

**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 очная
Квалификация (степень) выпускника бакалавр**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	3
1.1 Лекция 1 Закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы: правило «оптимума».....	3
1.2 Лекция 2 Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий.....	14
1.3 Лекция 3 Биоиндикация на организменном уровне.....	20
1.4 Лекция 4 Популяционный и экосистемный уровни.....	21
1.5 Лекция 5 Фитоиндикация почвенных условий.....	25
1.6 Лекция 6 Ландшафтная индикация экологических условий.....	27
1.7 Лекция 7 Биоиндикация загрязнения состояния окружающей среды	36
1.8 Лекция 8 Индикация загрязнений окружающей среды методами биологического тестирования.....	43
2. Методические указания по выполнению практических занятий.....	46
2.1. Лабораторная работа № 1,2 (ЛР-1,2) Закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы: правило «оптимума».....	46
2.2. Лабораторная работа № 3,4 (ЛР-3,4) Высшие растения и их сообщества как индикаторы экологических условий.....	47
2.3. Лабораторная работа № 5 (ЛР-5) Клеточный и тканевой уровни.....	47
2.4. Лабораторная работа № 6,7 (ЛР-6,7) Биоиндикация на организменном уровне.....	48
2.5. Лабораторная работа № 8,9 (ЛР-8,9) Популяционный и экосистемный уровни.....	49
2.6. Лабораторная работа № 10 (ЛР-10) Фитоиндикация почвенных условий.....	50
2.7. Лабораторная работа № 11 (ЛР-11) Ландшафтная индикация экологических условий.....	51
2.8. Лабораторная работа № 12,13 (ЛР-12,13) Биондикация загрязнения состояния окружающей среды.....	53
2.9. Лабораторная работа № 14 (ЛР-14) Индикация загрязнений окружающей среды методами биологического тестирования.....	54

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1. Лекция № 1 (2 часа)

Тема: «Закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы: правило «оптимума»»

1.1.1. Вопросы лекции:

1. Экологические факторы
2. Влияние экологических факторов
3. Правило «оптимума»

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 листьев 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, сенокосение 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 относится: 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.

1.2. Лекция №2 (2 часа)

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

1.2.1. Вопросы лекции:

1. Высшие растения
2. Сообщества высших растений
3. Индикаторы экологических условий

1. 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.

2. 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.

3. 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 рубки 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.

1.3. Лекция №3 (2 часа)

Тема: «Биоиндикация на организменном уровне»

1.3.1. Вопросы лекции:

1. Биоиндикация на организменном уровне

1. Биоиндикация на организменном уровне

Биоиндикация - это оценка состояния среды с помощью живых объектов. Живые объекты (или системы) - это клетки, организмы, популяции, сообщества. С их помощью может производиться оценка как абиотических факторов (температура, влажность, кислотность, соленость, содержание поллютантов и т.д.) так и биотических (благополучие организмов, их популяций и сообществ). Термин «биоиндикация» чаще используется в европейской научной литературе, а в американской его обычно заменяют аналогичным по смыслу названием «экоотоксикология».

Часто задают вопрос: «Почему для оценки качества среды приходится использовать живые объекты, когда это проще делать физико-химическими методами?» По мнению Ван Штраалена (1998), существуют по крайней мере 3 случая, когда биоиндикация становится незаменимой.

1. Фактор не может быть измерен. Это особенно характерно для попыток реконструкции климата прошлых эпох. Так, анализ пыльцы растений в Северной Америке за длительный период показал смену теплого влажного климата сухим прохладным и далее замену лесных сообществ на травяные. В другом случае остатки диатомовых водорослей (соотношение ацидофильных и базофильных видов) позволило утверждать, что в прошлом вода в озерах Швеции имела кислую реакцию по вполне естественным причинам.

2. Фактор трудно измерить. Некоторые пестициды так быстро разлагаются, что не позволяют выявить их исходную концентрацию в почве. Например, инсектицид дельтаметрин активен лишь несколько часов после его распыления, в то время как его действие на фауну (жуков и пауков) прослеживается в течение нескольких недель.

3. Фактор легко измерить, но трудно интерпретировать. Данные о концентрации в окружающей среде различных поллютантов (если их концентрация не предельно высока) не содержат ответа на вопрос, насколько ситуация опасна для живой природы. Показатели предельно

допустимой концепции (ПДК) различных веществ разработаны лишь для человека. Однако, очевидно, эти показатели не могут быть распространены на другие живые существа. Есть более чувствительные виды, и они могут оказаться ключевыми для поддержания экосистем. С точки зрения охраны природы, важнее получить ответ на вопрос, к каким последствиям приведет та или иная концентрация загрязнителя в среде. Эту задачу и решает биондикация, позволяя оценить биологические последствия антропогенного изменения среды. Физические и химические методы дают качественные и количественные характеристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии. Биоиндикация, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы биологическими.

Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Например, при засолении почвы в городе листья липы по краям желтеют еще до наступления осени. Выявить такие участки можно, просто осматривая деревья. В таких случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания.

Во всех случаях, когда речь идет о контроле, без которого биоиндикация в принципе невозможна, встает вопрос, что считать нормой для того или иного биоиндикатора? В одних случаях ответ будет простой. Например, появление на листьях растений некротических пятен любой формы и размера - всегда индикатор загрязнения среды, поскольку в норме их быть не должно.

Ситуация усложняется, когда нормой является не одно конкретное состояние биоиндикатора, а целый набор, диапазон таких состояний. К таким индикаторам относятся численность популяции, разнообразие сообществ, их видовой состав и т.д. Эти характеристики меняются по сезонам и по годам, они могут отличаться в различных местообитаниях, следовательно, чтобы установить норму для таких биоиндикаторов, нужно располагать данными об их сезонной и многолетней динамике, их изменении по местообитаниям. Так, численность мелких почвенных членистоногих коллембол на одном и том же участке ненарушенного леса может меняться в течение года в 10-20 раз, разнообразие их сообществ - в 2-3 раза.

1.4. Лекция №4 (2 часа)

Тема: «Популяционный уровень.»

1.4.1. Вопросы лекции:

Отбор показательных видов

Показатели популяционного уровня

Воздействие антропогенных стрессоров на динамику растительных популяций

Воздействие антропогенных стрессоров на характер распространения растений

Отбор показательных видов

Для отбора видов необходимы подробные данные о биоте изучаемого района. Объектом наблюдения может быть любая группа организмов: от микрофлоры до мегафауны. В тех случаях, когда предусмотрено использование относительно малоизученных видов, обязательно исследование их физиологии. При отборе видов следует учитывать их пространственное распределение. Ограниченная доступность может вызвать необходимость многократного отбора проб, а это в свою очередь вынуждает разрабатывать соответствующие требования в отношении объема выборки и частоты их взятия. Предпочтение следует отдавать видам, чувствительным к потенциальным загрязнениям, даже если они имеют ограниченное экологическое и промысловое значение.

