость воды, содержание кислорода и т.п.

Эдафические (или почвенные) факторы представляют собой совокупность химических, физических и механических свойств почв и горных пород, оказывающих воздействие как на организмы, для которых они являются средой обитания, так и на корневую систему растений. Например, влияние биогенных элементов, влажности, структуры почвы, содержание гумуса и т.п. на рост и развитие растений.

Биотические факторы - совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других (внутривидовые и межвидовые взаимодействия), а также на неживую среду обитания. Пример: внутривидовая конкуренция за места гнездований, за площадь расселения в округе; межвидовые взаимодействия — нейтрализм, конкуренция, паразитизм, хищничество и др. Примером воздействия биотических факторов на неживую природу может служить особый лесной микроклимат или микросреда, где по сравнению с открытым местообитанием создается свой режим температур и влажности: зимой здесь теплее, летом — прохладнее и более влажно.

Антропогенные факторы — факторы деятельности человека, воздействующие на окружающую природную среду (загрязнение атмосферы и гидросферы, эрозия почв, уничтожение лесов и т.п.).

Лимитирующими (ограничивающими) экологическими факторами называют такие факторы, которые ограничивают развитие организмов из-за недостатка или избытка питательных веществ по сравнению с потребностью (оптимальным содержанием). Так, при выращивании растений при различных температурах точка, при которой наблюдается максимальный рост, и будет оптимумом. Весь интервал температур, от минимальной до максимальной, при которых еще возможен рост, называют диапазоном устойчивости (выносливости), или толерантности. Ограничивающие его точки, т.е. максимальная и минимальная пригодные для жизни температуры, — пределы устойчивости. Между зоной оптимума и пределами устойчивости по мере приближения к последним растение испытывает все нарастающий стресс, т.е. речь идет о стрессовых зонах, или зонах угнетения, в рамках диапазона устойчивости. По мере удаления от оптимума вниз и вверх по шкале не только усиливается стресс, но по достижении пределов устойчивости организма происходит его гибель.

Таким образом, для каждого вида растений или животных существуют оптимум, стрессовые зоны и пределы устойчивости (или выносливости) в отношении каждого фактора среды обитания. При значении фактора, близкого к пределам выносливости,

организм обычно может существовать лишь непродолжительное время. В более узком интервале условий возможно длительное существование и рост особей. Еще в более узком диапазоне происходит размножение, и вид может существовать неограниченно долго. Обычно где-то в средней части диапазона устойчивости имеются условия, наиболее благоприятные для жизнедеятельности, роста и размножения. Эти условия называют оптимальными, в которых особи данного вида оказываются наиболее приспособленными, т.е. оставляют наибольшее число потомков. На практике выявить такие условия сложно, поэтому оптимум обычно определяют отдельные показатели жизнедеятельности (скорость роста, выживаемость и т.п.).

Адаптация состоит в приспособлении организма к условиям среды обитания.

Способность к адаптациям — одно из основных свойств жизни вообще, обеспечивающее возможность ее существования, возможность организмов выживать и размножаться. Адаптации проявляются на разных уровнях — от биохимии клеток и поведения отдельных организмов до строения и функционирования сообществ и экологических систем. Все приспособления организмов к существованию в различных условиях выработались исторически. В результате сформировались специфические для каждой географической зоны группировки растений и животных.

Адаптации могут быть морфологическими, когда меняется строение организма вплоть до образования нового вида, и физиологическими, когда происходят изменения в функционировании организма. К морфологическим адаптациям близко примыкает приспособительная окраска животных, способность менять ее в зависимости от освещенности (камбала, хамелеон и др.).

Широко известны примеры физиологической адаптации — зимняя спячка животных, сезонные перелеты птиц.

Весьма важными для организмов являются поведенческие адаптации. Например, инстинктивное поведение определяет действие насекомых и низших позвоночных: рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц и др. Такое поведение генетически запрограммировано и передается по наследству (врожденное поведение). Сюда относятся: способ построения гнезда у птиц, спаривание, выращивание потомства и др. Существует также и приобретенное поведение, полученное индивидом в процессе его жизни. Обучение (или научение) - главный способ передачи приобретенного поведения от одного поколения к другому.

Способность индивида управлять своими познавательными способностями, чтобы выжить при неожиданных изменениях среды обитания, является интеллектом. Роль научения и интеллекта в поведении возрастает с совершенствованием нервной системы —

увеличением коры головного мозга. Для человека — это определяющий механизм эволюции. Свойство видов адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды обозначается понятием экологическая мистичность вида.

3. Правило «оптимума»

Результаты действия переменного фактора зависят, прежде всего, от силы его проявления, или дозировки. Факторы положительно влияют на организмы лишь в определенных пределах. Недостаточное либо избыточное их действие сказывается на организмах отрицательно.

Зона оптимума — это тот диапазон действия фактора, который наиболее благоприятен для жизнедеятельности. Отклонения от оптимума определяют зоны пессимума. В них организмы испытывают угнетение.

Минимально и максимально переносимые значения фактора — это критические точки, за которыми организм гибнет. Благоприятная сила воздействия называется зоной оптимума экологического фактора или просто оптимумом для организма данного вида. Чем сильнее отклонение от оптимума, тем больше выражено угнетающее действие данного фактора на организмы(зона пессимума).

