

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ботаники и защиты леса

Л.С. Некрасова

Ю.Л. Вигоров

ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Методические указания
к практическим занятиям и семинарам
для студентов очной формы обучения,
специальности 020802 «Природопользование»,
250100 «Лесное дело», 250201 «Лесное хозяйство»,
250203 «Садово-парковое и ландшафтное строительство»,
250401 «Лесоинженерное дело», 270205 «Автомобильные дороги и
аэродромы»

Екатеринбург
2010

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛХФ.
Протокол № 4 от 18 февраля 2010 г.

Рецензент – канд. физико-математических наук доктор биологических наук В.С. Мазепа

Редактор О.В. Атрошенко
Оператор компьютерной верстки Г.И. Романова

| | | |
|-----------------------------|-------------------|----------------------|
| Подписано в печать 13.12.10 | | План. резерв |
| Плоская печать | Формат 60x84 1/16 | Тираж 150 экз. |
| Заказ № | Печ. л. 3,98 | Цена 19 руб. 68 коп. |

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания к практическим занятиям и семинарам по экологии предназначены для студентов лесохозяйственного факультета УГЛТУ по специальностям «Природопользование», «Лесное хозяйство», «Садово-парковое и ландшафтное строительство» и «Лесное дело». Составляя задания, мы преследовали не только общеобразовательную цель – закрепить важнейшие понятия курса экологии. Практические занятия дают навыки в получении и обработке экологических данных. Большинство заданий адаптировано к специальностям, получаемым студентами.

Основным объектом и материалом для занятий явились растительные сообщества, популяционные характеристики лесных пород, экологические, биологические и морфоанатомические признаки деревьев и кустарников Урала. Во время практических занятий студенты имеют возможность сами проверить важные закономерности ряда разделов экологии, таких как факториальная, популяционная экология, структура и функция сообществ, биоразнообразие, некоторые явления в системе «человек – природа», приемы экологического мониторинга и биоиндикации.

ЗАНЯТИЕ 1

Тема «Экскурсия в Лесопарк имени лесоводов России»

Лесопарки сплошным кольцом окружают Екатеринбург. Некоторые из них, например Уктусский, заходят в жилые районы. Одно из учебных зданий УГЛТУ расположено на краю Лесопарка имени лесоводов России. В 1966 г. в Свердловске проходило Всероссийское совещание лесничих, на котором решили в пределах городской территории на базе соснового бора заложить лесопарк. Каждая делегация посадила лиственницу. Так появилась Аллея лесоводов России. Лесопарк расположен в восточной части Екатеринбурга, к югу от Сибирского тракта. В нем выделены парковая (площадь 43 га) и лесопарковая (663 га) зоны. Парковая зона находится в центре территории. В ранее заболоченной долине речки Черная, которая впадает в р. Исеть, обустроены три небольших пруда – любимые места отдыха горожан.

Зеленый массив этого лесопарка – благоустроенный лес, в основном спелый сосняк с небольшой примесью мелколиственных пород (берез и осин). Под пологом леса растут типичные для Урала породы (рябина, шиповник, жимолость, можжевельник). Видовой состав лесопарка обогащен несколькими десятками интродуцированных на Урале пород – кизильниками, сиренями, кленами, пенсильванской черемухой и другими деревьями и кустарниками. Территория лесопарка условно разделена на природно-климатические зоны. В каждой из них на опушках и полянах высажены растения, свойственные этим зонам.

Леса лесопарка относят к первой группе. В них разрешены рубки ухода и ландшафтные рубки. Это способствует формированию долговечных насаждений высокой декоративной и эстетической ценности. Из агротехнических приемов ухода применяют по необходимости рыхление почвы, внесение удобрений, посев трав на полянах. Посетители лесопарка могут свободно перемещаться по всей его территории, однако перемещение регулируется дорожно-тропиночной сетью. Здесь можно собирать грибы, ягоды, рвать цветы (кроме занесенных в Красную книгу). В лесопарке запрещены охота, пастьба скота, заготовка сена.

От главного входа в лесопарк со стороны Сибирского тракта дорожки ведут к монументу, заложенному в память о Всероссийском совещании лесничих, к лиственничной аллее, а затем – в парковую зону.

Цель занятия

На маршруте от здания УГЛТУ до прудов на речке Черная необходимо познакомиться с первичным сбором научного материала для характеристики двух участков лесопарка (у входа и в глубине его). Во время экскурсии студентов знакомят с такими понятиями, как биогеоценоз, экосистема, сукцессия, климаксное сообщество, с явлениями аллелопатии, эффекта группы, конкуренции. На вырубке под ЛЭП им демонстрируют явление экотона, пионерные растения, а также растения, различающиеся эколого-ценотическими стратегиями (виоленты, пациенты и эксплеренты), у водоемов их знакомят с проявлениями водной (гидрической) сукцессии, с разными жизненными формами растений.

Оборудование

Мерная лента или мерная вилка, рулетка, блокнот, карандаш.

Студенты выполняют задание группами по 4–5 человек.

Задание

1. Установите название господствующей породы и сопутствующих древесных пород.
2. Опишите состояние подроста основной древесной породы.
3. Назовите виды кустарников в кустарниковом ярусе и оцените встречаемость разных видов.
4. Отметьте наличие лишайников на стволах деревьев.
5. Оцените степень рекреационной нагрузки в разных частях лесопарка по уплотнению почвы, распаду травостоя, присутствию вдоль дорожек одуванчика, подорожника, средней звездчатки (мокрицы) и других растений нарушенных местообитаний.
6. Изучите морфологические признаки господствующей древесной породы (сосны – *Pinus sylvestris* L.): измерьте диаметры 30 деревьев на высоте 1,3 м, опишите тип усыхания и жизненное состояние деревьев. Измерьте расстояния между деревьями. Рассчитайте средние значения этих признаков.
7. Составьте графики (в виде гистограмм) распределений диаметров сосен и дистанций между деревьями.

8. Опишите состояние леса на обоих участках по всем изученным параметрам. Сделайте выводы о влиянии рекреационной нагрузки на лес.

Перед экскурсией студенты должны записать в свою лабораторную тетрадь следующие характеристики деревьев.

Тип усыхания сосны

1. Комлевой.
2. Вершинный.
3. Одновременный.
4. Стволовой.
5. Местный.

Жизненное состояние деревьев (Бебия 2000)

1. Здоровое дерево: крона симметричная, густая. Мертвые и отмирающие ветви единичны, лишь в нижних частях кроны.

2. Угнетенное дерево: крона несколько асимметрична, сдавлена в одну сторону. Мертвые и усыхающие ветви есть в верхней части кроны. Густота кроны снижена на 30 %. Жизненное состояние дерева снижено на 30 %.

3. Сильно угнетенное дерево: крона и ствол повреждены, крона сдавлена с двух и более сторон, вершина иногда усохшая. Жизненность снижена на 60 %.

4. Усыхающее дерево: в кроне более 70 % сухих и усыхающих ветвей. Густота кроны менее 20 %. Имеются стволовые вредители, корневая гниль. Жизненное состояние не превышает 10 %.

5. Сухостойное дерево: усохшее, но продолжающее стоять в древостое.

Проведение работы

Недалеко от входа в лесопарк и в его глубине выберите участки леса площадью 50 × 50 м. Здесь измерьте диаметры 30 сосен и расстояния между ними. Отметьте, к какому типу усыхания они относятся и каково их жизненное состояние. Данные занесите в табл. 1.

Таблица 1

Морфологические признаки сосны обыкновенной

| Порядковый номер | Диаметр сосны, см | Расстояние между соснами, м | Тип усыхания | Жизненное состояние |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------|---------------------|
| Участок 1 (у входа) | | | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| ... | | | | |
| Участок 2 (в глубине парка) | | | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| ... | | | | |

Если работа проведена без мерных вилок (с мерными лентами), то следует рассчитать диаметр деревьев (d). Известно, что $d = 2r$, длина окружности $L = 2\pi r$, следовательно, $d = L/\pi$ или $d = L/3,14$.

Постройте два графика (гистограммы) в следующих координатах: по горизонтали отложите диаметр деревьев (в сантиметрах) по вертикальной оси – число деревьев (экз.).

Результаты измерений расстояния между соснами также представьте в виде гистограмм. Вдоль оси абсцисс отложите значения расстояний между деревьями (в метрах), вдоль оси ординат – число таких дистанций.

Выводы по работе

Пользуясь этими графиками, опишите, насколько различаются на двух участках лесопарка минимальные и максимальные размеры сосен, а также расстояния между ними. Отметьте на гистограммах средние дистанции. Сравните вид распределений – их асимметричность, полимодальность. Сделайте вывод о том, как влияют условия произрастания сосен на двух участках лесопарка на индивидуальную изменчивость размеров стволов сосны (главной, преобладающей породы), а также на горизонтальную структуру растительного сообщества.

ЗАНЯТИЕ 2

Тема «Морфологическая изменчивость хвои из двух популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*)»

Экологи, дендрологи и лесные селекционеры широко используют явление изменчивости лесных пород. Например, у хвойных деревьев изучают диаметр и высоту ствола, размеры, анатомические и биохимические признаки хвои, размеры, массу, форму и окраску шишек, массу, всхожесть и окраску семян, окраску крылаток и т. д. Оценивают состояние кроны и поврежденность деревьев в целом (Мамаев 1972). По величине и изменчивости таких признаков сравнивают разные популяции лесных пород, разные участки леса, расположенные в зоне влияния промышленных предприятий и вдали от нее, выделяют лесные резерваты и т. д.

Экологи, дендрологи и селекционеры, имеющие дело с лесными породами, должны различать несколько форм изменчивости: эндогенную (изменчивость «множественных» органов – хвои, шишек и т. д. – в пределах организма), индивидуальную (между особями в пределах популяции), хронографическую (на протяжении жизни или сезона), экологическую (в результате действия разных экологических факторов, например, на сосняк в бору и на болоте), географическую (в пределах ареала вида) и гибридогенную (Мамаев 1972).

Варьирование размеров хвои, шишек или семян объясняют не прямым, а опосредованным действием ряда факторов среды – микроклимата в

крене дерева, неодинаковых условий питания корней, условий развития и величины побегов и кроны, повреждений органов, а также ростовых корреляций между органами. Внутривидовую изменчивость древесных растений рекомендуют изучать начиная с этой эндогенной изменчивости (Мамаев 1972). Градиенты и мозаика экологических факторов (для сосны это, прежде всего, богатство и режим влажности почвы) в свою очередь влияют на формообразование деревьев, например на изменчивость генеративных органов и хвои сосны.

Задача этого занятия – ознакомиться с двумя формами изменчивости сосен – эндогенной и экологической, а также проверить возможность применения качественных и количественных признаков сосны как индикаторов.

В Свердловской области сосновые леса относятся к коренным лесам. Они окружают урбанизированные и заводские территории. По состоянию хвои и деревьев экологи нередко осуществляют биоиндикацию газовых и других загрязнений. При этом исследуют повреждения хвои, обращают внимание на прирост побегов, некрозы (омертвевшие участки тканей) хвои, продолжительность жизни хвои. Некрозы обычно появляются весной. Они более заметны у деревьев, находящихся в продуваемых местах, чем в густых насаждениях. Определив класс повреждения и продолжительность жизни хвои, можно провести экспресс-диагностику загрязнения воздуха (табл. 2): I – идеально чистый воздух, II – чистый, III – относительно чистый («норма»), IV – заметно загрязненный («тревога»), V – грязный («опасно»), VI – очень грязный («вредно»), «–» – невозможное сочетание.

Данная таблица может служить основой для определения частоты воздуха над участком, где растут сосны, хвоя которых взята для лабораторного исследования.

Цель занятия

Научиться использовать простые приемы изучения изменчивости качественных и количественных признаков хвои сосны, а также сравнивать изменчивость выборок из двух популяций.

Таблица 2

Определение класса загрязненности воздуха

| Максимальный возраст хвои, год | Класс повреждения хвои на побегах 2-го года жизни | | |
|--------------------------------|---|------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 4 | I | I–II | III |
| 3 | I | II | III–IV |
| 2 | II | III | IV |
| 2 | – | IV | IV–V |
| 1 | – | IV | V–VI |
| 1 | – | – | VI |

Материал и оборудование

Ветки сосен, растущих возле Екатеринбурга в разных условиях (например, в сосновом бору и на торфянике), линейка, калькулятор. Для сравнения популяций следует выбирать побеги с учетом их полового типа: побеги с более крупной хвоей и женскими шишками – обычно на осевых ветвях в верхней части кроны, а побеги с мужскими шишками – обычно второго порядка и в нижней части кроны.

Задание

1. Ознакомьтесь с классами повреждения и классами усыхания хвои сосны. Запишите их характеристики в лабораторную тетрадь.

Класс повреждения хвои сосны:

- 1) хвоя без пятен;
- 2) хвоя с небольшим количеством мелких пятен;
- 3) хвоя с большим количеством черных и желтых пятен.

Класс усыхания хвои сосны:

- 1) нет сухих участков;
- 2) усох кончик на 2–5 мм;
- 3) усохла треть длины хвои;
- 4) усохло более половины длины хвои.

Следует отметить, что шипик на конце хвои всегда более светлый. Его окраска не должна влиять на оценку степени повреждений.

2. Подготовьте таблицу для внесения промеров длины хвои, а также значений классов повреждения и усыхания.

3. Проведите измерения длины хвои и определите класс ее повреждения и усыхания. Следует измерить и просмотреть 100 иголок сосны из одной популяции и 100 иголок – из другой. Данные занесите в таблицу (табл. 3). При этом из каждой пары хвоинок берите только одну.

Таблица 3

Характеристики хвои сосны обыкновенной

| Номер измерения | Длина хвои, мм | Класс повреждения | Класс усыхания |
|-----------------|----------------|-------------------|----------------|
| Популяция 1 | | | |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| и т. д. | | | |
| Популяция 2 | | | |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| и т. д. | | | |

4. Представьте результаты измерений длины хвои графически – в виде двух гистограмм: вдоль оси абсцисс отложите длину хвоинок, вдоль оси ординат – число хвоинок с такой длиной (экз.). Оцените и сравните размах эндогенной изменчивости размеров хвои сосен из двух популяций. Запишите и сравните минимальные и максимальные их размеры. Рассчитайте и сравните среднюю длину хвои обеих выборок.