Трудности отбора проб, связаны с особенностями поведения организмов в зависимости от сезона, возраста и миграций. При разработке программ биоиндикации следует брать широко распространенные в изучаемом районе виды. Это позволяет увеличить число наблюдаемых станций и изучаемых популяций, доступных для исследования. Отбор относительно равномерно заселенных мест обитания выбранного вида является необходимой частью последующих шагов, связанных с разработкой методов отбора проб. Эти меры позволяют уменьшить влияние естественной изменчивости - эту вечную проблему отбора проб в биологии. При отборе видов для биоиндикации следует отдавать предпочтение видам, представляющим различные трофические уровни.

Показатели популяционного уровня

Использование показателей популяционного уровня зависит от выбранных видов.

а) Ростовые показатели. Данные об абсолютной или относительной скорости роста можно получить, изучая структуру популяции или видов известного возраста. Поскольку маркировку организмов проводить очень трудно, лучше всего использовать такие виды, у которых образуются ежегодные метки.

б) Изменение плодовитости особей, входящих в популяцию, может свидетельствовать о нарушении репродуктивного процесса. Этот показатель

целесообразно использовать для видов, которые откладывают относительно небольшое число яиц.

в) Распределение и обилие видов. Распределение и обилие являются особо ценными показателями состояния популяции оседлых видов, особенно при изучении градиента загрязнения. Однако показатель обилия для подвижных форм обладает большой изменчивостью и низкой разрешающей способностью, поэтому его ценность для биоиндикации сравнительно невелика.

г) Структура популяции. Для оценки этого показателя можно использовать методы определения возрастных групп. Максимальная чувствительность структурного показателя популяции достигается при наблюдении за изменениями динамики популяции.

д) Биомасса - это структурный показатель, определение которого не представляет больших трудностей. В травянистых сообществах удобнее и проще всего проводить учет биомассы в период максимального развития травостоя. Одним из наиболее распространенных методов является метод укосов. Для этого на пробной площади размером 20х25 м размещают 20 площадок 0,25х0,25м, 0,5х0,5 м или 1х1м. Выбор оптимального размера площадок определяется общими запасами и богатством травостоя.

е) Обилие. Величина обилия меняется в больших пределах, чем биомасса, если она рассматривается для определенных размерных классов. Суммарное значение обилия, по-видимому, менее изменчиво, чем обилие отдельных популяций.

ж) Видовое разнообразие. Число видов в данном таксоценозе обычно сильно зависят от числа и размера взятой пробы. Измерение разнообразия основано на суммарном числе видов и особей и относительном обилии особей данного вида.

з) Число высших таксонов. Простым методом биоиндикации может быть регистрация числа особей с определением их до рода, семейства или порядка. Например, обнаружено постепенное снижение числа таксономических групп мейофауны в направлении от открытого моря к загрязненным прибрежным зонам Южной бухты северного моря: на некоторых станциях оказалась всего одна группа (нематоды) или две (нематоды и копеподы) по сравнению с десятью группами на незагрязненных станциях прибрежных вод. Эти группы мейофауны легко определяются, и их число может служить в качестве полезного показателя для мониторинга антропогенных изменений.

и) Трофическая структура

Трофическое положение вида имеет важное значение для таких процессов, как биоаккумуляция и общий поток энергии в сообществе. Соотношение первичных продуцентов или консументов может быть связано с сукцессией и стабильностью

сообщества, а соотношение видов с различными типами питания может указывать на преобладающий вид энергии, доступный сообществу.

к) Сравнение сообществ Методы сравнения сообществ в пространстве и времени по своей природе носят статистический характер. Многие методы сейчас широко используются и уже имеются в виде стандартных вычислительных программ.

Воздействие на динамику растительных популяций

Антропогенные стрессоры могут влиять на все признаки растительных популяций. Наиболее чувствительно реагирует продуктивность. Она может многократно возрасти в результате ослабления конкурирующих видов. Изменяются также рождаемость и смертность, а в результате плотность популяции (число особей/площадь). Популяции с малой численностью особей находятся под особенно большой угрозой. В ответ на антропогенное нарушение происходит расширение или сокращение ареала популяции. В крайнем случае это может привести к исчезновению популяции и к вымиранию вида.

Очень важен для биоиндикации отбор устойчивых экотипов к действию антропогенных стрессоров. Экотип - совокупность особей любого вида организмов, приспособленная к условиям местообитания и обладающая наследственными признаками, обусловленными экологически. В природе разнообразие экотипов служит основой для поддержания одинаковой продуктивности популяции при переменных условиях обитания. При этом популяции многих видов содержат экотипы с высокой толерантностью к определенным антропогенным стрессорам. Биоиндикационное значение имеет тот факт, что нередко в поразительно короткие сроки (один или несколько вегетационных периодов) происходит вытеснение чувствительных и распространение устойчивых экотипов. Например, известны случаи отбора экотипов, устойчивых к тяжелым металлам, солям и сернистому газу. При сравнении береговой и растущей в отдалении от берегов популяции *Agrostis stolonifera* первая оказалась значительно солеустойчивей. Максисамосейка обладает значительной устойчивостью к гербицидам - он активно проникает в массивы зерновых, где раньше встречался только по окрайкам полей.

Воздействие антропогенных стрессоров на характер распространения растений

Изменение ареалов растений. Возросшая нагрузка на ландшафт (земледелие, выпас, индустриализация) вызвала во многих странах резкое сокращение лесных площадей, ареалов древесных пород и видов нижнего лесного яруса. Безлесные и слабооблесенные

ландшафты благоприятствуют вселению (иммиграции) многочисленных однолетних и многолетних растений.

Изменение местообитаний дало возможность многим видам продвинуться из своих исходных областей распространения на открытые, характеризующиеся теплым летом. Поэтому окультуренные ландшафты характеризуются медленным нарастанием числа адвентивных видов. Адвентивные или дополнительные виды - это виды, растущие в нетипичных местах.

Обеднение флоры. Ускоряется в результате устранения некоторых особых местообитаний полевых меж и тропинок, откосов, природных каменных стенок, переувлажненных участков, перелесков, суходольных лугов.

Причины уменьшения числа видов дикорастущих растений:

- * устранение особых местообитаний - 200 видов

- * осушение - 180 видов

- * землепользование - 180 видов

- * чрезмерная обработка почвы - 160 видов

- * разработка, выемка почвы - 120 видов

- * механические воздействия:

 - вытаптывание, стоянки - 100 видов

 - применение гербицидов - 90 видов

 - прополка, корчевание, выжигание - 80 видов

 - застаивание вод - 70 видов

 - сбор - 70 видов

 - загрязнение водоемов - 30 видов

 - урбанизация деревень - 20 видов

Ареалы растительных видов сильно изменяются под действием антропогенного стресса.