Закон оптимума универсален. Он определяет границы условий, в которых возможно существование видов, а также меру изменчивости этих условий. Виды чрезвычайно разнообразны по способности переносить изменения факторов. В природе выделяются два крайних варианта — узкая специализация и широкая выносливость. У специализированных видов критические точки значения фактора сильно сближены, такие виды могут жить только в относительно постоянных условиях. Так, многие глубоководные обитатели — рыбы, иглокожие, ракообразные — не переносят колебания температуры даже в пределах 2-3 °С. Растения влажных местообитаний (калужница болотная, недотрога и др.) моментально вянут, если воздух вокруг них не насыщен водяными парами. Виды с узким диапазоном выносливости называют стенобионтами, а с широким — эврибионтами. Если нужно подчеркнуть отношение к какому-либо фактору, используют сочетания «стено-» и «эври-» применительно к его названию, например, стенотермный вид — не переносящий колебания температур, эвригалинный — способный жить при широких колебаниях солености воды и т. п.

4. Высшие растения

Высшие растения, наземные растения или эмбриофиты — известный таксон царства Зеленые растения. В повседневной жизни высшие растения иногда называют просто растениями, в отличие от остальных зеленых растений, известных как зеленые

водоросли, которые, однако, составляют один таксон. Высшие растения относят к отделу (типу) Streptophyta и его подгруппе Streptophytina. Они включают деревья, цветковые растения, папоротники, мхи и все другие сухопутные растения. Все они — многоклеточные ядерные организмы со специализированными органами размножения. С несколькими исключениями, высшие растения получают необходимую энергию через фотосинтез (то есть через поглощение света) и синтезируют питательные вещества из углекислоты. Высшие растения возможно отличить от многоклеточных зеленых водорослей, которые тоже используют фотосинтез, тем, что они имеют стерильную ткань в органах размножения. К тому же, высшие растения прежде всего приспособлены для жизни на суше, хотя некоторые виды позже вернулись в водную окружающую среду, отсюда и название наземные растения.

Высшие растения развились из сложных зеленых водорослей в течение палеозойской эры. Их ближайшие современные родственники — харовые водоросли (Charales). Эти растения характеризуются чередованием между гаплоидными и диплоидными поколениями (соответственно гаметофиты и спорофиты). У первых высших растений, однако, спорофиты стали совсем другими по структуре и функции, оставаясь небольшими и зависимыми от родительского организма в течение всей своей короткой жизни. Такие растения неофициально называются «бриофиты» и делятся на три современные группы:

Антоцеротовидные (Anthocerotophyta)

Мхи (Bryophyta)

Печеночники (Marchantiophyta)

Все упомянутые выше бриофиты относительно малы и обычно ограничены влажными окружающими средами так как они зависят от воды для распространения своих спор. Другие растения, лучше приспособленные к наземным условиям, появились в течение силурийского периода. В течение девонского периода, они стали более разнообразными и распространившись на многие наземные окружающие среды, стали сосудистыми растениями (Tracheophyta). Сосудистые растения имеют сосудистые ткани или трахеиды, транспортирующие воду через тело, и внешний слой или кутикулу, которая сопротивляется высыханию. В большинстве сосудистых растений спорофиты являются доминирующими индивидуумами и развивают листья, стебли и корни, тогда как гаметофиты остаются малыми.

Многие сосудистые растения, однако, все еще размножаются с помощью спор. Они включают такие современные группы:

Плаунообразные (Lycopodiophyta)

Moniliformopses (хвощи и папоротники)

Другая группа, которая появилась в конце палеозойской эры, размножается с помощью семян — капсул, устойчивых к высушиванию. Эта группа соответственно называется Семенные растения (Spermatophyta). В этих формах гаметофит очень мал, принимает форму одноклеточных пыльцы и яиц, тогда как спорофит начинает свою жизнь в пределах семени. Семена некоторых растений могут выжить в чрезвычайно сухих условиях, в отличие от их более привязанных к воде предшественников. Семенные растения включают такие современные группы:

Хвойные (Coniferophyta)

Гинкговые (Ginkgophyta)

Саговниковидные (Cycadophyta)

Гнетовидные (Gnetophyta)

Покрытосеменные (Magnoliophyta)

Первые четыре группы иногда называют голосеменными (ранее их объединяли в один таксон), так как эмбриональный спорофит не окружается оболочкой к опылению. В отличие от них, пыльце покрытосеменных (или цветковых) растений приходится вырастить трубку, чтобы проникнуть сквозь оболочку семени. Покрытосеменные развились из голосеменных в течение юрского периода, а затем быстро распространились в течение мелового. Они — доминирующая группа растений почти во всех наземных биомах сегодня.

Следует отметить, что классификация растений претерпевает значительные изменения. Некоторые авторы ограничивают царство растений только высшими растениями, другие предоставляют им различные имена и ранги. Группы, перечисленные в этой статье часто классифицируют как различные ранги, от отделов в классы.