5. Оцените преобладающий класс повреждения и усыхания хвои и занесите эти данные в следующую таблицу (табл. 4).

Таблица 4

Классы повреждения и усыхания хвои

| Повреждение | | Усыхание | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Популяция 1 | Популяция 2 | Популяция 1 | Популяция 2 |
| 1 класс – | 1 класс – | 1 класс – | 1 класс – |
| 2 класс – | 2 класс – | 2 класс – | 2 класс – |
| 3 класс – | 3 класс – | 3 класс – | 3 класс – |
| | | 4 класс – | 4 класс – |

Выводы по работе

Сравните длину хвои и ее изменчивость, а также ее качественные признаки в двух выборках из популяций сосны обыкновенной. Сделайте выводы о пригодности данных по тем или другим формам изменчивости сосны для выявления особенностей условий ее произрастания.

ЗАНЯТИЕ 3

Тема «Внутривидовые и межвидовые конкурентные отношения животных (решение экологических задач)»

Среди биотических отношений, т. е. отношений между растениями или животными в сообществе, есть «взаимовредные» отношения, называемые конкурентными. Конкуренция между особями одного вида – это внутривидовая конкуренция, а между представителями разных видов – межвидовая. Борьба особей и видов за ресурсы возникает при недостатке последних. К примеру, растения конкурируют между собой за свет или влагу, птицы и звери – за пищу и другие ресурсы. В зависимости от стабильности условий и характера сообщества возможны самые разные соотношения между обеспеченностью ресурсами и остротой конкуренции.

Каждый вид занимает в биоценозе свою экологическую нишу. Экологическая ниша – это пространственное и функциональное положение вида в биоценозе, т. е. занимаемое им «экологическое пространство». Иначе говоря, экологическая ниша – это «профессия» вида в сообществе, совокупность

занимаемого им пространства, потребностей в ресурсах, характера, времени и ритма активности его особей, их отношение к факторам среды, тип, способ питания и расселения, места размножения, укрытий и т. д. «Профессия» каждого вида определяется тем, из какого материала, в какое время и какое органическое вещество он производит (Миркин, Наумова 1998), но также и совокупностью экологических факторов, которые позволяют виду проявлять особенности своей «профессии» (реализованная ниша).

Ниши видов перекрываются, и такие виды конкурируют. У животных перекрывание ниш меньше благодаря широкому спектру питания, особенностям и ритмам пищевого поведения, отдыха и др. У растений, особенно на ранних стадиях сукцессии, нередко расходятся лишь оптимумы. Согласно принципу конкурентного исключения, или правилу Г.Ф. Гаузе (оно не без исключений), два вида, занимающие одну и ту же экологическую нишу, не могут долго и устойчиво сосуществовать, и в результате конкуренции представители одного из видов вытесняют всех остальных. Сходные виды сосуществуют в сообществе, если их ниши, перекрываясь по одному измерению ресурсов, разобщены по другим измерениям (явление дифференциального перекрывания ниш). Межвидовая конкуренция влияет на размеры ниш и перекрывание ниш разных видов, мешает их расширению, играет большую роль во взаимоотношениях между видами, в организации сообществ и формировании их разнообразия. Эти процессы важны в жизни леса и лесоводстве, например при формировании древостоя и искусственных фитоценозов из разных видов или жизненных форм, при взаимоотношениях вредителей леса.

Цель занятия

Научиться анализировать результаты лабораторных экспериментов, изображать их в виде графиков.

Материал и оборудование

Лабораторная тетрадь, линейка, карандаш, калькулятор.

Задание

Решите три задачи по результатам опытов, моделирующих конкурентные отношения (Н.М.Чернова 1986).

Задача 1. Внутривидовая конкуренция за пищу

Проанализируйте результаты опыта, в котором разное число гусениц сухофруктовой огневки *Ephestia caetella*, появившихся из считанного количества яиц, конкурировали за 25 г пищи (пшеничной муки), составьте таблицу (табл. 5).

Таблица 5

Число куколок огневки, полученных из разного количества яиц

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Первоначальное число яиц | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 400 | 800 | 1600 | 3200 | 5000 |
| Число куколок | 8 | 15 | 37 | 74 | 137 | 279 | 477 | 392 | 380 | 321 |

Определите минимальное количество пищи, необходимое для получения одной куколки. Начертите график изменения количества пищи, приходящейся на одну личинку, при увеличении плотности популяции. Сравните с графиком изменения числа куколок.

На первом графике по горизонтали отложите первоначальное число яиц от 0 до 5000, вдоль оси ординат – число куколок от 0 до 500. На втором графике вдоль оси абсцисс отложите число куколок, а вдоль оси ординат – количество пищи, приходящейся на одну личинку.

Задача 2. Внутри- и межвидовая конкуренция за пищу

Используя данные табл. 6, проанализируйте результаты учебного опыта с жуками двух видов, конкурирующих в небольшом количестве муки. Опыты начинали, взяв равное число самцов и самок.

Опыт 1. Чистая культура жуков *Cryptolestes*.

Опыт 2. Смешанная культура жуков двух видов – *Cryptolestes* и *Cathartus*.

Таблица 6

Влияние исходной плотности жуков на число их потомков

| Исходное число жуков <i>Cryptolestes</i> | Число жуков в потомстве в чистой культуре | Число жуков в потомстве при добавлении 8 пар <i>Cathartus</i> | |
|--|---|---|------------------|
| | | <i>Cryptolestes</i> | <i>Cathartus</i> |
| 4 | 101 | 86 | 208 |
| 8 | 180 | 260 | 185 |
| 16 | 276 | 208 | 164 |
| 32 | 427 | 414 | 121 |
| 64 | 411 | 430 | 78 |

Ответьте на вопрос, какой из видов более конкурентоспособен в этих условиях.

Составьте графики зависимостей числа потомков от исходной плотности родителей.

Примечания. Для первого опыта на графике вдоль оси абсцисс отложите исходное число жуков *Cryptolestes* (от 0 до 70 экз.), вдоль оси ординат – число жуков в потомстве (от 0 до 500 экз.). Во втором опыте исходное число жуков в смешанной культуре будет равно сумме числа родителей *Cryptolestes* и *Cathartus*, т. е. $4 + 16 = 20$, $8 + 16 = 24$ экз. и т. д. На графике вдоль оси абсцисс отложите исходное число жуков этих видов (от 0 до 80), а по оси ординат – число жуков в потомстве (от 0 до 500 экз.). На этом графике отобразите два процесса – изменение числа потомков *Cryptolestes* и изменение числа потомков *Cathartus*.

Задача 3. Конкуренция двух видов за ограниченные ресурсы

Проанализируйте данные опыта с мучными хрущачами, представленные в табл. 7. Жуков *Tribolium castaneum* и *Tribolium confusum* содержали в муке, подсчитывая каждые 60 дней число взрослых особей. В одном из вариантов в культуре присутствовали микроспоридии *Adelina* – внутриклеточные паразиты жуков. *Adelina* размножается преимущественно в клетках средней кишки хозяина. Споры выводятся из организма с экскрементами и затем могут быть проглочены другими личинками, которые таким образом заражаются.

Таблица 7

Количество жуков двух видов в присутствии и отсутствии паразита

| Условия опыта и вид жуков | Количество жуков через ... дней | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 |
| Без паразита | | | | | | | |
| <i>T. confusum</i> | 16 | 52 | 52 | 42 | 35 | 24 | 15 |
| <i>T. castaneum</i> | 80 | 76 | 70 | 88 | 88 | 92 | 120 |
| С паразитом | | | | | | | |
| <i>T. confusum</i> | 50 | 46 | 42 | 44 | 50 | 70 | 15 |
| <i>T. castaneum</i> | 42 | 120 | 104 | 52 | 8 | 4 | 3 |
| | Количество жуков через ... дней | | | | | | |
| | 480 | 540 | 600 | 660 | 720 | 900 | |
| Без паразита | | | | | | | |
| <i>T. confusum</i> | 11 | 8 | 3 | 4 | 3 | 0 | |
| <i>T. castaneum</i> | 142 | 210 | 172 | 120 | 64 | 122 | |
| С паразитом | | | | | | | |
| <i>T. confusum</i> | 68 | 52 | 50 | 52 | 46 | 48 | |
| <i>T. castaneum</i> | 3 | 5 | 3 | 2 | 8 | 3 | |

Задание и вопросы

1. Начертите график изменений численности жуков двух видов в культуре без паразита.

2. Какой вид более конкурентоспособен в этих условиях?

3. Как долго жуки могут существовать совместно?

4. Какие закономерности можно отметить в динамике численности конкурентоспособного вида?

5. Чем можно объяснить ход численности обоих видов в другой экологической ситуации – при распространении в культуре паразита?

6. Каковы особенности кривой численности более конкурентоспособного вида в этих условиях?

7. Случаен ли ход кривых при стабильной численности?

Примечание. Начертите два графика (по числу опытов) изменения числа жуков. Вдоль оси абсцисс откладывайте временные показатели от начала опыта (от 0 до 900 дней), вдоль оси ординат – число уцелевших жуков в культуре (от 0 до 200 экз.).

ЗАНЯТИЕ 4

Тема «Межтаксонная изменчивость и корреляции экологических и биологических параметров деревьев и кустарников Урала»

В эволюционной экологии существуют две точки зрения на взаимосвязи приспособлений живых организмов. Одни ученые полагают, что существуют адаптивные комплексы, т. е. комплексы экологических, физиологических, морфологических признаков, которые дополняют друг друга и способствуют более успешному выживанию и размножению особей. В противоположность этому другие ученые придерживаются представления о «цене» адаптации, о независимых и конкурирующих приспособлениях, поскольку к разным комбинациям факторов адаптации не могут быть одинаково совершенны, «за всё надо платить», и, обладая своим набором «слабых мест», каждый вид живых существ, да и каждая лесная порода, имеют свои «плюсы» и способны существовать тысячи и миллионы лет.

Сравнение видов растений по разным признакам представляет большой теоретический интерес для изучения эволюции адаптаций, выяснения возможности предсказывать одни свойства лесных пород по наборам других свойств, для изучения адаптационного разнообразия естественных сообществ и выработки теории создания устойчивых фитоценозов. Это следует иметь в виду и при подборе древесных и кустарниковых пород, выносливых как в условиях местного климата, так и в условиях города или возле заводов.

Цель занятия

Научиться определять характер связей между разными биологическими и экологическими признаками деревьев и кустарников.

Материал и оборудование

Авторская таблица с пятнадцатью экологическими и биологическими характеристиками деревьев и кустарников, линейка, калькулятор, формулы расчета величины корреляционной связи для пар признаков (Рокицкий 1967).

Задание

1. Ознакомьтесь с разнообразием видов деревьев и кустарников Урала, представленных в табл. 8. Запишите в лабораторную тетрадь названия семейств и количество видов в каждом семействе.

2. Используя табл. 8, ознакомьтесь с перечнем экологических и биологических признаков деревьев и кустарников Урала. Запишите их в тетрадь. Ответьте на вопрос: какие признаки полнее представлены в таблице?

В табл. 8 использованы следующие обозначения признаков.

1. Предельная высота, в метрах (в знаменателе – в редких случаях).
2. Жизненная форма: 1) дерево, 2) дерево или куст, 3) куст.
3. Требовательность к плодородию или составу почвы: 1) малая, 2) средняя, 3) высокая.
4. Светолюбивость: 1) высокая, 2) средняя, 3) теневыносливая.
5. Устойчивость к холоду: 1) малая, 2) средняя, 3) высокая.
6. Устойчивость к дыму и газам: 1) малая, 2) средняя, 3) высокая.
7. Время цветения (месяцы).
8. Предельный срок жизни, в годах (в знаменателе – в редких случаях).
9. Размножают: 1) семенами, 2) семенами и черенками, 3) семенами, черенками, отпрысками, отводками, делением куста.
10. Переносит пересадку: 1) плохо, 2) хорошо.
11. Переносит стрижку и обрезку: 1) плохо, 2) хорошо.
12. Выносливость к засолению: 1) нет, 2) есть.
13. Корневая система: 1) неглубокая, 2) глубокая и мощная.
14. Рост: 1) медленный, 2) быстрый.
15. Устойчивость к засухе: 1) малая, 2) высокая.