Это выражается в сокращении или расширении ареала различных растений.

Например, распространение накипного лишайника - относительно дымоустойчивого вида - позволяет оценить интенсивность многолетнего загрязнения воздуха данной территории.

1.5. Лекция № 5 (2 часа)

Тема: «Фитоиндикация почвенных условий»

1.5.1. Вопросы лекции:

1. Фитоиндикация почвенных условий

1. Фитоиндикация почвенных условий

Почва – это верхний слой земной коры, образовавшийся в результате разрушения горных пород под воздействием климата, живых организмов и производственной деятельности человека. Почва – это особое природное образование, обладающее рядом свойств, присущих живой и неживой природе. Она состоит из твёрдой, жидкой, газообразной и живой частей. Твёрдая часть – это минеральные и органические частицы, которые составляют 80-90% почвенной массы и состоят из песка, глины, илестых частиц, оставшихся от материнской породы в результате почвообразовательного процесса. Жидкая часть почвы, или почвенный раствор – вода с растворёнными в ней органическими и минеральными соединениями. Воды в почве содержится от 2 до 60%. Жидкая часть почвы участвует в снабжении растений водой и растворёнными элементами питания. Газообразная часть, почвенный воздух, содержит больше углекислого газа и меньше кислорода, чем атмосферный воздух, а также метан, летучие органические соединения и другие вещества. Живая часть почвы состоит из почвенных микроорганизмов. Почва содержит макро- и микроэлементы.

Плодородие почвы постоянно изменяется в зависимости от природных факторов и производственной деятельности человека – внесения удобрений, обработки, орошения или осушения. По условиям формирования, свойствам и признакам почвы разделяются на типы, подтипы, роды, виды и т. д.

Виды и способы обработки почвы определяются в первую очередь её физическими свойствами – плотностью, объёмной массой, связанностью, пластичностью, липкостью.

Плотность почвы характеризует отношение массы твёрдой фазы почвы к массе воды равного объёма при 40С. Чем выше плотность почвы, тем меньше содержит она перегноя и тем ниже её плодородие.

Объёмная масса почвы – масса 1 см³ абсолютно сухой почвы с ненарушенной структурой.

Связанность почвы – свойство почвы противостоять внешним воздействиям, направленным на разъединение её частиц.

Липкость – свойство влажной почвы прилипать к предметам.

От содержания влаги в почве зависят жизненные процессы растений и развитие микроорганизмов, а также приёмы механической обработки. В почве вода может быть в доступной и недоступной для растений форме. Наличие в почве тех или иных форм воды зависит от количества поступающей воды и от водных свойств почвы.

Элементы питания растений в почве находятся в виде органических и минеральных соединений. Наибольшую ценность представляют органические соединения почвы, составляющие важнейшую её часть – гумус (гумус – высокомолекулярные, тёмноокрашенные органические вещества почвы, образуется в результате размножения органических остатков). Главнейшие элементы почвенного питания растений – азот, фосфор, калий.

Почвенный раствор может иметь кислотную или щелочную реакцию. Сильнокислотный или сильнощелочной почвенный раствор действует на растения отрицательно. Большинство растений может нормально расти лишь при нейтральной, слабокислой или слабощелочной среде почвенного раствора.

Почва и растения не только взаимосвязаны, но и взаимозависимы.

1.6. Лекция № 6 (2 часа)

Тема: «Ландшафтная индикация экологических условий»

1.6.1. Вопросы лекции:

1. Ландшафтная индикация экологических условий

При ландшафтно-индикационных исследованиях используют внешние черты ландшафтов, доступные визуальному наблюдению, аэро- и космофотографированию, в качестве ориентировочных показателей различных явлений и процессов, непосредственное наблюдение которых затруднено (Викторов, Чикишев, 1990). Ландшафтная индикация определяет, прежде всего, геологические, гидрогеологические, гидрологические, почвенные и климатические условия, а также последствия деятельности человека по внешнему облику ландшафта, его отдельным компонентам. В качестве индикаторов используются ландшафты, урочища, фации, их наиболее физиономичные компоненты (рельеф, растительность, почвы, водоемы и др.), устойчивые сочетания компонентов, антропогенные элементы структуры местности. Одна из важных задач ландшафтоведения - изучение пространственно-динамической структуры ландшафтов с помощью наземных и дистанционных методов. К наземным методам относятся описания и исследования фаций, урочищ, ландшафтов и их компонентов на ландшафтных профилях, ключевых участках с последующим составлением ландшафтных карт, основой для которых являются топографические карты масштаба 1:100 000 и др. Среди дистанционных методов преобладают аэрофотосъемка и космическая съемка поверхности Земли. В качестве основы для ландшафтных карт используются аэрофото- и космофотоснимки, посредством их дешифрирования, последующего описания и уточнения выделенных ландшафтных контуров и структур в полевых условиях

наземными методами. Космофото- и аэрофотоснимки фиксируют лишь внешний, доступный фотографированию ярус ландшафта, в первую очередь, распределение форм рельефа и сопряженной с ними растительности. Растительность в этой мозаике часто имеет доминирующее значение. В целом территории по их физиономичности делят на орофизиономичные (ведущий компонент - рельеф, растительный покров разреженный и на снимках малозаметный), фитофизиономичные (наиболее заметна растительность, рельеф выравненный), педофизиономичные (хорошо видны пятна обнаженной почвы, солончаки), аквафизиономичные (хорошо видны водоемы, болота) и антропофизиономичные (легко обнаруживаются пашни, лесополосы, вырубки и т.д.). Чаще ландшафты орофитофизиономичные (легко дешифрируются растительность и расчлененный рельеф). На основе ландшафтных карт, космо- и аэрофотоснимков, выявленных индикационных связей и индикаторов составляются различные ландшафтно-индикационные карты (засоления, гидрогеологических условий, эрозионной сети, пастбищной нагрузки и т.д.). Виды дистанционных фотосъемок и их назначение