На микроскопическом уровне клетки высшие растения остаются очень подобными клеткам зеленых водорослей. Они — эукариоты, с клеточной стенкой, составленной из целлюлозы, и пластидами, которые окружены двумя мембранами. Пластиды обычно принимают форму хлоропластов, которые проводят фотосинтез и накапливают питательные вещества в форме крахмала, содержат пигменты хлорофилл а и b, которые в целом дают им яркий зеленый цвет. Высшие растения также в целом имеют увеличенную центральную вакуоль или тонопласт, которая поддерживает клетку и удерживает все растение жестким. Они не имеют жгутиков и центриолей во всех клетках кроме половых.

5. Сообщества высших растений

В природе растения растут совместно, причем не случайным образом. Каждый вид растений приспособлен расти только с определенными другими растениями. Совместно произрастающие растения формируют растительное сообщество, или фитоценоз. Примеры растительных сообществ: конкретные луг, лес, болото. При этом, например, березовый лес — это один тип сообщества, а еловый — другой.

Растительное сообщество — это совокупность растений, произрастающих на одном участке земной поверхности, приспособленные к совместной жизни и влияющие друг на друга и окружающую среду.

Существуют светолюбивые, теневыносливые и тенелюбивые травянистые растения. Так ландыш, папоротники растут в лесу, так как им не нужно много света. А вот васильки, ромашки, подорожники, тимopheевка встречаются только на лугу, так как для жизни им требуется большое количество солнечного света. Таким образом растения, которые встречаются на лугах, обычно не встречаются в лесах. Для болот характерны камыши, тростники, мхи, хвощи и др.

В растительном сообществе растения взаимно влияют друг на друга. При этом все они приспособлены к конкретным условиям среды (влажности, особенностям почвы, ветрам), характерным для данной однородной территории. Так в сосновом лесу во влажной местности будут расти мхи, а в сухой — лишайники и редкие светолюбивые травы.

Сосновые леса могут расти на бедных перегноем песчаных почвах. Поэтому в таких лесах видовой состав не так разнообразен. Другое дело - дубовые леса. Они вырастают на почвах богатых перегноем и минеральными веществами. Поэтому в дубовых лесах, кроме самих дубов, много другой растительности (клен, липа, орешник, жимолость, бересклет и др.). Почва здесь покрыта травой, а не сухими ветками и хвоей, как в сосновом лесу.

От количества света, влаги, тепла и других условий неживой природы зависит видовое разнообразие растительного сообщества. Наибольшее видовое разнообразие наблюдается в тропических лесах, наименьшее — в пустынях и тундрах.

В большинстве растительных сообществ можно выделить преобладающие и сопутствующие виды растений. Так в березовом лесу преобладающим видом будет береза, хотя кроме нее в лесу растет множество других видов. Однако они характерны именно для березового леса.

Не следует путать понятия фитоценоз (растительное сообщество) и флора. Под флорой понимают совокупность растений, произрастающих вообще на какой-либо территории (страны, региона, континента). В этой совокупности растения не

рассматривают во взаимосвязи. Так, уместно говорить о флоре России, флоре Кавказа и т. п. Флора скорее ближе понятию растительности, под которой понимают совокупность всех растений сообществ на конкретной территории.

Взаимосвязь растений в сообществах возможна благодаря их разным особенностям и потребностям. Таким образом, разные виды в одном сообществе почти не конкурируют между собой. Например, в еловом лесу могут встречаться березы. Ели теневыносливы, а березы светолюбивы и занимают верхний ярус, поэтому почти не конкурируют с елями за свет.

В растительных сообществах выделяют ярусы. Наибольшее количество ярусов наблюдается в лесу. Первый и второй — это кроны разных по высоте и теневыносливости деревьев, третий — кустарники, четвертый — травы, пятый — мхи, грибы, лишайники. Ярусность характерна и для коней растений. У одних корни находятся близ поверхности, у других — глубже.

В процессе эволюции у растений выработались различные приспособления к совместной жизни. В лесу деревья цветут раньше распускания листьев. В таком случае листва не мешает пыльце с помощью ветра достигать пестиков. Травы в лесу опыляются насекомыми, так как под деревьями почти нет ветра. Их цветки обычно светлые, хорошо заметные для опылителей. На лугах одни травы могут использовать в качестве опоры другие. Например, бобовые растения цепляются усиками на стебли злаков. Со своей стороны бобовые обогащают почву азотом, что создает благоприятные условия для роста других растений.

Не менее тесные взаимосвязи в сообществах выработались у растений с животными, грибами и микроорганизмами.

В природе нередко происходит смена растительных сообществ, когда на месте одного сообщества появляется другое. Это может происходить медленно или резко. Так, после пожара растительное сообщество погибает. На его месте сначала появятся редкие травы, потом ветер занесет семена деревьев и появится поросль. В дальнейшем через много лет может произойти восстановление прежнего сообщества или будет иное.

Примеры естественной смены сообществ — это смена березового леса на еловый или смена какого-либо леса на болото при заболачивании почв. В первом случае в березовом лесу появляются маленькие ели. Они теневыносливы и хорошо растут под березами. Но как только они подрастают, то не дают расти молодым березам, так как затеняют их. Когда старые березы погибнут, останутся только ели.