Таблица 8

Экологические характеристики деревьев и кустарников Урала

| Семейство, вид | Признаки | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|---|---|---|---|---|-----|---------|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Розоцветные (Rosaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Груша уссурийская | 7/15 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 5 | 65/300 | 1 | – | – | – | – | 2 | – |
| Рябина обыкновенная | 15/20 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 6 | 71/300 | 3 | – | – | 1 | – | 2 | 2 |
| Рябина сибирская | 10/17 | 2 | – | 2 | 3 | – | 7 | – | 3 | – | – | – | – | – | 2 |
| Черемуха обыкновенная | 5/17 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 5 | – | 3 | – | – | – | – | – | – |
| Черемуха Маака | 15/17 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 5–6 | > 60 | 1 | 2 | 2 | – | – | 2 | 2 |
| Черемуха виргинская | 3–10/15 | 2 | 1 | 1 | 2 | – | 5–6 | 1 | 2 | – | – | – | – | – | 2 |
| Яблоня сибирская | 3–5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 5–6 | > 300 | 1 | – | 2 | – | – | 2 | 2 |
| Яблоня сливолистная | 10 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 6 | – | 1 | – | – | – | – | 2 | 2 |
| Арония черноплодная | 1,5–2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 5–6 | > 30 | 3 | 2 | – | – | 1 | 1 | 1 |
| Миндаль низкий | 1–1,5 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | – | – | – | – | 2 | – | – | – | 2 |
| Боярышник крово-красный | 4–6 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 6 | 200/300 | 1 | – | – | – | – | 1 | – |
| Боярышник Максимовича | 4/7 | 2 | 2 | 2 | 3 | – | 5–6 | 200–300 | 1 | – | – | – | – | 1 | – |
| Боярышник Шредера | – | 2 | 2 | 2 | 3 | – | 5–6 | 200–300 | 1 | – | – | – | – | 1 | – |

Продолжение таблицы 8

| Семейство, вид | Признаки | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|---|---|---|---|---|-----|---------|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Боярышник колючий | 3–5/8 | 1 | 2 | 2 | 2 | – | 5–6 | 200–300 | 1 | – | 2 | – | – | – | – |
| Боярышник однопестичный | 3–6/12 | 1 | 2 | 2 | 3 | – | 5–6 | 200–300 | 1 | – | – | – | – | – | – |
| Боярышник перистонадрезный | 4–5/7 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 5–6 | 200–300 | 1 | 2 | 2 | – | – | – | – |
| Вишня песчаная | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | – | – | 25/300 | 3 | – | – | – | 1 | – | – |
| Вишня степная | 1/2 | 3 | 1 | 1 | 2 | – | 5 | 15–20 | 3 | – | – | – | – | – | 2 |
| Ирга канадская | 2/18 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 5 | – | 3 | – | – | – | – | 2 | 2 |
| Ирга колосистая | 5 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 5 | 40 | 3 | – | – | – | – | 2 | 2 |
| Кизильник блестящий | 2–3 | 3 | 1 | – | 3 | 2 | – | – | 3 | 2 | – | – | – | – | – |
| Кизильник черноплодный | 1/2 | 3 | 1 | – | 3 | 2 | 5–6 | – | 3 | – | – | – | – | – | – |
| Курильский чай | 0,2–1,5 | 3 | 2 | 1 | 3 | – | 6–9 | – | 2 | – | 2 | – | – | – | 2 |
| Курильский чай даурский | 0,5–1 | 3 | 1 | 1 | 3 | – | – | – | 3 | – | 2 | – | – | – | – |
| Малина обыкновенная | 1,5 | 3 | 3 | 3 | 2 | – | 5–7 | 15–20 | 3 | – | 2 | – | 1 | – | 1 |
| Малина сахалинская | 1–1,5 | 3 | 1 | – | 2 | – | 6–7 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Малина душистая | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Малина прекрасная | 1,5 | 3 | – | 1 | 2 | – | 6 | – | 3 | – | – | – | – | – | – |
| Роза иглистая | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 5–7 | – | 3 | 2 | – | – | – | – | – |
| Роза майская | 2–2,5 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 5 | 20–30 | 3 | – | 2 | – | 1 | – | – |

Продолжение таблицы 8

| Семейство, вид | Признаки | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|---|---|---|---|---|-----|--------|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Роза собачья | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | – | – | – | – | 2 | – | – | – | – |
| Роза морщинистая | 1,5–2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 5–6 | 20–25 | 3 | – | 2 | – | – | – | – |
| Таволга (спирея) дубравколистная | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | – | 5–6 | 15–20 | 3 | 2 | 2 | – | – | – | – |
| Таволга зверобоелистная | 0,5–1 | 3 | 2 | 1 | 2 | – | 5–6 | 15–20 | 3 | – | – | – | – | – | – |
| Таволга иволистная | 1–2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 6–8 | 15–20 | 3 | – | 2 | – | – | – | – |
| Таволга средняя | 1–2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 6 | 20 | 3 | – | – | – | – | – | – |
| Ивовые (Salicaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ива белая | 20–30 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 4–5 | 80–120 | 3 | – | 2 | – | – | 2 | – |
| Ива ломкая | 15–20 | 1 | – | 1 | 3 | 2 | 4–5 | 75 | 3 | – | – | – | – | 2 | – |
| Ива пятитычинковая | 5–12/16 | 2 | 3 | – | 3 | – | 6–7 | 80 | 2 | – | – | – | – | 2 | – |
| Ива прутовидная | 5–6/10 | 2 | 3 | 1 | 3 | – | 5 | – | 2 | – | – | – | – | 2 | – |
| Ива пурпурная | 2–4/10 | 3 | 2 | 1 | 1 | – | – | 30 | 2 | – | – | – | – | – | – |
| Ива ушастая | 0,5–2/3 | 3 | 3 | 1 | 2 | – | – | – | 1 | – | – | – | – | – | – |
| Ива остролистная | 10–12 | 2 | 3 | 1 | 2 | – | 3–4 | – | – | – | – | – | 1 | – | – |
| Ива козья | 4–10/15 | 2 | 2 | 1 | – | 1 | 4–5 | 40–60 | 1 | – | – | – | – | – | – |
| Осина | 25–30/35 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4–5 | 85/150 | 3 | 1 | – | 2 | 1 | 2 | – |
| Тополь бальзамический | 25–30 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 7 | 160 | 2 | – | 2 | 1 | – | 2 | – |
| Тополь душистый | 25/35 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 4–5 | – | 2 | – | – | – | – | 2 | – |
| Тополь печальный | 10–15 | 1 | 1 | 1 | 2 | – | – | – | 2 | – | – | – | – | – | – |
| Тополь белый | 30–35 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 5 | 200 | 3 | – | 2 | 2 | 2 | 2 | – |

| Семейство, вид | Признаки | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------|---|---|---|---|---|-----|---------|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Тополь берлинский | 25–30 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | – | – | 2 | – | 2 | – | – | 2 | – |
| Тополь черный | 25–30 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 | 300 | 3 | – | – | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Сосновые (Pinales) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ель сибирская | 30 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 5–6 | 250/500 | 3 | 1 | 2 | – | 1 | 1 | – |
| Ель обыкновенная | 20–50 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | – | 250/700 | 2 | – | – | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Ель колючая | 20–45 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 6 | 400–600 | 2 | – | – | – | 1 | 1 | 2 |
| Ель Энгельмана | 20–50 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | – | 350/600 | 2 | – | – | – | 1 | – | – |
| Ель канадская, белая | 20–35 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | – | 300–350 | 1 | – | 2 | – | 1 | – | – |
| Ель балканская | 30–40/55 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | – | > 300 | 2 | – | – | – | 1 | – | 1 |
| Лиственница Сукачева | 35–45 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 4–5 | 350 | 2 | 2 | – | – | 2 | – | – |
| Лиственница сибирская | 30–40/45 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5–6 | 350/900 | 1 | – | – | – | 2 | 2 | 2 |
| Лиственница европейская | 30–40/50 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | – | 500 | – | – | – | – | 2 | 2 | – |
| Лиственница даурская | 20–35/45 | 1 | 1 | 1 | 3 | – | – | 350–450 | – | – | – | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Пихта сибирская | 30/40 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 5–6 | 150–250 | 1 | – | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Пихта европейская | 30/60 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 5 | 350/700 | 1 | – | – | – | 2 | – | – |
| Сосна обыкновенная | 1,5–40/75 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5–6 | 350/600 | 1 | 1 | – | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Сосна сибирская | 30/40 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 5–6 | 420/800 | 1 | 1 | – | 1 | 2 | 1 | – |
| Кедровый стланик | 4–5 | 2 | 1 | 3 | 3 | – | – | – | 1 | – | – | – | 1 | – | – |

Продолжение таблицы 8

| Семейство, вид | Признаки | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|---|---|---|---|---|-----|---------|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Жимолостные (Caprifoliaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Бузина красная | 1,5–4/6 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 5–6 | – | 3 | – | 2 | 2 | – | 2 | 2 |
| Бузина черная | 5–10 | 2 | 3 | 3 | 1 | – | 4–7 | 50 | 1 | – | – | – | – | – | – |
| Калина обыкновенная | 1,5–4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5–6 | 50 | 3 | – | – | – | – | 2 | 1 |
| Калина гордовина | 2–2,5/4 | 3 | 3 | 2 | 2 | – | – | – | – | 0 | – | – | – | 2 | 2 |
| Жимолость золотистая | 2–4 | 3 | 2 | 3 | 2 | – | 4–6 | > 32 | 1 | – | – | – | – | – | – |
| Жимолость обыкновенная | 2/3 | 3 | 1 | 2 | 2 | – | 4–6 | – | 3 | – | 2 | – | – | – | – |
| Жимолость алтайская | 12 | 3 | 1 | 3 | 2 | – | 5 | – | 3 | – | 2 | – | – | 2 | – |
| Жимолость съедобная | 1–1,5/2 | 3 | 2 | 1 | 3 | – | 4–5 | – | 3 | – | 2 | – | 1 | 1 | – |
| Жимолость татарская | 1,5–3/4 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 4–6 | – | 3 | – | 1 | 2 | – | 2 | 2 |
| Снежногордик белый | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 7–8 | – | 3 | – | 2 | – | – | – | – |
| Березовые (Betulaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Береза бородавчатая | 20–30 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4–5 | 100/200 | 3 | – | – | – | 1 | 2 | 2 |
| Береза даурская | 18/25 | 1 | 3 | 1 | 2 | – | 5 | – | 1 | 1 | 1 | – | – | 2 | – |
| Береза пушистая | 20 | 1 | 2 | 2 | – | 1 | 4–5 | 80/300 | – | – | – | – | 1 | 2 | 1 |
| Береза ребристая | 25–30 | 1 | 3 | 3 | – | – | 5 | 90/250 | 2 | 1 | 1 | – | – | 2 | – |
| Береза извилистая | 1–4/8 | 2 | 2 | 1 | 3 | – | 5–7 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Ольха черная | 25–35 | 1 | 2 | 1 | 2 | – | 4–5 | 100–300 | 3 | – | – | – | 1 | 2 | – |
| Ольха серая | 15/23 | 2 | 2 | 2 | 2 | – | 4–5 | 50–60 | 3 | – | – | – | 1 | 2 | – |

Продолжение таблицы 8

| Семейство, вид | Признаки | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|---|---|---|---|---|-----|---------|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Ольховник кустарниковый | 4–5/7 | 2 | 1 | 3 | 3 | – | 4–7 | – | – | 2 | – | – | – | – | – |
| Лещина обыкновенная | 2–5/7 | 3 | 3 | 2 | 2 | – | 3–4 | 30/180 | 3 | – | – | 1 | 1 | – | 2 |
| Маслиновые (Oleaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сирень амурская | 5–8/15 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 5–7 | 50 | 3 | – | – | – | – | 2 | – |
| Сирень венгерская | 3–5/9 | 3 | 2 | – | 2 | – | 5–6 | 50 | – | – | – | – | – | 2 | 2 |
| Сирень волосистая | 3–6 | 3 | 2 | – | 2 | 2 | 5 | 50 | – | – | – | – | – | – | – |
| Сирень обыкновенная | 5–7/9 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5–6 | > 50 | 3 | – | – | – | – | – | – |
| Ясень пенсильванский | 10–25 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | – | 150–350 | 3 | – | – | – | 1 | 2 | 2 |
| Ясень манчжурский | 25–35 | 1 | – | – | 2 | 1 | 5 | 150–350 | – | – | – | – | 2 | – | – |
| Барбарисовые (Berberidaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Барбарис обыкновенный | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 6 | – | 3 | – | 2 | – | – | – | – |
| Барбарис Тунберга | 2,5 | 3 | 2 | 1 | 1 | – | 5–6 | – | 3 | – | – | – | – | – | – |
| Барбарис амурский | 2,2/3,5 | 3 | 2 | 1 | 1 | – | 5–6 | – | 3 | – | – | – | – | – | – |
| Барбарис разножковый | – | 3 | 2 | 1 | – | – | 5–6 | – | 3 | – | – | – | – | – | – |
| Магония падуболистная | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | – | 3 | – | – | – | – | – | – |

| Семейство, вид | Признаки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|---|---|---|---|---|-----|----------|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Крыжовниковые (Grossulariaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Смородина альпийская | 1-3 | 3 | 2 | - | 2 | 2 | - | - | 3 | - | 2 | - | 1 | - | - |
| Смородина золотистая | 1-1,3/3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 5 | - | 3 | - | 2 | 2 | 1 | - | 2 |
| Смородина черная | 0,6-1/2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | 40-50 | 3 | - | - | - | - | - | - |
| Смородина красная | 1-1,5/2 | 3 | 2 | 2 | 3 | - | 5-6 | > 20-25 | 3 | - | 1 | - | - | - | - |
| Гортензиевые (Hydrangeaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Чубушник тонколистный | 2-2,5/3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 6-7 | 20-25 | 3 | 2 | 2 | - | - | - | - |
| Кленовые (Aceraceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Клен Гиннала | 4-6/8 | 2 | 2 | 1 | 2 | - | 5-6 | - | 1 | - | - | - | - | 2 | 1 |
| Клен остролистный | 15-30 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 5 | 212/300 | 1 | - | - | 1 | 1 | 2 | - |
| Клен серебристый | 25/40 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 90/300 | 1 | - | - | - | 1 | 2 | - |
| Клен татарский | 6-12 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 5-6 | - | 3 | - | - | 2 | - | 1 | 2 |
| Клен ясенелистный | 20-25 | 1 | 2 | - | 2 | 2 | 4-5 | 55/100 | 2 | - | 2 | - | - | 2 | 2 |
| Кипарисовые (Cupressaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Можжевельник обыкновенный | 1-8/15 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 6 | >100-300 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Можжевельник сибирский | 0,3-1 | 3 | 2 | - | 3 | 1 | 5 | - | 1 | 1 | - | - | 2 | 1 | - |
| Туя западная | 12-19 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 6 | > 100 | 3 | - | 2 | 2 | - | - | - |

| Семейство, вид | Признаки | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|---|---|---|---|---|-----|---------|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Лоховые (Elaeagnaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лох серебристый | 3-4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 5-6 | – | 3 | 2 | 2 | – | – | 1 | 1 |
| Лох узколистный | 10 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5-6 | 65/100 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Облепиха крушиновая | 4-5/10 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4-5 | 50 | 3 | – | 1 | 2 | 1 | – | 2 |
| Бобовые (Fabaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Карагана древовидная | 0,2-5/7 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5-6 | > 200 | 2 | – | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Маака амурская | 10/25 | 2 | 1 | 3 | 3 | – | 7 | 200-250 | 3 | – | – | – | – | 2 | 1 |
| Ильмовые (Ulmaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вяз гладкий, или обыкновенный | 25-35 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4-5 | 100/500 | 1 | – | 2 | 2 | 2 | 2 | – |
| Вяз приземистый | 16-17 | 1 | 2 | 1 | 2 | – | 5 | – | 1 | – | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Буковые (Fagaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Дуб монгольский | 20/26 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 5 | > 350 | 3 | – | – | – | 2 | – | 1 |
| Дуб черешчатый | 30-40 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 6 | 600/800 | 1 | – | – | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Бересклетовые (Celastraceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Бересклет европейский | 3/7 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 5-6 | 50-80 | 3 | – | 2 | – | – | 2 | 2 |
| Бересклет бородавчатый | 4-6/7 | 1 | 1 | 3 | – | 2 | 5-6 | 50-80 | 2 | – | 2 | – | 1 | 1 | – |
| Липовые (Tiliaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Липа мелколистная | 25-35 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 6-7 | 500/800 | 3 | – | – | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Рутовые (Rutaceae) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Бархат амурский | 20-28 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 6 | 300 | 3 | – | – | – | 2 | 2 | 2 |

3. Изучите взаимосвязи между признаками деревьев и кустарников.
 3.1. Выпишите из табл. 8 значения следующих пар признаков растений:
 а) скорость роста (признак 14) – устойчивость к холоду (признак 5);
 б) скорость роста (признак 14) – устойчивость к дыму и газам (признак 6);
 в) скорость роста (признак 14) – выносливость к засолению (признак 12);
 г) скорость роста (признак 14) – устойчивость к засухе (признак 15).
 Занесите эти данные в таблицы 9–12.