Аэрофотосъемка производится чаще на высоте до 800-1000 м с перекрытием изображений до $\frac{2}{3}$ для получения стереоскопического эффекта при дешифрировании фотоснимков. Различают аэрофотоснимки крупного (1:1000), среднего (1:10000) и мелкого (1:100000) масштабов. Космическую съемку проводят на высоте 10000-100000 км - с межпланетных автоматических станций типа «Зонд», 500-1500 км - с природных и метеорологических спутников; 200-400 км - с пилотируемых космических кораблей, долговременных орбитальных станций, спутников; менее 200 км - с экспериментальных спутников. При этом получают космические снимки крупного (1:100 000), среднего (1:1000000) и мелкого (1:10000000) масштабов. Наиболее распространены среднемасштабные аэроснимки: 1:10000 - 1:25000) и среднемасштабные космические снимки (1:500000 - 1:1000000). При изучении природной среды чаще используются интегральные черно-белые, полученные в широком диапазоне электромагнитного спектра (400-740 нм); зональные черно-белые аэрофото- и космофотоснимки, полученные в красной зоне спектра (600-740 нм) с использованием фильтров; цветные составные изображения, полученные путем синтеза изображений нескольких одинаковых черно-белых многозональных негативов с использованием цветных светофильтров. Сравнительно широко применяются также спектрзональные снимки, полученные в условных цветах в зоне спектра 500-800 нм с использованием пленок, имеющих три разных светочувствительных слоя, дающих голубое, желтое и пурпурное изображения: а также зональные черно-белые снимки, полученные в зонах 500-600 нм (голубая, зеленая и желтая части спектра) и 700-840 нм (красная и инфракрасная части спектра). Цветные снимки с натуральной цветопередачей,

получаемые с помощью многослойных светочувствительных пленок, находят ограниченное применение, так как с больших высот полета они не обеспечивают хорошей цветопередачи в связи с влиянием атмосферной дымки. Аэро- и космофотоснимки без потери качества можно увеличивать в 10 раз. Значительной помехой при выполнении космических съемок является наличие облачности. Снимки, на которых облаками покрыто более 20-30% площади, практически нельзя использовать для распознавания структуры ландшафта и его компонентов. Для дешифрирования снимков используются изображения на пленке в виде диапозитивов, которые просматривают с помощью специальных проекторов, а также контактные печатки на бумаге. Нетрансформированные аэро - и космические снимки используются для монтажа фотосхем, а трансформированные с устранением имеющихся искажений - фотопланов исследуемой территории. Полиграфически воспроизведенный фотоплан с координатной сеткой, а часто с горизонталями рельефа представляет собой фотокарту. С помощью материалов аэрокосмических съемок успешно решаются такие задачи, как составление ландшафтных, экологических, почвенных, геоботанических, геоморфологических и других тематических карт; инвентаризация природных условий, создание банка экологических данных, содержащего наиболее полные сведения о природных условиях; анализ и мониторинг состояния и динамики ландшафтов, экосистем и их компонентов на больших территориях; анализ состояния и динамики среды в результате антропогенных воздействий; прогнозирование состояния и динамики экосистем и их компонентов под влиянием естественных и антропогенных факторов; выявление индикационных связей между наиболее физиономичными и труднонаблюдаемыми компонентами ландшафта, составление ландшафтно-индикационных карт. Дешифрирование аэрокосмических снимков

Использование аэро - и космической фотоинформации включает ее дешифрирование (распознавание изучаемых природных образований или их индикаторов по тону, цвету, структуре рисунка фотоизображения, его размерам и сочетаниям с другими рисунками). Эти внешние характеристики присущи только фотофизиономичным компонентам ландшафта, имеющим непосредственное отражение на фотопленке и снимке благодаря различным спектральным яркостям, связанным со спектральными отражательными способностями объектов на поверхности Земли. В связи с этим только незначительное число природных компонентов может быть отдешифрировано по прямым признакам (формы рельефа, растительность, водоемы, поверхностные отложения и др.). С увеличением высоты фотографирования уменьшается роль зонального растительного покрова в формировании рисунка фотоизображения и увеличивается значение мезо- и макроформ рельефа. Для лучшего отображения и дешифрирования тех или иных объектов

и применяются различные виды аэрофото - и космосьеомок, выполненные в разные сезоны года (весной, летом, осенью, зимой). Например, для ландшафтных исследований в лесной зоне предпочтительно использование фотоснимков, полученных летом в зоне спектра 600-700 нм. Литологические разности коренных и четвертичных отложений лучше отражаются в зоне спектра 520-560 нм, рыхлые четвертичные отложения - в зоне 500-600 нм. Для дешифрирования растительного покрова достоверные результаты получаются при использовании спектрзональных космических снимков, а также черно-белых, выполненных в зоне спектра 660-720 или 600-700 нм. При изучении и картографировании почвенного покрова лучшими признаны фотоснимки, полученные в зонах спектра 460-580 и 600-700 нм, и спектрзональные снимки весеннего и осеннего сроков. Зона спектра 700-890 нм наиболее информативна для дешифрирования гидрографии, увлажненности; 460-580 нм - подводной растительности, солончаков и засоленных почв, 520-560 нм - для определения механического состава почв и т.д. (Востокова, Сущеня и др., 1988). Иными словами, дешифрирование снимков это целенаправленное изучение фотоизображения с целью прямого или косвенного опознания отображенных на них изучаемых объектов, определения их качественных и количественных характеристик. Наибольшее распространение получил ландшафтный метод дешифрирования аэроснимков, основывающийся на изучении по фотоизображению общих закономерностей ландшафта и индикационных связей между отдельными природными элементами. Для дешифрирования характерно сочетание полевых и камеральных работ. Камеральное дешифрирование заключается в определении объектов по их дешифровочным признакам. При полевом дешифрировании опознание объектов производится на местности путем описания и сравнения объекта в натуре с его изображением на снимке. Полевое дешифрирование производят также для создания дешифровочных эталонов на типичные ключевые участки, которые потом используют при камеральном дешифрировании. Они обычно состоят из набора стереограмм различного формата, содержащих изображение заранее подобранных типичных объектов дешифрирования, и отдельного описания (ключа) к пользованию ими. Переходя от общего к частному и выбирая из двух взаимоисключающих описаний одно, дешифровщик находит требуемую стереограмму. В зависимости от технических средств и приемов различают визуальное, измерительное и автоматизированное дешифрирование. До настоящего времени наибольшее распространение имеет визуальное дешифрирование. Для лучшего рассматривания снимков применяют следующие приборы: увеличительные лупы с 2-, 4- и 10-кратным увеличением, зеркальные и призмённые стереоскопы, стереоскопы с переменным увеличением, стереопантометр, интерпретоскоп. Наиболее универсальный

стереоскопический прибор для дешифрирования космических снимков - интерпретоскоп.