Разрушительное влияние на растительные сообщества оказывает человек. Достаточно уничтожить некоторые виды растений или животных и это может привести к

разрушению всего фитоценоза. Поэтому важна не только охрана редких растений, но и охрана целых природных сообществ.

7. Индикаторы экологических условий

Будучи приуроченными к определенным условиям среды, растения могут служить индикаторами этих условий. Особенно велика приуроченность растений к определенному типу почв по механическому составу, содержанию питательных веществ, реакции почвенной среды. На почвах, бедных доступным фосфором, произрастают: белоус торчащий, луговик дернистый, осока черная, фиалка болотная, ястребинка волосистая, подорожник средний, хвощ болотный, в то время как пырей ползучий, лисохвост луговой, таволга вязолистная, бодяк огородный, мятлик обыкновенный, кровохлебка лекарственная растут на почвах, богатых доступной фосфорной кислотой.

Для почв, бедных калием, характерны душистый колосок, луговик дернистый, белоус торчащий, овсяница красная, чихотная трава, Черноголовка обыкновенная; для почв, богатых калием,— ежа сборная, осока лисья, люцерна хмелевидная, подмаренник болотный.

Индикаторами наиболее кислых почв являются такие растения, как белоус торчащий, луговик дернистый, чина болотная, щавель малый, фиалка трехцветная, ожика волосистая, торица полевая, хвощ полевой и мхи. Нейтральную реакцию почвенной среды можно определить по наличию в достаточном количестве костра безостого, тимофеевки луговой, мятлика лугового, лисохвоста лугового, люцерны, борщевика сибирского, сныти обыкновенной. Щелочные почвы, богатые известью, предпочитают ковыль Лессинга, ветреница лесная, василек русский, таволга шестилепестная.

Индикаторное значение сообществ обычно выше индикаторного значения отдельных растений. По особенностям сообществ можно также судить о типах почв, имевших место пожарах, вырубках леса, распахке, осушении, уровне грунтовых вод. Так, если тростник обыкновенный имеет широкую экологическую амплитуду, то его сообщество с солянками характерно только для сильно засоленных почв. Песчаные почвы характеризуются сообществами с преобладанием волоснеца гигантского, рогача песчаного, кохии песчаной, льнянки душистой.

Сообщества с преобладанием иван-чая указывают на недавние рубку леса или пожар. Наличие сообществ мятлика луковичного в степной и полупустынной зонах служит показателем сильного выпаса. Сообщества полыни высокой свидетельствуют о наличии пресных и солоноватых вод, залегающих на глубине 3—5, реже до 7 м, а сообщества сарсазана — на наличие очень сильно засоленных, даже горько-соленых грунтовых вод на глубине 1—3 м.

1.2. Лекция № 2 (2 часа)

Тема: «Биоиндикация загрязнения состояния окружающей среды»

1.2.1. Вопросы лекции:

1. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха
2. Биоиндикация состояния почвенного покрова
3. Биоиндикация качества воды и степени загрязнения водоёмов

Сильнейшее антропогенное воздействие на фитоценозы оказывают загрязняющие вещества в окружающем воздухе. Наиболее типичным является диоксид серы, образующийся при сгорании серосодержащего топлива. В городских условиях наиболее мощным загрязнителем атмосферы является автотранспорт. Все виды загрязнений отрицательно влияют на биосферу, угнетая, уничтожая растительность. Непоправимый вред наносят отработанные газы здоровью человека, вызывая ряд тяжёлых болезней.

Для определения общего уровня загрязнённости атмосферного воздуха диоксидом серы используются различные приборные методы и методы биоиндикации. Одним из этих методов является индикация уровня динамики загрязнения атмосферного воздуха с помощью лишайников, которые обладают высокой чувствительностью к загрязнителям окружающей среды. Лихеноиндикация – хорошо проработанный и распространённый метод биоиндикации. По их видовому составу и встречаемости лишайников можно судить о степени загрязнения воздуха.

Ещё одним методом, позволяющим выделить наиболее загрязнённые районы, является биоиндикация по состоянию хвои сосны. Поражение диоксидом серы приводит к усыханию и преждевременному опаданию хвои. По данным признакам можно судить об уровне загрязнённости воздуха.

Влияние загрязнения воздуха на состояние лишайников

Лишайники способны долгое время пребывать в сухом почти обезвоженном состоянии, когда их влажность составляет от 2 до 10% сухой массы. При этом они не погибают, а лишь приостанавливают все жизненные процессы до первого увлажнения.

В связи с тем, что лишайники поглощают воду всей поверхностью тела в основном из атмосферных осадков и отчасти из водяных паров, влажность слоевищ непостоянна и зависит от влажности окружающей среды. Таким образом, поступление воды в лишайники происходит в отличие от высших растений, по физическим, а не по физиологическим законам.

Минеральные вещества в виде водных растворов поступают в слоевище лишайника из почвы, горных пород, коры деревьев (хотя роль последней не доказана). Однако гораздо большее количество химических элементов лишайники получают из атмосферы с осадками и пылью. Состав минеральных элементов в лишайниковом слоевище определяют классическим методом сжигания, образующаяся зола подвергается химическому анализу на содержание того или иного элемента.