Таблица 9

Связь роста и морозостойкости растений

| Морозостойкость | Рост | |
|-----------------|---------------|-------------|
| | 1 – медленный | 2 – быстрый |
| 1 – малая | | |
| 2 – средняя | | |
| 3 – высокая | | |

Таблица 10

Связь роста и газоустойчивости растений

| Газоустойчивость | Рост | |
|------------------|---------------|-------------|
| | 1 – медленный | 2 – быстрый |
| 1 – малая | | |
| 2 – средняя | | |
| 3 – высокая | | |

Таблица 11

Связь роста и солевыносливости растений

| Солевыносливость | Рост | |
|------------------|---------------|-------------|
| | 1 – медленный | 2 – быстрый |
| 1 – нет | | |
| 2 – есть | | |

Таблица 12

Связь роста и засухоустойчивости растений

| Засухоустойчивость | Рост | |
|--------------------|---------------|-------------|
| | 1 – медленный | 2 – быстрый |
| 1 – малая | | |
| 2 – большая | | |

В клетках таблиц укажите число видов растений с тем или иным сочетанием значений признаков. В таблицах 11 и 12 просуммируйте данные по горизонтали и вертикали, как в корреляционной решетке (табл. 13).

Для пар признаков в) и г) рассчитайте коэффициенты корреляции, используя следующие формулы (Рокицкий 1967: 191):

$$r = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}}$$

Вследствие того, что группировка на классы является грубой, значение r может оказаться несколько завышенным. Более правильное значение получается при внесении в формулу поправки:

$$r = \frac{|ad - bc| - n/2}{\sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}}$$

Прямые скобки означают, что надо брать абсолютное значение разности $ad - bc$.

Таблица 13

Схема корреляционной решетки при альтернативных признаках

| Y | X | | |
|----------|-------|-------|-------------------|
| | 0 | 1 | Σ |
| 0 | a | b | a + b |
| 1 | c | d | c + d |
| Σ | a + c | b + d | n = a + b + c + d |

В случае $r > 0,5$ имеется сильная связь между признаками, а при $r < 0,5$ – слабая связь. Положительная корреляция означает, что при увеличении значения одного признака увеличивается значение другого. Отрицательная корреляция бывает в том случае, когда увеличение одного признака сопровождается уменьшением значения другого признака.

После выполнения задания 3.1 ответьте на вопрос: связана ли со скоростью роста устойчивость деревьев и кустарников к морозам, к промышленным газам, к засолению почв и засухе?

3.2. Постройте графики, выражающие зависимость между значениями следующих пар признаков:

а) предельный срок жизни (признак 8) – устойчивость к холоду (признак 5). Сделайте отдельные графики для видов из семейства розоцветных и семейства сосновых;

б) предельная высота растения (признак 1) – требовательность к плодородию и составу почвы (признак 3). Сделайте графики для семейства ивовых, а также для всех видов растений вместе.

Примечание. Вдоль оси абсцисс откладывайте продолжительность жизни от 0 до 300 лет и от 200 до 1000 лет или высоту растения (от 0 до 80 м), по оси ординат – 1, 2 или 3, т. е. выраженные в баллах значения устойчивости к холоду (признак 5); то же самое делайте со значениями признака 3 (требовательность к плодородию и составу почвы).

Расчеты на компьютере показали, что коэффициенты корреляции (r) между продолжительностью жизни и морозостойкостью составили у этой выборки видов из семейства розоцветных + 0,712, из семейства ивовых – 0,502, из семейства сосновых – 0,160, а для имеющихся в таблице представителей всех семейств вместе + 0,038, причем в двух последних случаях графики, отражающие связь между параметрами, были криволинейны.

Ответьте на вопрос: как влияет систематическое положение растений на характер связи между изученными признаками:

а) между продолжительностью жизни деревьев и кустарников и морозостойкостью;

б) между высотой растений и требовательностью к плодородию почвы?

3.3. В табл. 8 найдите и изучите встречаемость следующих пар признаков растений: скорость роста (признак 14) и отношение к свету (признак 4). Занесите значения этих признаков в табл. 14.

Таблица 14

Связь роста и светолюбивости деревьев и кустарников

| Светолюбивость | Рост | |
|--------------------|---------------|-------------|
| | 1 – медленный | 2 – быстрый |
| 1 – высокая | | |
| 2 – средняя | | |
| 3 – теневыносливые | | |

Вопросы

1. Различаются ли быстро и медленно растущие деревья и кустарники по доле светолюбивых растений?

2. Какие эколого-ценотические стратегии присущи этим видам?

3. Являются ли видовые параметры 4 и 14 составными частями одинакового адаптивного комплекса?

ЗАНЯТИЕ 5

Тема «Разнообразие и сходство растительных сообществ Свердловской области»

Видовое разнообразие экосистемы (сообщества) считают одной из главных ее характеристик, так же как и структуру пищевой сети, биомассу, продуктивность, устойчивость, положение в сукцессионном ряду. Видовое богатство фитоценоза – его важнейшая интегральная характеристика, отражающая его историю, сложность и структурированность. Есть разные способы измерять состав и разнообразие сообщества при учете числа видов и количественных отношений между ними.

Задача этого занятия – ознакомиться с одним из наиболее простых приемов изучения разнообразия и сходства экосистем без подробных сведений о всех видах фитоценоза. Меры сходства и разнообразия обычно применяют к видовым выборкам из природных сообществ. В этом занятии их используют для решения задачи другого масштаба – при оценке разнообразия и сходства растительных сообществ Свердловской области. Основанием для такой смены масштабов исследования служит вывод о том, что сравнение между собой различных сообществ, особенно биогеоценозов, следует проводить не только на уровне видов, но и на уровне более крупных (функциональных, трофических и систематических) групп.

Центральная и северо-западная части Свердловской области относятся к Уральской горной физико-географической стране, восточная и юго-восточная – к Западно-Сибирской равнинной стране, а юго-западная часть – к Восточно-Европейской равнинной стране. Вдоль области и восточных подножий горного Урала проходит граница умеренно-континентального и континентального секторов Евразии. Всё это в целом определяет ландшафтное, климатическое, почвенное и растительное разнообразие территории области, в том числе разнообразие лесной растительности. Оно отражено на картах лесорастительных условий Свердловской области (Колесников и др. 1973) и карте растительности (Горчаковский и др. 1997).

Леса области, особенно среднеуральские горнозаводские и зауральские, на протяжении трех столетий подвергались длительной, разносторонней и интенсивной эксплуатации, а также постоянному воздействию лесных пожаров (Большаков и др. 2000). Всё это вызывало смену лесных пород, изменения в разнообразии лесных сообществ.

Цель занятия

Ознакомиться с геоботанической картой Свердловской области и картой лесорастительного районирования. Научиться применять индекс разнообразия Макинтоша, индексы общности Чекановского–Сьеренсена и Жаккара при изучении растительных сообществ.

Материал

Карта растительности Свердловской области (Горчаковский и др. 1997) и схема растительных областей, провинций и округов Свердловской области с соответствующими легендами, калькулятор.

Задание 1

Перепишите в тетрадь формулы и примеры расчетов.

Индекс разнообразия Макинтоша (Песенко 1982) (обычно применяют к данным о числе видов):

$$\Delta'(D) = (N - D)/(N - \sqrt{N}),$$

где D – мера разнообразия, причем $D = \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + \dots + n_i^2}$;

N – общее число растительных сообществ;

S – количество типов сообществ;

n_1, n_2, \dots, n_i – число сообществ в растительном округе.

Пример для расчета индекса

Имеем $S = 5$, $N = 50$, $n_1 = 30$, $n_2 = 10$, $n_3 = 5$, $n_4 = 3$, $n_5 = 2$. Получим следующее:

$$D = \sqrt{30^2 + 10^2 + 5^2 + 3^2 + 2^2} = 32,3;$$

$$\Delta'(D) = (50 - 32,2)/(50 - \sqrt{50}) = 17,8/(50 - 7,07) = 17,8/42,93 = 0,414.$$

Чем больше абсолютная величина индекса Макинтоша, тем больше разнообразие растительного округа.

Индекс общности Чекановского–Сьеренсена:

$$I_{CS} = 2a/(a + b) + (a + c),$$

где a – число растительных сообществ, присутствующих в обоих растительных округах;

b – число растительных сообществ, имеющих только в первом растительном округе;

c – число растительных сообществ, имеющих только во втором растительном округе.

Чем больше абсолютная величина индекса I_{CS} , тем больше сходство между двумя сравниваемыми растительными округами.

Индекс общности Жаккара:

$$I_J = q/(a + b) - q,$$

где q – число общих видов растительных сообществ;

a – число растительных сообществ, имеющих в первом растительном округе;

b – число растительных сообществ, имеющих во втором растительном округе.

Далее смотрите табл. 15.

Таблица 15

Степень общности между растительными округами

| Степень общности | Коэффициент Жаккара |
|----------------------|---------------------|
| Нет соответствия | Меньше 0,2 |
| Малое соответствие | 0,2–0,65 |
| Большое соответствие | 0,65 |
| Полное соответствие | 1 |

Задание 2 (выполняют по четырем вариантам):

– расшифруйте обозначения и запишите полные названия сравниваемых округов;

– рассчитайте индексы разнообразия Макинтоша, индексы сходства Чекановского–Сьеренсена и Жаккара;

– ответьте на вопросы.

1. Какие изученные растительные округа наиболее разнообразны? Чем это можно объяснить?

2. Какие пары растительных округов более сходны по своему составу и почему?

Варианты работы

Сравните между собой растительные сообщества, расположенные по направлению с севера на юг области в пределах указанных лесорастительных областей или провинций:

1 вариант – Уральская горная область (У–Iа, У–IIб, У–IIв);

2 вариант – Зауральская холмисто-предгорная провинция (С–VIа, С–VIб, С–VIв);

3 вариант – Зауральская равнинная провинция (С–VIIб, С–VIIв, С–VIIд);

4 вариант – Тобольско-Приобская равнинно-болотная провинция (С–VIIIа, С–VIIIб, С–VIIIв).

Сравните сообщества лесорастительных провинций, расположенных с запада на восток:

1 вариант – Уральская горная область и Зауральская холмисто-предгорная провинция (У и С–VI);

2 вариант – Уральская горная область и Зауральская равнинная провинция (У и С–VII);

3 вариант – Зауральская холмисто-предгорная провинция и Зауральская равнинная провинция (С–VI и С–VII);

4 вариант – Зауральская равнинная провинция и Тобольско-Приобская равнинно-болотная провинция (С–VII и С–VIII).

Пример для проведения работы

На территории округа В–III встретились следующие растительные сообщества: 7в, 5, 6, 5, 5, 7в, 5, 7в, 6, 8в, 5, 8г, 10, 6, 7г, 7г, 6, 8г.

Сообщество 5 встретилось 5 раз, сообщество 6 – 4 раза, 7в – 3 раза, 7г – 2 раза, 8в – 1 раз, 8г – 2 раза, 10 – 1 раз. Следовательно, имеем $S = 7$, $N = 18$.

В округе В–IVг растительное сообщество 6 встретилось 2 раза, 7г – 2 раза, 8г – 1 раз. Следовательно, $S = 3$, $N = 5$.

Рассчитаем индекс разнообразия для округа В–IIIг.

При $D = \sqrt{5^2 + 4^2 + 3^2 + 2^2 + 1^2 + 2^2 + 1^2} = \sqrt{60} = 7,745$

$\Delta'(D) = 18 - D/(18 - \sqrt{18}) = (18 - 7,745)/(18 - 4,242) = 10,255/13,758 = 0,745$.

Рассчитаем индекс разнообразия для округа В–IVг (при $S = 3$, $N = 5$).

При $D = \sqrt{2^2 + 2^2 + 1^2} = \sqrt{9} = 3$

$\Delta'(D) = (5 - 3)/(5 - \sqrt{5}) = (5 - 3)/(5 - 2,236) = 2/2,764 = 0,723$.

Далее рассчитываем величину индекса общности Чекановского–Сьеренсена между этими округами.

В округе В–IIIг семь растительных сообществ – 5, 6, 7в, 7г, 8в, 8г, 10. В округе В–IVг три растительных сообщества – 6, 7г, 8г. Для обоих округов имеется три сходных сообщества – 6, 7г и 8г. В округе В–IIIг четыре

растительных сообщества, характерные только для него. Величина индекса будет следующей:

$$I_{CS} = 2 \cdot 3 / (3 + 4) + (3 + 0) = 6 / (7 + 3) = 6 / 10 = 0,6.$$

ЗАНЯТИЕ 6

Тема «Выявление связи экологических и биологических признаков древесных растений Среднего Урала и их газоустойчивости»

Ученые, определяющие устойчивость древесных и кустарниковых пород к промышленным газам, полагают, что с наибольшей вероятностью устойчивы к газам те растения, которые резистентны и к другим неблагоприятным факторам (Илькун 1971; Николаевский 1979). Было замечено, что у газоустойчивых видов понижена интенсивность газообмена и поглощения SO_2 , увеличена длительность вегетации и развития. Им присущи поздний и короткий период цветения, некоторые приспособления к действию других экстремальных факторов (черты ксероморфности и суккулентности в строении листьев, большее число устьиц на 1 мм^2 поверхности листа, большая толщина кутикулы), общая экологическая пластичность, повышенная регенерационная способность и другие особенности (Николаевский 1979).