Ландшафтно-индикационное дешифрирование. Для эффективного применения ландшафтно-индикационного метода дешифрирования, правильной и достоверной интерпретации снимков необходимо установление фотофизиономичных индикаторов изучаемых объектов на основе знания внутриландшафтных взаимосвязей. Внутриландшафтные связи выявляют на основе анализа сопряженных фактических данных по компонентам ландшафта, его структуре путем изучения литературных, фондовых и картографических источников или по полевым исследованиям на эталонных участках. Затем устанавливают достоверные фотофизиономичные индикаторы изучаемых объектов и прямые дешифровочные признаки выявленных индикаторов. Дешифрирование аэрокосмической информации идет по схеме: фотоизображение - опознаваемый индикатор - индицируемый объект (индикат). Среди индикаторов выделяют частные, представленные отдельными элементами компонентов ландшафтов, и комплексные, образованные устойчивыми сочетаниями частных индикаторов. Среди частных индикаторов различают геоморфологические (формы нано -, микро-, мезо- и макрорельефа; морфоструктуры; особенности рельефа, обусловленные тектоническими процессами), почвенные, геоботанические (растительные сообщества, их комплексы, комбинации, мозаики, экологические и эколого-генетические ряды, сезонные аспекты растительного покрова), ботанические (виды, специфические и аномальные формы роста растений), гидрологические (внешние особенности гидросети), тектонические, геологические, флювиальные (древняя речная сеть), литологические (обнажения почвообразующих пород), антропогенные. Большое индикационное значение имеет анализ рисунков фотоизображений на снимках, образованных различными компонентами ландшафта, особенно растительными сообществами. Фитоценотические рисунки это мозаики, образованные на земной поверхности растительными сообществами. Подобные узоры часто связаны с условиями, скрытыми от непосредственного наблюдения, и несут самостоятельную индикационную информацию (Викторов, 1994). При анализе рисунков учитывают следующие их особенности: 1) состав рисунка; 2) форма контуров; 3) ориентировка контуров; 4) метрические особенности взаиморасположения; 5) пространственные взаиморасположения контуров. Фитоценотический рисунок представляет собой географическое образование, создаваемое комплексом физико-географических факторов. Факторами формирования рисунка выступают геологические условия, климатические особенности, рельеф поверхности, почвенные условия, деятельность животных, человека, воздействие самого растительного покрова. В большинстве случаев ведущий фактор формирования рисунка - геолого-

геоморфологические условия. Рисунки, как правило, полигенетичны. Их разные геометрические особенности имеют разный возраст и генезис. В частности, линейное взаиморасположение контуров может быть связано с тектоническими нарушениями, а их округлая форма - с суффозионно-карстовыми процессами. Геометрические особенности рисунка представляют собой очень чуткое и концентрированное отражение генезиса территории. Анализ фитоценотического рисунка имеет большое значение при индикации литологических особенностей, геологических условий, разрывных нарушений, тектонических структур, грунтовых вод, природных процессов. Использование соседства фитоценозов и рисунков дает хорошие результаты при индикации природных процессов, миграционных потоков. Подобные закономерные сочетания и соседства часто соответствуют областям сноса, транзита и аккумуляции. Степень однородности рисунков отражает единообразие условий формирования. Рисунки диффузные, полосчатые, полигональные, извилисто-полосчатые отражают главнейшие факторы формирования ландшафтной структуры, древние процессы формирования рисунка. Рисунки с господством округлых и серповидных форм отражают современные процессы формирования рисунка. Мононаправленные и динаправленные рисунки отражают преобладающую ориентировку ландшафтных контуров. Монодоминантные и бидоминантные рисунки обусловлены количеством доминирующих составляющих в ландшафте. Фоновые и бесфоновые рисунки связаны со стадиями формирования структуры ландшафта. Например, полосчатые рисунки формируются при близком залегании к поверхности слоистых осадочных пород (глин, песчаников, мергелей и т.д.). Особенно широко они распространены на территориях с небольшой мощностью четвертичных отложений. Большое значение приобретает индикационная интерпретация как элементов горизонтальной структуры растительных сообществ (микрогруппировок, микрофитоценозов, слагаемых ими мозаик), так и микрофациальной и фациальной структуры ландшафта. Элементы нано - и микроструктуры ландшафта являются хорошими индикаторами ранних стадий развития различных процессов. Принципы составления ландшафтно-индикационных карт. Ландшафтно-индикационные карты составляются на основе ландшафтных карт. На них наиболее полно показываются взаимосвязи между отдельными компонентами ландшафта, соседними ландшафтами. Индикационные ландшафтные взаимосвязи представляют в виде ландшафтно-индикационных таблиц, которые являются основой для построения легенд ландшафтно-индикационных карт. В таких таблицах прослеживается взаимосвязь между отдельными компонентами ландшафта и приводится описание индикаторов (чаще всего это рельеф и растительность), их основных дешифровочных признаков, объектов индикации

(индикаторов: почва, литология поверхностных отложений, гидрологические условия, характер эрозионной опасности). Ландшафтная индикация динамики природной среды и антропогенных изменений экологических условий. С помощью метода ландшафтной индикации могут быть изучены и отражены на картах по аэрофото- и космическим снимкам основные природные экзогенные процессы; в частности: заболачивание, подтопление, засоление, опустынивание (обусловлены деятельностью подземных и поверхностных вод, атмосферных осадков); плоскостная эрозия, линейная эрозия с образованием рытвин и промоин, овражная эрозия с образованием оврагов (деятельность поверхностных вод); карстовые явления и суффозия (деятельность подземных и поверхностных вод), оползневые процессы (деятельность гравитационных сил, подземных вод), ветровая эрозия, эоловые процессы (деятельность ветра), зарастание и заторфовывание водоемов (биогенная деятельность). Ландшафтно-индикационное дешифрирование аэро- и космической информации также позволяет наиболее объективно и на значительной площади установить и отразить на картах виды, характер, степень и силу антропогенных воздействий, проявляющихся на исследуемой территории. Развитие природно-антропогенных и антропогенных процессов определяется совокупностью факторов, возникших под влиянием деятельности человека и природных экзогенных процессов. В большинстве случаев они отличаются от природных процессов большей интенсивностью, быстротой развития, более разнообразным характером и ограниченной площадью своего проявления. К основным антропогенным процессам, дешифрируемым на снимках, относятся проседание земной поверхности (горные выработки), осушение болот, заболоченных земель (проведение осушительных мероприятий), осушение и переосушение (понижение уровня грунтовых вод при горных разработках); поверхностное переувлажнение (выпас скота), заболачивание почв (сенокошение), переувлажнение (рубка леса, лесные пожары), ветровая эрозия (проведение строительных работ, распашка земель), водная эрозия (уничтожение естественной растительности, распашка склонов), заболачивание, засоление (чрезмерное орошение), опустынивание (уничтожение растительного покрова, перераспределение поверхностного стока) и др. Различают три степени антропогенных воздействий, прямо или косвенно влияющих на природную среду. Слабое однократно или непостоянно действующее воздействие не вызывает перестройки ландшафтной структуры, характерно для территорий с экстенсивным ведением хозяйства. Средние или сильные однократные антропогенные воздействия дают толчок для ускорения природных процессов, что приводит к перестройке структуры ландшафта. Сильное многократное или постоянно действующее антропогенное воздействие приводит к формированию новых, антропогенных ландшафтов. Примером слабого антропогенного