По мере приближения к источнику загрязнения слоевища лишайников становятся толстыми, компактными и почти совсем утрачивают плодовые тела, обильно покрываются соредиями. Дальнейшее загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневый или фиолетовый цвет, их талломы сморщиваются, и растения погибают.

Методика определения степени загрязнения воздуха по лишайникам

В лишеноиндикационных исследованиях в качестве субстрата используются различные деревья. Для оценки загрязнения атмосферы города, районного центра, поселка выбирается вид дерева, который наиболее распространен на исследуемой территории. Например, в качестве субстрата может быть использована липа мелколистная. Город или поселок делят на квадраты, в каждом из которых подсчитывается общее число исследуемых деревьев и деревьев, покрытых лишайниками. Для оценки загрязнения атмосферы конкретной магистрали, улицы или парка описывают лишайники, которые растут на деревьях по обеим сторонам улицы или аллеи парка на каждом третьем, пятом или десятом дереве. Пробная площадка ограничивается на стволе деревянной рамкой, например, размером 10 x 10 см, которая разделена внутри тонкими проволочками на квадратики по 1 см². Отмечают, какие виды лишайников встретились на площадке, какой процент общей площади рамки занимает каждый растущий там вид. Кроме того, указывают жизнеспособность каждого образца: есть ли у него плодовые тела, здоровое или чахлое слоевище. На каждом дереве описывают минимум четыре пробные площадки: две у основания ствола (с разных его сторон) и две на высоте 1,4— 1,6 м. Обследование можно провести по наличию какого-то одного вида лишайников на данной территории, или собрать информацию о его обилии в разных точках, или подсчитать количество всех видов лишайников, произрастающих в районе исследования. Кроме выявления видового состава, определяют размеры розеток лишайников и степень покрытия в процентах. Оценка встречаемости и покрытия дается по 5-балльной шкале.

Индикаторные растения могут использоваться как для выявления отдельных загрязнений воздуха, так и для оценки общего состояния воздушной среды.

Факт исключительно высокой радиочувствительности хвойных древесных пород был отмечен во многих исследованиях зарубежных и российских ученых. Так, на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) сосна погибла на участке с плотностью радиоактивного загрязнения более $6,7 \times 10^{14}$ Бк/км² (поглощенные дозы 30-40 Гр). Сосна по радиочувствительности близка к человеку ($LD_{50} = 20$ Гр), поэтому она является одним из основных природных тест-систем в радио- и общеэкологических исследованиях.

Радиационные эффекты оцениваются по следующим критериям: гибель и восстановление деревьев; сроки восстановления; морфологические изменения хвои и побегов; количественные характеристики (радиальный и вертикальный прирост, масса и размер хвои и побегов). Репродуктивная способность оценивается по изменчивости семян.

Большинство выявленных морфологических изменений (морфозов) сосны, которая произрастала в радиоактивно загрязненных районах, связаны с изменениями в меристемных тканях - это группа клеток в стадии активного деления и роста.

Хвойные породы, помимо их высокой радиочувствительности, особенно сильно страдают от сернистого газа.

Принцип предложенного в лабораторной работе метода основан на выявленной зависимости степени повреждения хвои (некрозов и усыхания) от загрязнения воздуха в районе произрастания сосны обыкновенной. Некрозы – отмирание ограниченных участков тканей. Сначала повреждается нижний эпидермис, затем клетки мезофилла. При одинаковом воздействии токсиканта сильнее повреждаются молодые листья (краевые некрозы, тип “рыбьего скелета”), чем старые (точковые некрозы). Происходит изменение цвета листьев или хвои, затем они буреют (у деревьев) или становятся совершенно белыми (часто у тюльпанов, гладиолусов, лука, злаков) или на листьях остаются разрывы, похожие на погрызы насекомых. Различают следующие виды некрозов:

- краевой некроз (по краям хвоинки);
- срединный некроз;
- точечный – отмирание тканей листа в виде пятен, рассыпанных по всей поверхности хвоинки.

2. Биоиндикация состояния почвенного покрова

При оценке экологического состояния окружающей среды огромную роль играет изучение почвенного покрова. Почва - это единственный компонент ландшафта, который возникает в результате взаимодействия всех других его компонентов: горных пород, климата, природных вод, растительности, микроорганизмов и животных. Являясь

основной депонирующей средой, почвы сами могут рассматриваться как интегральный индикатор загрязнения природно-территориального комплекса (ПТК), дающий представление о качестве связанных с почвами жизнеобеспечивающих сред - атмосферного воздуха, природных вод и литогенной основы. Однако загрязненные почвы являются источниками вторичного загрязнения приземного слоя воздуха, поверхностных и грунтовых вод; из почв растения поглощают минеральные вещества, вовлекая их в биологический круговорот. Таким образом, почвенный покров определяет миграцию химических элементов по цепи питания, поэтому изучение его состояния представляет собой существенную часть работ по оценке влияния антропогенных факторов на природную среду.