Цель занятия

Выявить сочетания признаков древесных растений, связанных с их газоустойчивостью.

Материал

Таблица «Экологические характеристики деревьев и кустарников Урала» (табл. 8 этих методических указаний). Таблицы из книги В.С. Николаевского «Биологические основы газоустойчивости растений» (1979).

Задание 1

Из табл. 8 выберите данные по газо- и дымоустойчивости деревьев и кустарников Урала (признак 6). Сравните газоустойчивость разных жизненных форм (параметр 2). Разместите выписанные из таблицы величины признаков в табл. 16.

Таблица 16

Связь устойчивости к газам и дымам с жизненной формой растений

| Жизненные формы | Газоустойчивость | | |
|--------------------------|------------------|-------------|-------------|
| | 1 – малая | 2 – средняя | 3 – высокая |
| 1 – деревья | | | |
| 2 – деревья и кустарники | | | |
| 3 – кустарники | | | |

Ответьте на вопрос: связана ли газоустойчивость растений Урала с их жизненной формой?

Задание 2

Постройте графики зависимости между значениями следующих пар признаков:

- а) поглощение SO_2 и повреждаемость листьев растений дымом и газами;
- б) повреждаемость и интенсивность фотосинтеза разных древесных пород. Для этого используйте данные табл. 17.

Задание 3

Используя данные табл. 18, постройте графики зависимости между величинами следующих пар признаков:

- а) повреждаемость и количество устьиц на 1 мм^2 ;
- б) повреждаемость и толщина верхней кутикулы;
- в) повреждаемость и толщина верхнего эпидермиса.

Таблица 17

Интенсивность фотосинтеза у различных по газоустойчивости древесных пород (Николаевский 1979)

| Вид | Повреждаемость, % | Фотосинтез, имп/мин на 1 дм^2 | Активность S^{35} в 1 г, имп/мин |
|------------------------|-------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Вяз гладкий | 8,2 | 3 045 | 32 928 |
| Жимолость татарская | 8,2 | 8 360 | 98 792 |
| Бересклет европейский | 11,9 | 2 250 | 150 114 |
| Клен ясенелистный | 26,6 | 3 650 | 54 537 |
| Черемуха обыкновенная | 26,2 | 16 750 | 161 745 |
| Ясень пенсильванский | 21,0 | 3 550 | 57 130 |
| Снежноягодник белый | 22,5 | 1 270 | 159 850 |
| Облепиха крушиновидная | 23,0 | 2 000 | 85 018 |
| Бузина красная | 24,2 | 2 620 | 122 837 |
| Гречиха сахалинская | 25,4 | 3 400 | 157 451 |
| Сирень обыкновенная | 25,9 | 1 500 | 81 302 |
| Вишня | 26,3 | 3 640 | 105 202 |
| Тополь черный | 28,6 | 4 860 | 95 505 |
| Тополь бальзамический | 29,0 | 843 | 125 211 |
| Свидина белая | 29,0 | 5 300 | 212 193 |
| Чубушник венечный | 31,1 | 5 720 | 144 136 |
| Сирень мохнатая | 31,1 | 1 800 | 91 330 |
| Кизильник блестящий | 34,1 | 2 520 | 61 445 |
| Клен остролистный | 35,0 | 5 200 | 74 752 |
| Клен татарский | 35,6 | 1 150 | 103 630 |
| Слива | 35,8 | 14 030 | 117 368 |

Окончание таблицы 17

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------------|------|--------|---------|
| Клен серебристый | 42,0 | 1 230 | 120 343 |
| Калина обыкновенная | 42,6 | 12 800 | 164 277 |
| Смородина золотистая | 43,2 | 5 057 | 153 735 |
| Тополь белый | 44,5 | 2 660 | 163 704 |
| Крушина слабительная | 45,5 | 880 | 106 179 |
| Боярышник крово-красный | 48,6 | 1 680 | 109 595 |
| Груша | 49,0 | – | 128 371 |
| Яблоня сибирская | 49,6 | 13 000 | 114 659 |
| Пузыреплодник калинолистный | 50,6 | 5 500 | 132 302 |
| Береза повислая | 51,8 | 3 800 | 115 782 |
| Липа мелколистная | 54,5 | 2 175 | 156 882 |
| Рябина обыкновенная | 54,6 | 6 500 | 211 572 |
| Рябинник рябинолистный | 56,5 | 7 050 | 176 832 |
| Карагана древовидная | 59,0 | 11 550 | 199 403 |
| Барбарис обыкновенный | 59,3 | 3 160 | 25 826 |
| Груша уссурийская | 59,8 | 10 000 | 133 461 |
| Осина | 60,0 | 1 390 | 412 389 |
| Роза морщинистая | 61,1 | – | 323 562 |
| Ирга колосистая | 61,1 | 5 400 | 94 525 |
| Ива белая | 62,0 | 12 000 | 128 632 |
| Лещина обыкновенная | 62,5 | – | 212 828 |

Таблица 18

Морфологическое строение листьев древесных пород
и газоустойчивость (Николаевский 1979)

| Вид | Повреж- даемость, % | Число устиц на 1 мм ² | Толщина верхней кутикулы, мкм | Толщина верхнего эпи- дермиса, мкм |
|---------------------------|---------------------------|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Вяз обыкновенный | 8,2 | 200 | 1,4 | 20,0 |
| Жимолость татарская | 8,2 | 158 | 1,25 | 32,7 |
| Бересклет европейский | 11,9 | 228 | 1,8 | 15,0 |
| Клен ясенелистный | 26,6 | 327 | 1,8 | 17,0 |
| Ясень пенсильванский | 21,0 | 166 | 1,25 | 10,5 |
| Снежноягодник | 22,5 | 206 | 1,75 | 16,2 |
| Облепиха крушиновидная | 23,0 | 90,6 | 1,6 | 13,4 |
| Бузина красная | 24,2 | 75 | 2,1 | 32,9 |
| Гречиха сахалинская | 25,4 | 94 | 1,2 | 20,5 |

Окончание таблицы 18

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------|------|-------|-------|------|
| Сирень обыкновенная | 25,9 | 234 | 1,6 | 21,9 |
| Черемуха обыкновенная | 26,2 | 180 | 1,5 | 20,0 |
| Вишня | 26,3 | 173 | 1,95 | 23,0 |
| Тополь черный | 28,6 | 211 | 1,75 | 17,6 |
| Тополь бальзамический | 29,0 | 121 | 1,18, | 19,2 |
| Свидина белая | 29,0 | 282 | 1,5 | 8,9 |
| Чубушник венечный | 31,1 | 106 | 1,3 | 28,3 |
| Сирень мохнатая | 31,1 | 158 | 1,6 | 13,6 |
| Кизильник блестящий | 34,3 | 142 | 1,8 | 23,6 |
| Клен остролистный | 35,0 | 292 | 1,3 | 17,9 |
| Клен татарский | 35,6 | 538 | 1,5 | 14,0 |
| Слива | 35,8 | 136 | 1,6 | 19,3 |
| Клен серебристый | 42,0 | 50 | 1,55 | 14,9 |
| Калина обыкновенная | 42,6 | 186 | 1,3 | 19,0 |
| Смородина золотистая | 43,2 | 83 | 1,1 | 15,0 |
| Тополь белый | 44,5 | 146,5 | 1,4 | 16,2 |
| Крушина слабительная | 45,5 | 94 | 1,1 | 19,0 |
| Боярышник крово-красный | 48,6 | 109 | 1,4 | 17,0 |
| Груша | 49,0 | 90 | 1,7 | 13,6 |
| Яблоня сибирская | 49,6 | 158 | 1,6 | 15,1 |
| Пузыреплодник калинолистный | 50,6 | 113 | 1,4 | 17,0 |
| Береза повислая | 51,8 | 154 | – | – |
| Липа мелколистная | 54,5 | 151 | 1,2 | 21,7 |
| Рябина обыкновенная | 54,6 | 121 | 1,3 | 21,0 |
| Рябинник рябинолистный | 56,5 | 196 | 1,6 | 14,3 |
| Карагана древовидная | 59,0 | 148 | 1,8 | 13,4 |
| Барбарис обыкновенный | 59,3 | 184 | 1,6 | 18,8 |
| Груша уссурийская | 59,8 | 124 | 1,6 | 29,2 |
| Осина | 60,6 | – | 1,3 | 13,5 |
| Роза морщинистая | 61,1 | – | – | – |
| Ирга колосистая | 61,1 | 855 | 1,5 | 31,7 |
| Ива белая | 62,0 | 165 | 1,3 | 15,7 |
| Лещина обыкновенная | 62,5 | 87 | 1,8 | 10,6 |
| Барбарис Тунберга | 78 | 63 | 1,6 | 15,3 |

Вопросы

1. Действительно ли газоустойчивость древесных пород коррелирует с интенсивностью фотосинтеза, а если нет, то почему?

2. Каков характер графика зависимости между этими параметрами?
3. Полезен ли такой график при выборе газоустойчивых пород?
4. Связана ли повреждаемость древесных пород с толщиной верхнего эпидермиса или с интенсивностью поглощения сернистого газа?

ЗАНЯТИЕ 7

Тема «Почвенные беспозвоночные животные как индикаторы рекреационной нагрузки на берегу озера Песчаное»

В свете современного понимания природных ресурсов экосистема водосборного бассейна оз. Песчаное является ценным биосферным, ландшафтным и социальным ресурсом. В социальном аспекте наиболее велика роль рекреационной функции. Она заключается в удовлетворении потребностей населения в отдыхе с сохранением целостности природной экосистемы.

Экосистема оз. Песчаное давно используется для организованного отдыха. Рекреационную нагрузку несут как водоем (озеро), так и леса по его берегам. При расчете допустимых рекреационных нагрузок учитывается возраст лесов, рельеф почвы, типы леса. Так, для спелых лесов Свердловского горлесхоза в условиях пересеченной местности допустимы следующие среднегодовые единовременные рекреационные нагрузки, чел./га:

- сосняк брусничный – 0,10;
- сосняк ягодниковый – 0,23;
- сосняк липняковый разнотравный – 0,43;
- сосняк травяно-зеленомошный – 0,23;
- сосняк мшисто-хвощевой – 0,1;
- сосняк сфагновый – 0,03.

Для березовых лесов этой же группы леса допустимые нагрузки значительно больше. На склонах более 10° допустимую нагрузку находят через понижающий коэффициент 0,6, т. е. по склонам горы Пшеничная около оз. Песчаное она равна: $0,1 \cdot 0,6 = 0,06$ чел./га. Это значит, что на 100 га бруснично-зеленомошного леса на склоне с крутизной более 10° в течение дня в году может находиться в среднем шесть человек. Степень подготовленности леса к рекреационным нагрузкам оценивают по длине организованной дорожно-тропиночной сети в м/га. Она увеличивает допустимые рекреационные нагрузки.

Влияние рекреационной нагрузки на береговую лесную экосистему четко демонстрирует состояние почвенной фауны. Известно, что для целей биологической индикации наземных экосистем чаще выбирают таких животных, которые обильны и достаточно оседлы. Этими свойствами обладают многие виды беспозвоночных животных.

Беспозвоночные животные, обитающие в почве (мезофауна), являются одним из структурно-функциональных звеньев наземных экосистем. Об их большой роли в процессах превращения вещества и энергии в экосистеме свидетельствует уже то, что они составляют 70–80 % всей биомассы наземных сообществ (Гиляров, Криволицкий 1971), поэтому беспозвоночные играют важную роль в почвообразовательном процессе. Они могут служить хорошими биоиндикаторами изменений окружающей среды, в том числе измерений антропогенного происхождения (Криволицкий 1994; Некрасова 1993; Степанов и др. 1992; Chudzicka, Skibinska 1998a, b).

Были выбраны 3 участка: в 50, 500 и 1000 м от спортлагеря «Буревестник» Уральского государственного технического университета (УГТУ–УПИ) в сосновом лесу у подножья горы Пшеничная. При сборе почвенных беспозвоночных использовали метод почвенных раскопок с последующей ручной разборкой (Количественные методы 1987). Пробы размером 25 × 25 × 30 см брали в семи повторностях на каждом участке. Животных выбирали из земли, корешков, листвы и хвои, фиксировали их в спирте. Перед фиксацией дождевых червей выдерживали в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге, чтобы очистить их кишечник от частиц почвы. Взвешивали беспозвоночных в лаборатории: мелких – на торсионных весах (WT до 50 мг), а дождевых червей – на технических.

Численность и биомассу мезофауны на берегах оз. Песчаное оценили на участках с разной степенью рекреационной нагрузки. Различия между участками хорошо видны по этим двум показателям (табл. 19).

Цель занятия

Выявить состояние мезофауны в зависимости от рекреационной нагрузки на экосистему.

Материал

Таблица 19 «Численность (N , экз./м²) и биомасса (W , мг/м²) основных групп почвенных беспозвоночных животных на берегу озера Песчаное» и таблица 20 «Характеристики участков, где были взяты пробы беспозвоночных животных» из монографии В.Д. Богданова с соавторами (Богданов и др. 2007).

Задание

1. Записать в тетрадь рекреационные нагрузки в сосняках Среднего Урала.
2. Перенести в тетрадь табл. 19 и 20.
3. Рассчитать процентное отношение групп животных по их численности на трёх участках.
4. Оценить разнообразие животных по числу таксономических групп.
5. Соотнести численность и биомассу беспозвоночных (см. табл. 19) с количественными данными опада, подстилки и дернины (табл. 20).