воздействия могут служить пастбища при строгом соблюдении норм выпаса, среднего - вырубка леса, распашка земель, сильного - строительство городов, водохранилищ, горнопромышленные комплексы. В Западной Европе выделяют несколько степеней окультуренности ландшафтов: 1. Неокультуренные ландшафты. Антропогенные воздействия отсутствуют (скалистые, болотистые, тундровые области, высокогорья). 2. Слабоокультуренные ландшафты (леса с незначительным уходом, слабым выпасом, развитием низинных и верховых болот). 3. Среднеокультуренные ландшафты (используемые луга, пастбища, вырубки и раскорчевки леса, реже распашка земель). 4. Типичные окультуренные агроландшафты с интенсивно используемыми пастбищами, регулярной вспашкой, применением удобрений, пестицидов. 5. Сильноокультуренные ландшафты с применением глубокой вспашки, почти полным уничтожением естественной растительности. Доля чуждых, ранее отсутствовавших элементов (неофитов) во флоре ландшафтов первой степени составляет 0, второй - менее 5, третьей - 5 -12, четвертой - 13-17, пятой -18-22%. Основными методами выявления и исследования экзогенных природных и антропогенных процессов с помощью аэрокосмической информации являются изучение в полевых условиях и дешифрирование на снимках пространственно-экологических рядов, территориальных комплексов и их индикаторов с последующей экстраполяцией стадий изучаемого процесса во времени на основании смены стадий развития процесса в пространстве, либо на основе дешифрирования и сравнения аэрофото - и космоснимков, полученных при фотосъемке одной территории через значительные промежутки времени. Ландшафтно-индикационный подход к прогнозированию динамики экологических условий. При прогнозировании экологических условий различают пространственный и пространственно-временной географические прогнозы. К первому можно отнести прогноз нахождения того или иного объекта на территории, не обследованной непосредственно, а лишь на основе экстраполяционных построений. Ко второму - прогноз пока еще не существующих изменений экологических условий, но возможных при естественном ходе развития природной среды или осуществлении тех или иных. В соответствии с двумя указанными видами прогнозов динамики природной среды составляют два типа прогнозных карт: 1) карты, отражающие распределение в пространстве какого-либо индикатора природных процессов, на основании чего можно прогнозировать наличие этих процессов, стадии и скорости их развития на всей площади исследования; 2) карты, отражающие возможное состояние природной среды в будущем при тех или иных условиях антропогенного воздействия или естественного развития ландшафтов. В настоящее время наибольшее распространение получили пространственно-временные прогнозы динамики природной среды под воздействием

антропогенных факторов. Они начали особенно широко разрабатываться в связи с планированием строительства крупных гидротехнических сооружений, мелиорацией земель, перераспределением стока крупных рек. Составление пространственно-временных прогнозов проводится в несколько этапов, каждый из которых завершается разработкой специальных карт. На первом этапе изучается современное состояние территории и использование ее природных ресурсов на основе аэрокосмической информации, топографических карт, полевых исследований наземными методами с составлением ландшафтной карты и других карт современного состояния природной среды, в том числе современного использования земель. Цель второго этапа - изучение динамики природной среды и ее естественных тенденций на основе анализа разновременных аэро- и космических снимков одной территории, ранее составленных ландшафтной и тематических карт, многолетних наблюдений за динамикой природных процессов на ключевых участках. В итоге этого этапа получают карты динамики природной среды. На третьем этапе изучают проектные материалы, устанавливают возможные или планируемые антропогенные воздействия, составляют карты размещения планируемых мероприятий. На четвертом этапе исследуют особенности устойчивости природных территориальных комплексов к антропогенным воздействиям, возможной реакции комплексов на воздействия с использованием литературных сведений, фондовых материалов по свойствам отдельных компонентов среды, их взаимосвязям, динамике, возможным реакциям; разновременной аэрокосмической информации. Результатом этого этапа является составление оценочных карт устойчивости территориальных комплексов, схем ландшафтных взаимосвязей, предварительных прогнозных карт. На заключительном пятом этапе на основе данных, полученных на предыдущих этапах, разрабатываются карты прогноза динамики природной среды, карта оптимального варианта планируемых воздействий. В большинстве случаев, основой прогнозных карт являются ландшафтно-индикационные карты, на которых объектами индикации являются литология и засоление поверхностных отложений, гидрогеологические условия (глубина залегания и степень минерализации грунтовых вод), почвы, тектонические движения и др. При разработке прогнозных карт большое значение имеет комплексная оценка экологических условий территории, системный подход к их построению, учет региональных особенностей, существующих и планируемых хозяйственных мероприятий, устойчивости территории к фактору воздействия. В легенде карты прогноза динамики природной среды указываются современные состояния ландшафтов, степени их изменения, прогнозируемые состояния основных компонентов, производных природно-территориальных комплексов, появление которых предполагается в результате изменения условий.

1.7. Лекция № 7 (2 часа)

Тема: «Биоиндикация загрязнения состояния окружающей среды»

1.7.1. 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 лихеноиндикационных 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 (LD50= 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 рН 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, BaSr, 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.

1.8. Лекция № 8 (2 часа)

Тема: «Индикация загрязнений окружающей среды методами биологического тестирования»

1.8.1. Вопросы лекции:

1. Индикация загрязнений окружающей среды методами биологического тестирования

1. Индикация загрязнений окружающей среды методами биологического тестирования

(Б.и.) - организмы, которые реагируют на изменения окружающей среды своим присутствием или отсутствием, изменением внешнего вида, химического состава, поведения.

При экологическом мониторинге загрязнений использование Б.и. часто дает более ценную информацию, чем прямая оценка загрязнения приборами, так как Б.и. реагируют сразу на весь комплекс загрязнений. Кроме того, обладая <памятью>, Б.и. своими реакциями отражают загрязнения за длительный период. На листьях деревьев при загрязнении атмосферы появляются некрозы (отмирающие участки). По присутствию некоторых устойчивых к загрязнению видов и отсутствию неустойчивых видов (например, лишайников) определяется уровень загрязнения атмосферы городов.

При использовании Б.и. важную роль играет способность некоторых видов аккумулировать загрязняющие вещества. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС были зафиксированы в Швеции при анализе лишайников. Сигнализировать о повышенном содержании бария и стронция в окружающей среде могут береза и осина неестественно зеленым цветом листьев. Аналогично в ареале рассеяния урана вокруг месторождений лепестки иван-чая становятся белыми (в норме - розовые), у голубики темно-синие плоды приобретают белый цвет и т. д.

Для выявления разных загрязняющих веществ используются разные виды Б.и.: для общего загрязнения - лишайники и мхи, для загрязнения тяжелыми металлами - слива и фасоль, диоксидом серы - ель и люцерна, аммиаком - подсолнечник, сероводородом - шпинат и горох, полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) - недотрога и др.