Мы рассмотрели вопросы биоиндикации воздействия аэротехногенного загрязнения. С выбросами промышленных предприятий и транспорта в воздух попадают твердые частицы, осаждающиеся в дальнейшем на поверхности земли. Действие пыли и золы на ПТК многообразно и в результате происходит следующее:

1. Оседание на надземные органы растений и фоллиарное поглощение, вовлечение доступных форм в биологический круговорот.
2. Изменение физических и химических характеристик почв:
 - изменение механического состава,
 - изменение общей насыщенности основаниями (сдвиги pH и т. д.),
 - накопление токсичных веществ.
3. Водная миграция поллютантов и загрязнение природных вод.
4. Корневое поглощение растениями, поступление в биологический круговорот, миграция по цепи питания.

Среди наиболее распространенных загрязняющих веществ следует указать: биогенные компоненты (N, P, K, Ca и др.), макрокомпоненты (Fe, Al, Si, Na, Mg и др.), микрокомпоненты, в том числе ТМ (Сu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Hg, As, Sb, Co, Mn, Ba, Sr, Mo, V и др.).

Геохимическая оценка состояния окружающей среды составляет неотъемлемую часть экологических исследований, на базе которой осуществляется верификация реакций биоты на стрессовые воздействия и строится система методов биоиндикации. В качестве эталонов сравнения используется кларк содержания химических элементов в почвах и растениях континентов. При работе в конкретных условиях одной из основных задач является выявление региональных фоновых содержаний химических элементов, так называемого регионального фона. Именно сравнение содержаний поллютантов в фоновых

и антропогенно нарушенных местообитаниях позволяет дать качественную и количественную оценку характера загрязнения.

Почва составляет единую систему с населяющими ее популяциями разных организмов. В зависимости от сочетания природных и антропогенных факторов почвы отличаются составом биоты и направленностью биохимических процессов. Различные показатели имеют тесную корреляционную связь между собой и могут использоваться как биоиндикаторы экологического состояния почвы. Это, прежде всего, показатели биологической активности почвы, в числе которых могут быть использованы характеристики численности и биомассы микроорганизмов, их продуктивность, интенсивность накопления продуктов метаболизма, газообмена и активность ферментов.

Изучение содержания химических элементов в незагрязненных почвах имеет большое практическое значение. Оно необходимо для контроля за состоянием окружающей среды, охраны ее от загрязнения. Так называемое фоновое количество химических элементов служит точкой отсчета при исследовании загрязнения почв, позволяет определить характер и степень их изменения.

Изучение содержания химических элементов в незагрязненных почвах имеет большое практическое значение. Оно необходимо для контроля за состоянием окружающей среды, охраны ее от загрязнения. Так называемое фоновое количество химических элементов служит точкой отсчета при исследовании загрязнения почв, позволяет определить характер и степень их изменения.

Химический состав растений, получающих элементы минерального питания из почвенных растворов, является важным показателем процессов, происходящих в экосистеме, определяется в первую очередь содержанием химических элементов в окружающей среде, степенью их доступности для растений, а также избирательностью их поглощения в зависимости от систематической принадлежности видов. Поэтому одним из важных аспектов оценки состояния природной среды стало изучение состояния почвенного покрова и определение содержания в почвах загрязняющих веществ, в том числе ТМ, радионуклидов, нефтяных углеводородов (НУ) и т. д. Геохимическая оценка состояния окружающей среды составляет неотъемлемую часть экологических исследований, на базе которой осуществляется верификация реакций биоты на стрессовые воздействия и строится система методов биоиндикации.

3. Биоиндикация качества воды и степени загрязнения водоёмов

На сегодняшний день существует много методов определения качества окружающей среды. Это различные методы количественного химического анализа (КХА),

физико-химического анализа, космического анализа, ГИС-технологии (геоинформационные системы). Так же одним из наиболее простых, подсказанным самой природой методом определения качества окружающей среды является биоиндикация.

Метод биоиндикации основан на реакции живых организмов на загрязнение окружающей среды. В основе биоиндикации лежит знание о токсичности загрязняющих веществ для живых организмов и их своеобразные реакции на токсичность.

Дело в том, что живые организмы служат своеобразными индикаторами загрязнения, так как в них возникают определенные реакции:

- исчезновение видов живых организмов

- изменение численности живых организмов в зоне загрязнения

- изменение качеств и биохимического состава организмов.

Каждая группа организмов в качестве биологического индикатора имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации.

Различные виды живых существ показывают, чем загрязнена окружающая среда.

В качестве биоиндикаторов выбирают наиболее чувствительные к исследуемым факторам биологические системы или организмы.

На современной Земле четко выделяются четыре среды жизни — водная, наземно-воздушная, почва и живые организмы. Вода стала первой средой жизни. Именно в ней возникла жизнь, которая затем распространилась и на наземно-воздушную среду. Водная среда — это реки, ручьи (водотоки), океаны, моря, водохранилища, пруды, озера, болота (водоемы). Каждый водоем представляет собой водную экосистему.

Гидросфера — водная среда, которая включает поверхностные и подземные воды. Поверхностные воды в основном сосредоточены в Мировом океане, содержащем около 91% всей воды на Земле. Поверхность Мирового океана (акватория) составляет 361 млн км². Она примерно в 2,4 раза больше площади суши — территории, занимающей 149 млн км².