Таблица 19

Численность (N , экз./м²) и биомасса (W , мг/м²) основных групп почвенных беспозвоночных животных на берегу озера Песчаное

| Систематические группы | Расстояние от спортлагеря «Буревестник» УГТУ–УПИ, м | | | | | |
|---|---|-----------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | 50 – участок № 1 | | 500 – участок № 2 | | 1000 – участок № 3 | |
| | N | W | N | W | N | W |
| Lumbricidae, дождевые черви | 41,12 – | 22 422,0 | 50,24 – | 23 234,0 | 77,60 – | 34 560,0 |
| Chilopoda, многоножки | 2,24 – | 10,24 | 6,88 – | 20,96 | 13,76 – | 56,64 |
| Aranea, пауки | | | 9,12 – | 176,0 | 4,48 – | 44,16 |
| Insecta, насекомые (общее) | 6,72 | 57,60 | 13,60 | 141,28 | 54,72 | 490,72 |
| Hemiptera, клопы | 2,24 – | 15,36 | | | 2,24 – | 9,44 |
| Elateridae, щелкуны | 4,48 – | 35,52 | 11,36 – | 123,20 | 43,36 – | 462,24 |
| Chrysomelidae, листоеды | | | | | 2,24 – | 2,24 |
| Coleoptera, жуки (прочие) | | | 2,24 – | 18,08 | 6,88 – | 16,80 |
| Всего | 50,08 (100 %) | 22 483,12 | 79,84 (100 %) | 23 572,24 | 150,56 (100 %) | 35 151,52 |
| Всего (без червей в одной из проб в 50 м от лагеря) | 8,96 | 61,12 | 79,84 | 23 572,24 | 150,56 | 35 151,52 |

Таблица 20

Характеристики участков, где были взяты пробы беспозвоночных животных

| Показатели | | Расстояние от спортлагеря «Буревестник» УГТУ–УПИ, м | | |
|---------------|-------|---|-------------------|--------------------|
| | | 50 – участок № 1 | 500 – участок № 2 | 1000 – участок № 3 |
| Опад, см | M | 0,243 | 1,428 | 0,357 |
| | n | 7 | 7 | 7 |
| | lim | 0,1–0,5 | 1,0–2,0 | 0,3–0,5 |
| Подстилка, см | M | 1,0 | 0,773 | 1,140 |
| | n | 2 | 11 | 5 |
| | lim | | 0,3–1,5 | 0,5–2,0 |
| Дернина, см | M | – | 6,958 | 8,083 |
| | n | | 12 | 12 |
| | lim | | 6,0–10,0 | 5,0–12,0 |

Вопросы и задания

1. Какой участок больше всего подвергается рекреационной нагрузке?
2. Какие группы животных можно использовать как виды-индикаторы для оценки рекреационной нагрузки?
3. Напишите общий вывод по данной работе.

ЗАНЯТИЕ 8

Тема «Морфологическая изменчивость кровососущих комаров *Culex pipiens* L. (комара-пискуна) из разных популяций Екатеринбурга»

Исследования индивидуальной изменчивости кровососущих комаров могут дать сведения о приспособительном значении и последствиях изменений насекомых, которые происходят под влиянием различных факторов среды.

Изучить изменчивость разных систем признаков в гемипопуляциях (Беклемишев 1970) кровососущих комаров стоит потому, что личинки у большинства видов комаров России обитают в эфемерных сообществах. Разнообразие, структура, принципы формирования и деятельности таких экосистем мало изучены. Накопление данных об изменчивости комаров желательно также ввиду явных эколого-физиологических и экологических различий между видами *Ochlerotatus* и *Culex* (Некрасова 1997). Особенно важно оно в свете многочисленных дискуссий о таксономическом статусе, взаимодействии, происхождении, о распространении в городах и причинах экологической пластичности видовых форм комаров комплекса *Culex pipiens* (Виноградова 1997). Недавно, например, исследования генетической дифференциации популяций *Cx. p. pipiens*, *Cx. p. molestus* и *Cx. torrentium* в разных местах Западной Сибири и Республики Казахстан по результатам RAPD-анализа показали (Сибатаев 2007), что все изученные выборки разделяются на три отчетливых кластера. Генетические расстояния между первыми двумя видовыми формами комаров оказались не намного меньше, чем между ними и комарами *Cx. torrentium*.

В биологии вида *Cx. pipiens*, обитающего главным образом в зоне умеренного климата, интразонального, преимущественно орнитофильного и немногочисленного на Урале, очень много неясного. Совершенно неизвестно происхождение комплекса адаптаций, вследствие которых городские подвальные колонии комаров круглый год докучают горожанам. Разноречивы суждения о таксономическом статусе форм этого политипического вида (виды-двойники? экотипы? подвиды? формы?). Мало изучены ресурс и факторы фенотипической изменчивости этого вида, ее особенности на разных стадиях развития комара и в пределах ареала вида, в естественных и городских условиях.

Накопление данных об изменчивости комаров *Cx. p. pipiens*, антропофильные подвальные колонии которых (экотипы?) являются серьезной проблемой в некоторых городах, позволит всесторонне описать и оценить ресурсы разнообразия этого вида, выявить новые аспекты его полиморфизма, возможные проявления ретикулярной эволюции, гетерозисных и других важных явлений. Огромную роль будет играть изучение изменчивости и других, не столь практически важных, как *Cx. pipiens*, видов кровососущих комаров, в том числе по признакам, не имеющим узко прикладного значения (диагностического, характеризующего резистентность к ядам и т. п.). Это создаст возможность описать ресурсы изменчивости и разнообразия кровососущих комаров России и наметить пути к решению большой проблемы – как адаптационное разнообразие гемипопуляций, видовых форм, видов и сообществ комаров помогает им проявлять немалую жизнеспособность в изменяющихся условиях.

Личинок *Cx. p. pipiens* собирали в разнообразных искусственных и естественных водоемах Екатеринбурга. Часть личинок IV стадии развития фиксировали сразу, из других выплаживали взрослых комаров (имаго). Взяли 3 выборки: 1 – ванна на даче УрО РАН в сосняке к западу от оз. Шарташ; 2 – бетонный водоем для сбора дождевой воды у стены церкви в Парке методистской церкви (ПМЦ) по ул. Шаумяна; 3 – углубления в бетонных основаниях для столбов на ул. Островского вблизи Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (ИЭРиЖ УрО РАН).

О размерах взрослых комаров можно судить по длине их крыла, хоботка, бедра конечностей. Для изучения морфологической изменчивости взрослых комаров *Cx. p. pipiens* использовали размеры обоих крыльев заспиртованных комаров, оторванных и помещенных между предметными стеклами, а также длину хоботка, бедер передней и задней конечностей, измеряли с помощью окуляр-микрометра под микроскопом МБС (окуляр 8^X, объектив 2^X).

Цель занятия

Научиться оценивать достоверные различия между выборками кровососущих комаров.

Материал

Таблицы из книги «Экологическое разнообразие кровососущих комаров Урала» (Некрасова и др. 2008).

Задание

1. Перенести в тетрадь табл. 21.
2. Объяснить следующие обозначения: M ; $\pm m$; σ ; C_v , %; n .
3. Сравнить **средние значения** признаков. Используя критерий Стьюдента, оценить достоверность различий между выборками комаров.
4. Вычислить коэффициенты вариации (КВ), оценив **изменчивость** каждого из промеров самок и самцов комаров. Записать их в таблицу.

Таблица 21

Размеры взрослых комаров *Cx. p. pipiens* из разных выборок Екатеринбурга
(июль 2003 г.)

| Выборка | Размеры частей тела имаго (в окуляр-микрометрах; объектив 2 ^x , окуляр 8 ^x) | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1* | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | Самки | | | | | | |
| 1. Оз. Шарташ, М Екатеринбург | 48,07 | 46,73 | 51,33 | 89,72 | 26,57 | 90,03 | 26,25 |
| $\pm m$ | 0,291 | 0,386 | 0,353 | 0,308 | 0,119 | 0,283 | 0,164 |
| σ | 1,596 | 2,116 | 1,936 | 1,661 | 0,653 | 1,553 | 0,898 |
| Cv, % | – | – | – | – | – | – | – |
| n | 30 | 30 | 30 | 29 | 30 | 30 | 30 |
| 2. ПМЦ, Екатеринбург | 46,67 | 43,57 | 47,30 | 84,09 | 25,18 | 84,10 | 25,27 |
| $\pm m$ | 0,323 | 0,364 | 0,318 | 0,553 | 0,203 | 0,553 | 0,213 |
| σ | 1,768 | 1,994 | 1,745 | 2,976 | 1,110 | 3,030 | 1,165 |
| Cv, % | – | – | – | – | – | – | – |
| n | 30 | 30 | 30 | 29 | 30 | 30 | 30 |
| 3. Ул. Островского, М Екатеринбург | 37,36 | 34,90 | 37,07 | 68,27 | 20,13 | 68,23 | 20,15 |
| $\pm m$ | 0,293 | 0,301 | 0,386 | 0,626 | 0,174 | 0,642 | 0,168 |
| σ | 1,608 | 1,647 | 2,116 | 3,431 | 0,955 | 3,515 | 0,920 |
| Cv, % | – | – | – | – | – | – | – |
| n | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| | Самцы | | | | | | |
| 1. Оз. Шарташ, М Екатеринбург | 52,07 | 42,57 | 46,40 | 78,67 | 20,73 | 78,71 | 20,38 |
| $\pm m$ | 0,249 | 0,361 | 0,364 | 0,410 | 0,187 | 0,446 | 0,191 |
| σ | 1,363 | 1,977 | 1,993 | 2,245 | 1,023 | 2,399 | 1,048 |
| Cv, % | – | – | – | – | – | – | – |
| n | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 29 | 30 |
| 2. ПМЦ, Екатеринбург | 48,76 | 39,75 | 41,14 | 72,42 | 19,85 | 72,58 | 19,63 |
| $\pm m$ | 0,270 | 0,311 | 0,336 | 0,425 | 0,159 | 0,428 | 0,173 |
| σ | 1,455 | 1,647 | 1,807 | 2,327 | 0,872 | 2,345 | 0,946 |
| Cv, % | – | – | – | – | – | – | – |
| n | 29 | 28 | 29 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 3. Ул. Островского, М Екатеринбург | 39,37 | 32,13 | 33,53 | 58,72 | 15,92 | 58,55 | 16,10 |
| $\pm m$ | 0,320 | 0,274 | 0,334 | 0,525 | 0,294 | 0,487 | 0,285 |
| σ | 1,751 | 1,502 | 1,833 | 2,876 | 1,614 | 2,576 | 1,537 |
| Cv, % | – | – | – | – | – | – | – |
| n | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 28 | 29 |

* Примечание: 1 – длина хоботка; 2 – длина бедра передней конечности; 3 – длина бедра задней конечности; 4 – длина левого крыла; 5 – ширина левого крыла; 6 – длина правого крыла; 7 – ширина правого крыла.

Расчеты

Коэффициент вариации:

$$Cv = (\sigma / M) \cdot 100 \%$$

Критерий Стьюдента:

$$t_{st} = (M_1 - M_2) / \sqrt{m_1^2 + m_2^2},$$

где M – это среднее значение;

m – ошибка среднего значения;

σ – среднее квадратичное отклонение;

n – объем выборки.

Если $t_{st} > 2$, то различия, как правило, достоверны. Для оценки уровня значимости следует использовать табл. 22.

Таблица 22

Стандартные отклонения критерия t Стьюдента

| Число степеней свободы k | Уровни значимости P (двустороннее ограничение) | | | Число степеней свободы k | Уровни значимости P (двустороннее ограничение) | | |
|----------------------------|---|-------|--------|----------------------------|---|-------|--------|
| | 0,05 | 0,01 | 0,001 | | 0,05 | 0,01 | 0,001 |
| 1 | 12,71 | 63,66 | 636,62 | 18 | 2,10 | 2,88 | 3,92 |
| 2 | 4,30 | 9,92 | 31,60 | 19 | 2,09 | 2,86 | 3,88 |
| 3 | 3,18 | 5,84 | 12,94 | 20 | 2,09 | 5,85 | 3,85 |
| 4 | 2,78 | 4,60 | 8,61 | 21 | 2,08 | 2,83 | 3,82 |
| 5 | 2,57 | 4,03 | 6,86 | 22 | 2,07 | 2,82 | 3,79 |
| 6 | 2,45 | 3,71 | 5,96 | 23 | 2,07 | 2,81 | 3,77 |
| 7 | 2,36 | 3,50 | 5,40 | 24 | 2,06 | 2,80 | 3,74 |
| 8 | 2,31 | 3,36 | 5,04 | 25 | 2,06 | 2,79 | 3,72 |
| 9 | 2,26 | 3,25 | 4,78 | 26 | 2,06 | 2,78 | 3,71 |
| 10 | 2,23 | 3,17 | 4,50 | 27 | 2,05 | 2,77 | 3,69 |
| 11 | 2,20 | 3,11 | 4,49 | 28 | 2,05 | 2,76 | 3,66 |
| 12 | 2,18 | 3,05 | 4,32 | 29 | 2,05 | 2,76 | 3,66 |
| 13 | 2,16 | 3,01 | 4,22 | 30 | 2,04 | 2,75 | 3,65 |
| 14 | 2,14 | 2,98 | 4,14 | 40 | 2,02 | 2,70 | 3,55 |
| 15 | 2,13 | 2,95 | 4,07 | 60 | 2,00 | 2,66 | 3,46 |
| 16 | 2,12 | 2,92 | 4,01 | 120 | 1,98 | 2,62 | 3,37 |
| 17 | 2,11 | 2,90 | 3,96 | ∞ | 1,96 | 2,58 | 3,29 |
| | 0,025 | 0,005 | 0,0005 | | 0,025 | 0,005 | 0,0005 |
| | Уровни значимости P (одностороннее ограничение) | | | | Уровни значимости P (одностороннее ограничение) | | |
| $k = n_1 + n_2 - 2$ | | | | | | | |

Вопросы

1. Есть ли различия между самцами и самками по размерам тела?
2. В какой части города комары были крупней?
3. В какой выборке и по какому морфологическому признаку комары были более изменчивы?

ЗАНЯТИЕ 9

Тема «Решение экологических задач»

Цель занятия

Закрепить теоретические знания по экологии с помощью решения прикладных задач.

Материал

Задания взяты с интернет-экзамена, а также из учебного пособия О.В. Петунина (Петунин 2008).