Используются и так называемые <живые приборы> - растения-индикаторы, высаженные на грядках, помещенные в вегетационные сосуды или в специальных коробочках (в последнем случае используют мхи, коробочки с которыми называются бриометрами). <Живые приборы> устанавливают в наиболее загрязненных частях города.

При оценке загрязнения водных экосистем в качестве Б.и. могут использоваться высшие растения или микроскопические водоросли, организмы зоопланктона (инфузории-туфельки) и зообентоса (моллюски и др.). В средней полосе России в водоемах при загрязнении воды разрастаются роголистник, рдест плавающий, ряски, а в чистой воде - водокрас лягушачий и сальвиния.

С помощью Б.и. можно оценивать засоление почвы, интенсивность выпаса, изменение режима увлажнения и т. д. В этом случае как Б.и. чаще всего используется весь состав фитоценоза. Каждый вид растений имеет определенные пределы распространения (толерантности) по каждому фактору среды, и потому сам факт их совместного произрастания позволяет достаточно полно оценивать экологические факторы.

Возможности оценки среды по растительности изучаются специальным разделом ботаники - индикационной геоботаникой. Ее основной метод - использование экологических шкал, т. е. специальных таблиц, в которых для каждого вида указаны пределы его распространения по факторам увлажнения, богатства почвы, засоления, выпаса и т. д. В России экологические шкалы были составлены Л. Г. Раменским.

Широкое распространение получило использование деревьев как Б.и. изменения климата и уровня загрязнения окружающей среды. Учитывается толщина годовичных колец: в годы, когда выпадало мало осадков или в атмосфере повышалась концентрация загрязняющих веществ, образовывались узкие кольца. Таким образом, на спиле ствола можно видеть отражение динамики экологических условий.

Основные подходы биотестирования

«Подходами» можно условно назвать группы методов, характеризующих сходные процессы, происходящие с тест-объектами под влиянием антропогенных факторов.

Основные подходы:

- Биохимический подход
- Генетический подход
- Морфологический подход
- Физиологический подход
- Биофизический подход
- Иммунологический подход

Биохимический подход

Стрессовое воздействие среды можно оценивать по эффективности биохимических реакций, уровню ферментативной активности и накоплению определённых продуктов обмена. Изменение содержания в организме определённых биохимических соединений, показателей базовых биохимических процессов и структуры ДНК в результате биохимических реакций могут обеспечить необходимую информацию о реакции организма в ответ на стрессовое воздействие.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1. Лабораторная работа № 1,2 (ЛР-1,2) (4 часа).

Тема: «Закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы: правило «оптимума»

2.1.1 Цель работы: изучить закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы: правило «оптимума»

2.1.2 Задачи работы:

1. изучить закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы: правило «оптимума»;
2. определить пределы выносливости ассимилирующего аппарата древесных растений к высоким температурам.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
водяная баня, чашки Петри, раствор соляной кислоты, пинцет, термометр

2.1.4 Описание (ход) работы:

1. Перед занятием нагреть водяную баню до 40°C, в самом начале занятия погрузить в нее пучок из 5 одинаковых листьев исследуемых растений, скрепив черешки проволокой.
2. Выдержать листья в воде в течение 30 мин, поддерживая температуру на уровне 40°C.
3. Затем взять первую пробу: оторвать по одному листу каждого вида растений и поместить в чашку Петри с холодной водой.
4. После охлаждения взять лист пинцетом и перенести в чашку с соляной кислотой.
5. Поднять температуру в водяной бане до 50°C и через 10 мин после этого извлечь из нее еще по одному листу, повторив операцию и перенести охлажденный в воде лист в новую чашку Петри с соляной кислотой.
6. Так постепенно довести температуру до 80°C, беря пробы через каждые 10 мин при повышении температуры на 10°C.
7. Через 20 мин после погружения листа в НСІ учесть степень повреждения по количеству бурых пятен. Результаты записать в таблицу, обозначив отсутствие побурения знаком «-», слабое побурение «+», побурение более 50% площади листа «++» и сплошное побурение «+++».
8. Записать результаты по разным древесным растениям в общую таблицу.

Объект	Степень повреждения листьев				
	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C

9. Построить ряд термостойкости древесных пород или комнатных растений по степени убывания. Сделать соответствующие выводы.

2.2. Лабораторная работа № 3,4 (ЛР-3,4) (4 часа).

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

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

2.2.2 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.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

линейка, калька, весы, микрокалькулятор.

2.2.4 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:

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

2.3. Лабораторная работа № 5 (ЛР-5) (2 часа)

Тема: «Клеточный и тканевой уровни»

2.3.1 Цель работы: изучить влияние обезвоживания древесных растений на состояние клеток листовой пластинки.

2.3.2 Задачи работы:

1. изучить влияние обезвоживания древесных растений на состояние клеток листовой пластинки
2. изучить влияние загрязнения на водный обмен клеток и тканей древесных растений.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
микроскоп, лезвие, предметные стекла.

2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Рассматривают под микроскопом свежеприготовленные срезы листьев разных древесных растений, растущих в относительно чистой зоне, но встречающихся в уличных посадках города, окрашенные «нейтральным красным» и плазмолизированные молярным раствором сахарозы.
2. Подсчитывают оставшиеся живыми клетки по возникшему плазмолизу. Чем больше осталось живых клеток, тем лучше растение выносит обезвоживание.
3. Строят ряд устойчивости клеток разных растений к обезвоживанию (устойчивости к сернистому газу).

2.4. Лабораторная работа № 6,7 (ЛР-6,7) (4 часа)

Тема: «Биоиндикация на организменном уровне»

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

2.4.2 Задачи работы:

1. изучить особенности индикации на организменном уровне;
2. изучить методику индикационных исследований по изменению феноритмов у растений.

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

2.4.4 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.

2.5. Лабораторная работа № 8,9 (ЛР-8,9) (4 часа).

Тема: «Популяционный и экосистемный уровни»

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

2.5.2 Задачи работы:

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

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

2.5.4 Описание (ход) работы:

1. Для работы необходимо выбрать участок (-и), который испытывает влияние какого-либо источника загрязнения (автотрасса, 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 ИСФ не превышает 30%, а на загрязняемых может повышаться до 70-80%.

6. Сделать вывод.

2.6. Лабораторная работа № 10 (ЛР-10) (2 часа).

Тема: «Фитоиндикация почвенных условий»

2.6.1 Цель работы: оценить загрязнение почвы по всхожести семян и проросткам кресс-салата.

2.6.2 Задачи работы:

1. изучить особенности фитоиндикации почвенных условий;
2. определить загрязнение почвы по всхожести семян и проросткам кресс-салата.