Вода в океане (94 %) и под землей — соленая. Количество пресной воды составляет 6% общего объема воды на Земле, причем очень малая ее доля (всего 0,36%) имеется в легкодоступных для добычи местах.

В настоящее время человечество использует 3,8 тыс. км³ воды ежегодно. При нынешних темпах роста потребления воды этого хватит на ближайшие 25 — 30 лет. Выкачивание грунтовых вод приводит к оседанию почвы и зданий.

В развитых странах на каждого жителя приходится 200 — 300 л воды в сутки, в городах — 400 — 500, Нью-Йорке — более 1000, Париже — 500, Лондоне — 300 л. В то

же время 60% суши не имеет достаточного количества пресной воды. Четвертая часть человечества (примерно 1,5 млн) ощущает ее недостаток, а еще 500 млн страдают от недостатка и плохого качества питьевой воды, что приводит к кишечным заболеваниям.

Основные пути загрязнения гидросферы:

1)загрязнение нефтью и нефтепродуктами. Приводит к появлению нефтяных пятен, что затрудняет процессы фотосинтеза в воде из-за прекращения доступа солнечных лучей, а также вызывает гибель растений и животных. Каждая тонна нефти создает нефтяную пленку на площади до 12 км². Восстановление пораженных экосистем занимает 10 — 15 лет;

2) загрязнение сточными водами в результате промышленного производства, минеральными и органическими удобрениями в результате сельскохозяйственного производства, а также коммунально-бытовыми стоками. Ведет к эвтрофикации водоемов — обогащению их питательными веществами, приводящему к чрезмерному развитию водорослей и гибели других экосистем водоемов с непроточной водой (озер и прудов), а иногда к заболачиванию местности;

3) загрязнение ионами тяжелых металлов. Нарушает жизнедеятельность водных организмов и человека;

4) загрязнение кислотными дождями. Приводит к закислению водоемов и гибели экосистем;

5) радиоактивное загрязнение. Связано со сбросом радиоактивных отходов;

6) тепловое загрязнение. Вызывается сбросом в водоемы подогретых вод ТЭС и АЭС. Приводит к массовому развитию сине-зеленых водорослей, так называемому цветению воды, уменьшению количества кислорода и отрицательно влияет на флору и фауну водоемов;

7) механическое загрязнение. Повышает содержание механических примесей;

8) бактериальное и биологическое загрязнение. Связано с разными патогенными организмами, грибами и водорослями.

Мировое хозяйство сбрасывает в год 1500 км³ сточных вод разной степени очистки, которые требуют 50 — 100-кратного разбавления для придания им естественных свойств и дальнейшего очищения в биосфере. При этом не учитываются воды сельскохозяйственных производств. Таким образом, в результате промышленной деятельности пресная вода перестала быть возобновляемым ресурсом.

К внутренним водоемам суши относятся: озера, пруды, болота, ручьи, реки, водохранилища. В большинстве этих водоемов можно выделить три последовательно граничащие друг с другой зоны: 1) береговая, включающая омываемый водой откос и

побережье; 2) литораль, в состав которой входят береговая мель и подводный откос; 3) пелагиаль, или глубоководная часть.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1. Лабораторная работа № 1 (ЛР-1) (2 часа).

Тема: «Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий»

2.1.1 Цель работы: определение поражения и омертвления тканей листа при антропогенном загрязнении воздушной среды по проценту пораженной ткани

2.1.2 Задачи работы:

1. изучение возможности использования древесных растений для определения загрязнения воздушной среды;
2. определить степень загрязнения воздушной среды на территории ОГАУ и рядом с ул. Челюскинцев.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
линейка, калька, весы, микрокалькулятор.

2.1.4 Описание (ход) работы:

Собранные листья расправляют, кладут на квадрат кальки, у которого длина и ширина соответствуют размерам листа.

Кальку взвешивают ($P_{кв}$), лист очерчивают, по контурам на кальке вырезают его силуэт. Эту часть кальки также взвешивают ($P_{л}$). Определяют площадь листа ($S_{л}$):

$$S_{л} = P_{л} * S_{кв} / P_{кв}$$

Применение кальки обусловлено ее прозрачностью, что необходимо для дальнейшей работы.

Контуры листа на кальке совмещают с листом и очерчивают все поврежденные участки, вырезают, взвешивают. Вычисляют процент поврежденной ткани:

$$S_{повр} = P_{повр} * S_{л} * 100 / P_{л}$$

2.2. Лабораторная работа № 2 (ЛР-2) (2 часа).

Тема: «Биоиндикация на организменном уровне»

2.2.1 Цель работы: изучить методику индикационных исследований по изменению феноритмов у растений

2.2.2 Задачи работы:

1. изучить особенности индикации на организменном уровне;

2. изучить методику индикационных исследований по изменению феноритмов у растений.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
справочные материалы по срокам фенофаз древесных растений.

2.2.4 Описание (ход) работы:

1. Построить и объяснить феноспектры (прохождение фенофаз) для одной и той же древесной породы при ее произрастании в районе водоема (например, Зауральная роща), расположенного в пределах городской экосистемы, и при произрастании этого же вида в посадках центральных улиц города. Данные по срокам фенофаз в справочных материалах.