Задание

1. Записать условия задачи.
2. Привести решение задачи.

ЗАДАЧИ

1. На питательную среду поместили 200 дрожжевых клеток. Их удвоение происходит за 4 часа. Сколько дрожжевых клеток будет через сутки?

2. Предельно допустимая концентрация изучаемого вещества составляет 2 мг/л. В данном помещении его обнаружили 6,24 мг/л. Во сколько раз количество данного вещества превысило ПДК?

3. Постройте *весеннюю* возрастную пирамиду популяции грачей, если численность составила 10 000 особей, из них 60 % родилось в прошлом году, 20 % – в позапрошлом, 15 % – трехлетние птицы, 3 % – четырехлетние, 2 % – старше четырех лет. Постройте *летнюю* возрастную пирамиду популяции, учитывая, что численность возросла в 4 раза (40 000 особей) за счет родившихся сеголеток. Условно считайте, что смертность взрослых грачей в этот период отсутствует.

4. Начертите возрастную пирамиду популяции большой синицы, если весной, до вылупления птенцов, 60 % популяции составляют птицы прошлого года рождения, участвующие в размножении первый раз, на двухлетних приходится 20 %, на трехлетних – 8 %, на четырехлетних – 5 %, на пятилетних – 4 %, доля особей в возрасте от 6 до 10 лет – 3 %. Как изменится возрастная пирамида популяции большой синицы после вылета птенцов из гнезда, если численность до гнездования составляла 10 000 особей, а кладка в среднем состоит из 8 яиц при соотношении полов 1:1. Условно считайте, что все особи на этом этапе выжили.

5. Площадь Юхновского охотничьего хозяйства составляет 39 000 га. Леса на этой площади относятся к лесам среднего качества. Лесистость хозяйства 73 %. Численность лося ориентировочно определяется в 421 особь. Рассчитайте плотность популяции лося. Дайте оценку плотности его популяции (низкая, оптимальная, высокая, очень высокая), если для лесов среднего качества плотность популяции лося должна составлять 3–5 особей на каждую 1 000 га.

6. В охотничьем хозяйстве численность стада лосей определяется в 500 особей. Определите, на сколько голов будет увеличиваться стадо при ежегодном приросте в 15 %. Укажите, что произойдет с плотностью популяции, если территория хозяйства составляет 40 000 га (плотность рассчитывается по количеству лосей на 1 000 га).

7. В начале сезона было помечено 1 000 рыб. В ходе последующего лова в общем вылове из 5 000 рыб обнаружилось 350 меченых. Какова была численность популяции перед началом промысла?

8. На территории площадью 100 км² ежегодно производили частичную рубку леса. На момент организации на этой территории заповедника было отмечено 50 лосей. Через 5 лет их численность увеличилась до 650 голов. Еще через 10 лет количество лосей уменьшилось до 90 и стабилизировалось в последние годы на уровне 80–110 голов. Определите численность и плотность поголовья лосей: а) на момент создания заповедника; б) через 5 лет после создания заповедника; в) через 15 лет после создания заповедника. Объясните, почему сначала численность лосей резко возросла, а позднее упала и стабилизировалась.

9. В лесу зоологи равномерно расставили ловушки на зайцев-беляков. Всего было поймано 50 зверьков. Их поместили и отпустили. Через неделю отлов повторили. Поймали 70 зайцев, из которых 20 были уже с метками. Определите, какова численность зайцев на исследуемой территории, принимая во внимание, что меченные в первый раз зверьки равномерно распределились в лесу.

10. Постройте график изменения заготовок шкурок зайца-беляка на севере европейской части России последовательно за 27 лет (объем заготовок приводится в баллах). Баллы: 2, 1, 2, 3, 3, 4, 5, 15, 30, 80, 100, 60, 55, 0, 1, 1, 1, 2, 8, 90, 100, 100, 130, 10, 2, 1, 2. Сколько лет длится один цикл в динамике численности зайца-беляка? Какой прогноз для заготовок шкурок будет более точным: на 1, на 5 или на 10 лет вперед?

11. Если популяция реагирует на собственную высокую плотность снижением рождаемости, то почему возможно чрезмерное размножение вредителей на полях и в садах?

12. Рассчитайте индекс сходства двух фитоценозов, используя формулу Жаккара:

$$K = C \cdot 100 \% / (A + B) - C,$$

где А – число видов данной группы в первом сообществе;

В – число видов во втором сообществе;

С – число видов, общих для обоих сообществ. Индекс выражается в процентах сходства.

Первый фитоценоз – сосняк-черничник: сосна, черника, брусника, блестящий зеленый мох, майник двулистный, седмичник европейский, ландыш майский, гурдиера ползучая, грушанка круглолистная.

Второй фитоценоз – сосняк-брусничник-зеленомошник: сосна, брусника, блестящий зеленый мох, ландыш майский, грушанка средняя, зимолюбка, вереск обыкновенный, кукушник, плаун булавовидный.

Какие виды-доминанты характерны для первого и второго фитоценоза?

13. Рассчитайте индекс сходства двух фитоценозов, используя формулу Жаккара. Первый располагается в заповеднике, а второй – в соседнем лесу, где отдыхают люди.

Список видов первого фитоценоза в заповеднике: дуб черешчатый, липа, лещина, осока волосистая, папоротник, подмаренник, сныть обыкновенная.

Список видов второго, нарушенного фитоценоза: дуб черешчатый, яблоня, липа, одуванчик лекарственный, подорожник большой, осока волосистая, земляника лесная, сныть обыкновенная, крапива двудомная, горец птичий, лопух большой, череда.

Выпишите названия видов, которые исчезли из дубравы под воздействием вытаптывания.

Выпишите названия видов, появившихся в дубраве благодаря вытаптыванию и другим процессам, которые сопутствуют отдыху людей в лесу.

14. Постройте пирамиду чисел пищевой цепи *растения – кузнечики – лягушки – ужи – ястреб*, предполагая, что животные каждого трофического уровня питаются только организмами предыдущего уровня. Биомасса растений на исследуемой территории составляет 40 т. Биомасса одного побега травянистого растения равна 5 г (0,005 кг), биомасса одного кузнечика – 1 г (0,001 кг), одной лягушки – 10 г (0,01 кг), биомасса одного ужа – 100 г (0,1 кг), одного ястреба – 2 кг.

15. Зная закон Р. Линдемана, рассчитайте, сколько понадобится фитопланктона, чтобы вырос один бурый медведь весом 350 кг (пищевая цепь *фитопланктон – зоопланктон – мелкие рыбы – лосось – медведь*). Условно примите, что на каждом трофическом уровне всегда поедаются только представители предыдущего уровня.

16. Какое количество растительной биомассы (приблизительно) сохранит одна особь гигантской вечерницы (вид летучих мышей), весящая около 50 г и питающаяся крупными растительными жуками.

17. Если в лесу на площади 1 га взвесить отдельно всех насекомых, все растения и всех хищных позвоночных (земноводных, рептилий, птиц и млекопитающих вместе взятых), то представители какой группы суммарно будут самыми тяжелыми? Самыми легкими? Объясните почему.

18. Общее содержание углекислого газа в атмосфере Земли составляет 1 100 млрд т. Установлено, что за один год растительность ассимилирует почти 1 млрд т углерода. Примерно столько же его выделяется в атмосферу. Определите, за сколько лет весь углерод атмосферы пройдет через организмы.

19. Зная законы миграции элементов в биосфере, расположите места сбора лекарственных трав по возрастанию опасности для здоровья человека, которая может возникнуть при употреблении этих растений:

- в городе рядом с автомобильной дорогой;
- рядом с железнодорожным полотном;
- в лесу далеко от населенного пункта;
- рядом с деревней.

20. Постройте график роста численности населения на земном шаре. До начала XIX в. она росла медленно. В 1700 г. численность составила 0,6 млрд человек. Рубеж первого миллиарда был преодолен в 1830 г., второго – в 1939-м, третьего – в 1960-м, четвертого – в 1975-м, пятого – 1987-м, шестого – 2000-м.

21. Статистические данные показывают, что более 80 % раковых заболеваний вызывается фактором окружающей среды. Долевое распределение причин, вызывающих рак у человека, выглядит следующим образом: курение – 30 %, химические вещества пищи – 35 %, неблагоприятные условия работы – 5 %, спиртные напитки – 3 %, излучения – 3 %, загрязнение воздуха и воды – 2 %, другие причины – 5 %, причины, не связанные с влиянием окружающей среды, – 17 %.

Ежегодно в мире регистрируют 5,9 млн новых случаев заболеваний раком и умирает 3,4 млн больных. Рассчитайте, сколько человек в мире в год умирает от рака, вызванного курением.

22. Человек забирает из водоемов много воды на хозяйственные нужды. Установлены допустимые нормы водозабора. Они составляют для реки $1/25$ часть годового речного стока. Из Волги забирают $1/6$ часть годового стока. Рассчитайте, во сколько раз превышает норму водозабор из Волги. К каким последствиям это приводит?

23. Липа мелколистная живет в лесу до 300–400 лет, в городских условиях – до 150 лет. У сосен, растущих в городе, сучья на вершинах отмирают. В чем причина плохого развития деревьев в городе?

24. Начертить график темпа вымирания птиц на Земле. С 1700 по 1749 г. исчезло 6 видов, с 1750 по 1799 г. – 10 видов, с 1800 по 1849 г. – 15 видов, с 1850 по 1899 г. – 26 видов, с 1900 по 1949 г. – 33 вида, с 1950 по 2000 г. – 37 видов. Объясните тенденцию исчезновения видов птиц за последние 300 лет. Какие последствия для человека и природы имеет вымирание птиц? Назовите основные причины вымирания птиц.

ЗАНЯТИЕ 10

Тема «Автотранспорт – основной загрязнитель в больших городах»

Существенной составляющей загрязнения воздушной среды городов, особенно крупных, являются выхлопные газы автотранспорта, которые составляют 60–80 % от общих выбросов. Многие страны, в том числе и Россия, принимают различные меры по снижению токсичности выбросов: путем лучшей очистки бензина, замены его на более чистые источники энергии (газовое топливо, спирт, электричество), снижения свинца в добавках к бензину. Проектируются более экономичные двигатели с более полным сгоранием горючего, создание в городах зон с ограниченным движением автомобилей. Несмотря на принимаемые меры, из года в год растет число автомобилей, и загрязнение воздуха не снижается.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздух более 200 компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, окислы азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов (бензопирен и бензоантроцен). При этом наибольшее количество токсических веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на пере-

крестках, остановках перед светофорами. Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05 % углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу – 0,98 %, окиси углерода соответственно – 5,1 % и 13,8 %. Подсчитано, что среднегодовой пробег каждого автомобиля 15 тыс. км. В среднем за это время он обедняет атмосферу на 4350 кг кислорода и обогащает его на 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводородов и 7 кг окислов азота.

Практическая работа дает возможность оценить загруженность участка улицы разными видами автотранспорта, сравнить в этом отношении разные улицы и изучить окружающую обстановку. Собранные данные необходимы для расчетов уровня загрязнения воздушной среды, предполагаемого в следующей работе.

Цель занятия

Определить количество автомобилей разного типа на улицах, прилегающих к учебному зданию УГЛТУ.

Материал

1. Блокнот. 2. Карандаш. 3. Часы. 4. Психрометр.

Задание

Студенты разделяются по 3–4 человека (один считает, другой записывает, остальные дают общую оценку обстановки). Студенты выбирают место на определенных участках разных улиц с односторонним движением. В случае двустороннего движения каждая группа располагается на своей стороне. Сбор материала по загруженности улиц автотранспортом может проводиться как путем разового практического занятия, так и более углубленно (для курсовых, дипломных работ) с замерами в 8, 13 и 18 часов, в ночные часы. Из ряда замеров вычисляют среднее значение. Интенсивность движения автотранспорта определяется методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза по 20 минут в каждом из сроков.

Запись ведется согласно табл. 23.

Таблица 23

Количество автомобилей на разных улицах Екатеринбурга

| Время | Тип автомобиля | Число единиц |
|-------|---------------------------------|--------------|
| | Легкий грузовой | |
| | Средний грузовой | |
| | Тяжелый грузовой (дизельный) | |
| | Автобус | |
| | Легковой | |

В каждой точке наблюдений оцените улицу по следующим параметрам и запишите в блокнот.

1. Тип улицы: городские улицы с односторонней застройкой (набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи), жилые улицы с двусторонней застройкой, дороги в выемке, магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон, транспортные тоннели и др.

2. Уклон. Определяется глазомерно или эклиметром.

3. Скорость ветра. Определяется анемометром или глазомерно с использованием окружающих признаков.

4. Относительная влажность воздуха. Определяется психрометром.

5. Наличие защитной полосы из деревьев и др.

Согласно данным, представленным в табл. 23, автомобили разделите на три категории: с карбюраторным двигателем, дизельные, автобусы «Икарус». Оцените движение транспорта по отдельным улицам.

Постройте графики загруженности улицы автотранспортом в разное время суток (по вертикали – число автомобилей, шт.; по горизонтали – время суток, ч; виды автотранспорта: 1 – автомашины с карбюраторными двигателями, 2 – с дизельными, 3 – автобусы «Икарус»).

Итогом работы является суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом согласно ГОСТ–17.2.2.03–77: низкая интенсивность движения – 2,7–3,6 тыс. автомобилей в сутки, средняя – 7–8 тыс. и высокая – 18–27 тыс.

Вопросы и задания

1. Сравните суммарную загруженность различных улиц города в зависимости от типа автомобилей.

2. Объясните полученные различия.

ЗАНЯТИЕ 11

Тема «Влияние автотранспорта на атмосферный воздух вдоль магистральных путей»

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода в мг/м^3 . Исходными данными для данной работы служат показатели, полученные студентами во время проведения предыдущей работы.

Цель занятия

Оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода отработанными газами автомобилей.

Материал

1. Таблицы различных коэффициентов, необходимых для расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода.

2. Данные об автотранспорте на улицах города, полученные на предыдущем занятии.

Задание

1. Записать формулы, данные в табл. 24–29 в лабораторные тетради.

2. Рассчитать уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода отработанными газами автомобилей на разных улицах города, используя данные занятия 10.