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
чашки Петри, фильтровальная бумага, речной песок, образцы почв, семена кресс-салата.

2.6.4 Описание (ход) работы:

1. Предварительно проверяют семена на всхожесть (всхожесть – процент проросших семян от числа посеянных): норма – 90-95% проросших семян при температуре 20-25°C за 3-4 суток. Для этого размещают семена на прикрытый фильтровальной бумагой влажный и промытый речной песок (можно просто на бумагу, но

она быстро высыхает), насыпанный толщиной 1 см в любые ёмкости (лучше чашки Петри).

2. Затем на увлажнённый субстрат – соответственно чистый и загрязнённый – раскладывают по 30-50 семян на примерно одинаковом расстоянии друг от друга, присыпают тем же субстратом и увлажняют. Повторность для каждого варианта опыта (и контроле тоже) – не менее трех чашек. Данные по повторностям каждого варианта усредняют, обрабатывают математически (дисперсионный анализ), чтобы определить достоверность различий данных по вариантам.

Уровни загрязнения субстрата:

– нет загрязнения – всхожесть 90-100%; всходы дружные, проростки крепкие, ровные;

– слабое загрязнение – всхожесть 60-90%; проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные;

– среднее загрязнение – всхожесть 20-60%; проростки тоньше и короче, чем в контроле, некоторые могут иметь морфологические отклонения;

– сильное загрязнение – всхожесть очень слабая (до 20%); проростки мелкие и уродливые.

Заполнить таблицу и сделать вывод о степени загрязнения субстрата. В таблицу вносят средние данные.

Скорость прорастания семян кресс-салата

Субстрат	Число проросших семян, %				Всхожесть, %
	1 сут.	2 сут.	3 сут.	...	
Вариант 1					
Вариант 2					
...					

2.7. Лабораторная работа № 11 (ЛР-11) (2 часа).

Тема: «Ландшафтная индикация экологических условий»

2.7.1 Цель работы: ознакомиться с методикой ландшафтной индикации по типам леса.

2.7.2 Задачи работы: ознакомиться с методикой ландшафтной индикации по типам леса.

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
справочные материалы

2.7.4 Описание (ход) работы:

1. Перечислите характерных представителей напочвенного покрова в следующих типах леса:

Тип леса	Представители напочвенного покрова (индикаторы типов леса)
Сосняк-лишайниковый Сухая суборь (В1) Сухая судубрава (С1) Очень сухой бор (Ао) Влажная суборь (Вз) Сухая дубрава (Д1) Сосняк-брусничник Ельник-кисличник Сосняк-долгомошник Ельник – травяно- болотный Сосняк-черничник Влажный бор (Аз)	

2. Какие типы условий местопроизрастания (по П.С. Погребняку) соответствуют следующим типам леса (по В.Н. Сукачеву)

Тип леса (по В.Н.Сукачеву)	Тип условий местопроизрастания (по П.С. Погребняку)
Сосняк- лишайниковый Сосняк – долгомошник Сосняк – брусничник Сосняк – черничник Ельник – кисличник Ельник – липовый Ельник – приручейный Ельник – брусничник	

3. Дайте характеристику гидротопам (по П.С. Погребняку).

Гидротопы	Почва, степень увлажнения, уровень грунтовых вод	Господствующие древесные породы, их класс бонитета. Подлесок.	Характерные представители напочвенного покрова

0. Крайне сухие местообитания (ксерофильные)

1. Сухие местообитания (мезоксерофильные)

2. Свежие местообитания (мезогигрофильные)
3. Влажные местообитания (мезогигрофильные)
4. Сырые местообитания (гигрофильные)
5. Лесные болота (ультрогигрофильные)

2.8. Лабораторная работа № 12,13 (ЛР-12,13) (4 часа).

Тема: «Биоиндикация загрязнения состояния окружающей среды»

2.8.1 Цель работы: построить карту состояния среды на определенной территории по реакциям хвойных.

2.8.2 Задачи работы:

1. изучить особенности индикации состояния окружающей среды;
2. построить карту состояния среды на определенной территории по реакциям хвойных.

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
лупа, весы, линейки.

2.8.4 Описание (ход) работы:

Изучение хвои

1. Хвою осматривают при помощи лупы, выявляют и зарисовывают хлорозы, некрозы кончиков хвоинок и всей поверхности, их процент и характер (точки, крапчатость, пятнистость, мозаичность).

2. Измеряют длину хвои на побеге прошлого года, а также ее ширину (в середине хвоинки) при помощи измерительной лупы. Повторность 10-20-кратная.

3. Устанавливают продолжительность жизни хвои путем просмотра побегов с хвоей по мутовкам.

4. Вычисляют массу 1000 штук абсолютно сухих хвоинок.

5. Определяют степень сближенности хвоинок.

Во всех случаях измерений выводится среднее.

Схема записи результатов измерений хвои

Место взятия образца	Длина, мм	Ширина, мм	Продол- житель- ность жизни, лет	Число хвоинок на 10 см побега, шт.	Вес 1000 шт, г	Некрозы	
						%	харак- тер

--	--	--	--	--	--	--	--

Изучение побегов

6. Измеряют длину прироста каждого года, начиная от последнего, двигаясь последовательно по междоузлиям от года к году.

7. Устанавливают толщину осевого побега (на примере двухлетнего).

8. В местах мутовок подсчитывают ветвление, выводится среднее.

9. На побегах устанавливают наличие некрозов (точечное или другой формы отмирание коры).

Изучение почек

10. Подсчитывают число сформировавшихся почек, вычисляют среднее.

11. Измеряют длину и толщину почек измерительной лупой.

Схема записи результатов измерений побегов и почек

Место	Побеги			Почки		
	Длина осевых побегов	Толщина осевых побегов	Ветвление, шт	Число, шт	Длина, мм	Толщина, мм

Примечание. Для построения карты состояния среды на определенной территории по реакциям хвойных все биометрические показатели выражаются в баллах (самый высокий балл - 5 - в чистой зоне) и наносятся на карту, а затем контурными линиями выделяются зоны разной степени загрязнения.

2.9. Лабораторная работа № 9 (ЛР-9) (2 часа).

Тема: «Индикация загрязнений окружающей среды методами биологического тестирования»

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

2.9.2 Задачи работы:

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

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.9.4 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 coleoptiles на фракции: 1,5-2 мм, 2-2,5 мм и работают на преобладающей фракции.
4. От coleoptile 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 coleoptiles помещают (по 10 шт.) в пенициллиновые бутылочки с испытуемым раствором, которые закрывают резиновыми пробками. Повторность опытов - трехкратная.
6. Пенициллиновые бутылочки осторожно поворачивают набок, отрезки coleoptiles 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 coleoptiles. 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.