2. Построить и объяснить феноспектры (прохождение фенофаз) для липы, растущей в уличных посадках городской среды и в загородном парке.

3. Нанести на феноспектр длину вегетационного периода древесных пород в резко различающихся условиях среды.

4. Выдвинуть версию - объяснение изменения феноритмов при произрастании древесных пород в разных экологических условиях и возможности использования этого интегрального показателя как весьма информативного биоиндикатора.

2.3. Лабораторная работа № 3 (ЛР-3) (2 часа).

Тема: «Популяционный и экосистемный уровни. Фитоиндикация почвенных условий»

2.3.1 Цель работы: определить состояние окружающей среды, в частности почвы, по частотам встречаемости различных фенов клевера белого

2.3.2 Задачи работы:

1. изучить особенности биоиндикации на популяционном уровне;
2. определить состояние окружающей среды по частотам встречаемости различных фенов клевера белого

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
планшет, микрокалькулятор.

2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Для работы необходимо выбрать участок (-и), который испытывает влияние какого-либо источника загрязнения (автодорога, промышленное предприятие) и где встречается клевер белый. На этом участке, двигаясь по направлению от источника загрязнения согласно розе ветров, фиксировать примерно через 2-3 шага все куртинки клевера и их фенотип, составляя атлас рисунков разных фенов. Подсчет фенов вести в заданном направлении до конца участка.

2. Поменять направление движения и подсчет продолжать до тех пор, пока не будет сделано не менее 200 отсчетов. Если на какой-либо точке площадки обнаруживаются два разных фена, то данный результат не учитывается ввиду переплетения куртинок. Учитывать также степень повреждения листовых пластинок, отклонение от обычной формы листьев и т.д. Данные по каждому фену для каждого участка заносятся в таблицу.

Индекс соотношения фенов для пробной

площадки № ... № фена	Число растений (побегов)	Всего	Частота фенотипа, %	Примечания	ИСФ

3. На каждой пробной площадке рассчитать частоты встречаемости отдельных фенов P_i . Частота встречаемости равна отношению числа растений (можно учитывать побеги, т.к. при вегетативном размножении иногда бывает трудно выделить отдельное растение) с определённым феном (фен № 1 – отсутствие рисунка) к общему числу учтённых растений, это отношение умножают на 100, чтобы выразить его в процентах, т.е.

$$P_2 = (n_2 / N) \times 100\% \text{ и т.д.}$$

4. Рассчитать индекс соотношения фенов (ИСФ) - суммарную частоту встречаемости всех форм для каждого участка. Для этого сумму всех растений только с рисунками на листьях делят на общее число учтённых растений и умножают на 100, т.е.

$$\text{ИСФ}_1 = [(n_2 + n_3 + \dots) / N] \times 100\%.$$

5. По величине ИСФ выделить антропогенно нагруженные участки. На чистых участках ИФС не превышает 30%, а на загрязняемых может повышаться до 70-80%.

6. Сделать вывод.

2.4. Лабораторная работа № 4 (ЛР-4) (2 часа).

Тема: «Индикация загрязнений окружающей среды методами биологического тестирования»

2.4.1 Цель работы: провести биотестирование речной воды по росту отрезков coleoptiles пшеницы.

2.4.2 Задачи работы:

1. изучить особенности индикации загрязнений окружающей среды методами биологического тестирования.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

раствор сахарозы, чашки Петри, миллиметровка, ростки пшеницы, пенициллиновые бутылочки.

2.4.4 Описание (ход) работы:

1. Из речной воды приготавливают серию растворов на 2%-ной сахарозе методом последовательного разбавления. Последний из растворов должен быть ниже ПДК.

2. Ростки пшеницы срезают у основания бритвой или пинцетом с заточенными кончиками, складывают в чашку Петри.

3. Используя миллиметровку и предметное стекло, разделяют coleoptili на фракции: 1,5-2 мм, 2-2,5 мм и работают на преобладающей фракции.

4. От coleoptilia бритвой отсекают кончик 0,5 мм, вырезают следующие 5 мм — зону растяжения, и помещают на 10-15 мин в чашку Петри с дистиллированной водой для удаления ауксинов и лучшей реакции на испытуемое вещество.

5. Через указанное время вырезанные зоны coleoptilium помещают (по 10 шт.) в пенициллиновые бутылочки с испытуемым раствором, которые закрывают резиновыми пробками. Повторность опытов - трехкратная.

6. Пенициллиновые бутылочки осторожно поворачивают набок, отрезки coleoptilium расправляют так, чтобы они все плавали в растворе. В таком состоянии их помещают в термостат при температуре +25°C - +26°C на неделю.

7. Снимают результаты измерения длины отрезков coleoptilium. Рост их на чистой 2%-ной сахарозе принимается за контроль (100%), реакция же на испытуемые растворы подсчитывается относительно контроля.

8. Строится гистограмма ингибирования (а в отдельных случаях и стимулирования) роста отдельными токсическими веществами или их смесями (вытяжка из почвы, вода) в разных разведениях.