Пример расчетов

Дана магистральная улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольный уклон 2° , скорость ветра 4 м/с, относительная влажность воздуха 70 %, температура 20°C . Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях $N = 500$ автомашин в час. Состав автотранспорта: 10 % грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 10 % со средней грузоподъемностью, 5 % с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 5 % автобусов и 70 % легковых автомобилей.

Формула оценки концентрации окиси углерода K_{CO} :

$$K_{\text{CO}} = (0,5 + 0,01N K_T) K_A K_Y K_C K_B K_{\text{П}},$$

где 0,5 – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, $\text{мг}/\text{м}^3$;

N – суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автомобилей/ч;

K_T – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода;

K_A – коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

K_Y – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона;

K_C – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра;

K_B – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха;

$K_{\text{П}}$ – коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений дорог.

Коэффициент токсичности автомобилей как средневзвешенный для потока автомобилей определяется по формуле:

$$K_T = \sum P_i K_{Ti},$$

где P_i – состав автотранспорта, доли единицы,

K_{Ti} – коэффициент K_T по типу автомобиля, определяется по табл. 24.

Таблица 24

Коэффициент K_T по типу автомобиля

| Тип автомобиля | Коэффициент K_T |
|------------------------------|-------------------|
| Легкий грузовой | 2,3 |
| Средний грузовой | 2,9 |
| Тяжелый грузовой (дизельный) | 0,2 |
| Автобус | 3,7 |
| Легковой | 1,0 |

Подставив значения согласно приведенному примеру, получим:

$$K_T = 0,1 \cdot 2,3 + 0,1 \cdot 2,9 + 0,05 \cdot 0,2 + 0,05 \cdot 3,7 + 0,7 \cdot 1 = 1,41.$$

Значение коэффициента K_A , учитывающего аэрацию местности, определяют по табл. 25.

Таблица 25

Коэффициент K_A в зависимости от аэрации местности

| Тип местности по степени аэрации | Коэффициент K_A |
|--|-------------------|
| Транспортные тоннели | 2,7 |
| Транспортные галереи | 1,5 |
| Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон | 1,0 |
| Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке | 0,6 |
| Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи | 0,4 |
| Пешеходные тоннели | 0,3 |

Для магистральной улицы с многоэтажной застройкой $K_A = 1$.

Значение коэффициента K_y , учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяют по табл. 26.

Таблица 26

Коэффициент K_y по типу уклона местности

| Продольный уклон, град. | Коэффициент K_y |
|-------------------------|-------------------|
| 0 | 1,00 |
| 2 | 1,06 |
| 4 | 1,07 |
| 6 | 1,18 |
| 8 | 1,55 |

Коэффициент изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра K_C определяют по табл. 27.

Таблица 27

Коэффициент K_C в зависимости от скорости ветра

| Скорость ветра, м/с | Коэффициент K_C |
|---------------------|-------------------|
| 1 | 2,70 |
| 2 | 2,00 |
| 3 | 1,50 |
| 4 | 1,20 |
| 5 | 1,05 |
| 6 | 1,00 |

Значение коэффициента K_B , определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в табл. 28.

Таблица 28

Коэффициент K_B в зависимости от относительной влажности воздуха

| Относительная влажность | Коэффициент K_B |
|-------------------------|-------------------|
| 100 | 1,45 |
| 90 | 1,30 |
| 80 | 1,15 |
| 70 | 1,00 |
| 60 | 0,85 |
| 50 | 0,75 |

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода K_{II} у пересечений дорог приведен в табл. 29.

Таблица 29

Коэффициент K_{II} в зависимости от типа пересечения

| Тип пересечения | Коэффициент K_{II} |
|-------------------------------|----------------------|
| Регулируемое пересечение: | |
| – со светофорами обычное; | 1,8 |
| – со светофорами управляемое; | 2,1 |
| – саморегулируемое; | 2,0 |
| Нерегулируемое: | |
| – со снижением скорости; | 1,9 |
| – кольцевое; | 2,2 |
| – с обязательной остановкой | 3,0 |

Подставив значения коэффициентов, можно оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода:

$$K_{CO} = 1 \cdot 1,06 \cdot 1,20 \cdot 1,0 (0,5 + 0,01 \cdot 500 \cdot 1,4) = 8,96 \text{ мг/м}^3.$$

Предельно допустимая концентрация (ПДК) выбросов автотранспорта **по окиси углерода** равна **5 мг/м³**. Снижение уровня выбросов возможно за счет следующих мероприятий:

- запрещение движения автомобилей;
- ограничение интенсивности движения до 300 авт./ч.;
- замена карбюраторных грузовых автомобилей дизельными;
- установка фильтров.

Вопросы

1. Превышает ли уровень загрязнения автотранспортом ваших улиц ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода?
2. Какие меры вы можете предложить для снижения таких выбросов с учетом конкретных ситуаций на дорогах вашего города?

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Работа 1

1-й вариант

1. Условия существования – это...
2. Прямое влияние экологических факторов (1 пример).
3. Правило оптимума.
4. Стенобионты – это... (1 пример – животное или растение).
5. Экологическое правило Бергмана.
6. Экологическая группа растений по отношению к влажности – ГИГРОФИТЫ. Дать характеристику этой группы. 1 пример – вид растения, который относится к этой группе.

2-ой вариант

1. Среда обитания – это...
2. Косвенное влияние экологических факторов (1 пример).
3. Закон минимума (закон Либиха).
4. Эврибионты – это... (1 пример – животное или растение).
5. Экологическое правило Аллена.
6. Экологическая группа растений по отношению к влажности – КСЕРОФИТЫ. Дать характеристику этой группы. 1 пример – вид растения, который относится к этой группе.

Работа 2

1-й вариант

1. Почва по В.И. Вернадскому – это какое вещество?
2. Пастбищная пищевая цепь начинается с...

3. Какие газы относятся к парниковым газам?
4. Численность и плотность популяции – это какие популяционные характеристики?
5. Перечислить объекты регионального мониторинга.
6. Международные объекты охраны окружающей среды вне юрисдикции государств.
7. Автор термина *экологическая ниша*.
8. Оптимальная численность людей на Земле.

2-ой вариант

1. Нефть по В.И. Вернадскому – это какое вещество?
2. Детритная пищевая цепь начинается с...
3. Какие вещества разрушают озоновый слой?
4. Рождаемость и смертность – какие это популяционные характеристики?
5. Перечислить объекты локального мониторинга.
6. Международные объекты охраны окружающей среды, входящие в юрисдикцию государств.
7. Автор термина *биогеоценоз*.
8. Какое количество людей может содержать современная биосфера на Земле?

Работа 3

1-й вариант

1. Какие вопросы обсуждали на Конференции ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 г.?
2. Экологические права граждан, закрепленные Конституцией РФ.
3. Природные неисчерпаемые ресурсы.
4. Природные возобновляемые ресурсы.
5. Экологический контроль.
6. Сухой способ очистки газов.
7. ООПТ – заповедник (степень заповедности; функции этой ООПТ). Какой заповедник Вы знаете?

2-ой вариант

1. Какие задачи решает организация «Гринпис»?
2. Экологические обязанности граждан, закрепленные Конституцией РФ.
3. Природные исчерпаемые ресурсы.
4. Природные невозобновляемые ресурсы.
5. Экологическая экспертиза.
6. Методы очистки сточных вод от твёрдых частиц.
7. ООПТ – национальный парк (степень заповедности; функции этой ООПТ). Какой национальный парк Вы знаете?

Работа 4

1-й вариант

Описать структуру и функции экосистемы *лиственный лес*.

2-ой вариант

Описать структуру и функции экосистемы *сосновый лес*.

3-й вариант

Описать структуру и функции экосистемы *тропический лес*.

СЕМИНАРЫ

Занятие 1. Глобальные проблемы экологии и пути решения экологических проблем (*защита рефератов по теме, домашняя подготовка по данной теме*)

Студенты должны сравнить две группы действий (А и Б) по сохранению и улучшению природной среды и обосновать, почему отдают предпочтение тем или иным.

1. А. Сократить утечку отходов со свалок.
Б. Внедрить вторичные технологии использования отходов.
2. А. Повысить безотходность АЭС.
Б. Использовать новые безвредные источники энергии.
3. А. Применять новые способы борьбы с загрязнением от автомобильного транспорта.
Б. Сократить потребность автотранспорта в топливе.
4. А. Спасать виды животных и растений, находящиеся на грани вымирания.
Б. Ограничить рост народонаселения, приводящий к разрушению экосистем и сокращению биоразнообразия.

Занятие 2. Биогеохимические циклы (*домашняя подготовка по данной теме; листы со схемами круговорота углерода, азота, серы, фосфора*)

Группа студентов разделена на четыре подгруппы, каждая из которых готовит рассказ о круговороте одного из элементов.

Студенты должны изобразить схемы круговорота веществ.

Занятие 3. Охрана окружающей среды (*домашняя подготовка по данной теме; физическая карта Урала, карта-схема Урала с заповедниками и национальными парками*)

Каждый из студентов готовит небольшой рассказ о заповеднике, национальном парке России или других стран мира.

Необходимо обсудить проблемы охраны природы на Урале.

Студенты должны записать названия заповедников, национальных парков Урала.

ЛИТЕРАТУРА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Бебия С.М. Дифференциация деревьев в лесу, их классификация и определение жизненного состояния древостоев / С.М. Бебия // Лесоведение. 2000. № 4. С. 35–43.

Беклемишев В.Н. Биоценологические основы сравнительной паразитологии. М.: Наука, 1970. 502 с.

Богданов В.Д., Богданова Е.Н., Госькова О.А., Морозова Л.М., Некрасова Л.С., Степанов Л.Н., Ярушина М.И. Оценка экологического состояния и рекреационной емкости экосистемы озера Песчаное. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 143 с.

Большаков В.Н., Бердюгин К.И., Васильева И.А., Кузнецова И.А. Млекопитающие Свердловской области: справочник-определитель. Екатеринбург: Екатеринбург, 2000. 240 с.

Вигоров Л.И. Сад лечебных культур. Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1979. 176 с.

Виноградова Е.Б. Комары комплекса *Culex pipiens* в России: тр. Зоол. ин-та РАН. СПб., 1997. Т. 271. 307 с.

Гиляров М.С., Криволицкий Д.А. Радиоэкологические исследования в почвенной зоологии // Зоол. журн., 1971. Т. 50. Вып. 3. С. 329–342.

Горчаковский П.Л., Никонова Н.Н., Фамелис Т.В., Шарафутдинов М.И. Карта растительности Урала // Атлас Свердловской области. Екатеринбург, 1997. С. 16–17.

Денисова С.И. Полевая практика по экологии: учеб. пособие. Минск: Университет, 1999. 120 с.

Качалов А.А. Деревья и кустарники. М.: Лесная промышленность, 1969. 408 с.

Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.

Количественные методы в почвенной зоологии / Ю.Б. Бызова, М.С. Гиляров, В. Дунгер и др. М.: Наука, 1987. 288 с.

Коновалов Н.А., Луганский Н.А. Деревья и кустарники для озеленения городов Урала. Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1967. 190 с.

Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: учебник для вузов. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 602 с.

Криволицкий Д.А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М, Наука, 1994. 269 с.

Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале). М.: Наука, 1972. 284 с.

Мамаев С.А. Деревья и кустарники: определитель. Екатеринбург: УрО РАН. 2005. 206 с.

Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности. Уфа: Гилем, 1998. 413 с.

Некрасова Л.С. Влияние медеплавильного производства на почвенную мезофауну // Экология. 1993. № 5. С. 83–85.

Некрасова Л.С. Экологические аспекты плотностнозависимых реакций кровососущих комаров: дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 1997. 451 с.

Некрасова Л.С., Вигоров Ю.Л. Экология: метод. указ. к практическим занятиям для студентов специальностей 260400 и 260500 очной формы обучения. Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. 46 с.

Некрасова Л.С., Вигоров Ю.Л., Вигоров А.Ю. Экологическое разнообразие кровососущих комаров Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 208 с.

Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1979. 280 с.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 192 с.

Петунин О.В. Сборник заданий и упражнений по общей экологии: учеб. пособие для преподавателей и студентов высших учебных заведений. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 188 с.

Прищеп Н.И. Экология: практикум. М.: Аспект Пресс, 2007. 272 с.

Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск: Вышэйшая школа, 1967. 327 с.

Сибатаев А.К. Филогения и таксономический статус близкородственных видов кровососущих комаров *p. p. Anopheles* Meigen и *Culex* Linnaeus фауны России и сопредельных территорий: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Томск, 2007. 44 с.

Степанов А.М., Кабиров Р.Р., Черненькова Т.В., Садыков О.Ф., Ханисламова Г.М., Некрасова Л.С., Бутусов О.Б., Бальцевич Л.А. Комплексная экологическая оценка техногенного воздействия на экосистемы южной тайги. М.: ЦЕПЛ, 1992. 246 с.

Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студентов. М.: ВЛАДОС, 2001. 288 с.

Чернова Н.М. Лабораторный практикум по экологии. М.: Просвещение, 1986. 96 с.

Chudzicka E., Skibinska E. Monitoring and role of invertebrates in bioindicator evaluation of environment condition and changes // Memorabilia zoological. 1998. V. 51. P. 3–12.

Chudzicka E., Skibinska E. Diversity of reactions of insect communities as a response to anthropogenic pressure // Memorabilia zoological. 1998. V. 51. P. 13–30.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

Учение о биосфере

1. Биосфера как арена жизни.
2. Биосфера как специфическая оболочка Земли.
3. Учение В.И. Вернадского о ноосфере.
4. Структура биосферы.
5. Эволюция биосферы.
6. Демографические проблемы и возможности биосферы.
7. Современная концепция устойчивого развития (Воронков 1999: 386; Коробкин, Передельский 2008: 535).

Учение о биогеоценозе

1. Структура биогеоценоза.
2. Динамика развития экосистемы. Сукцессии.
3. Многообразие форм биотических связей организмов в биогеоценозе.
4. Лесные экосистемы. Зональные типы лесов.
5. Агробиоценозы.
6. Основные биомы Земли.
7. Круговорот веществ в природе.

Учение о популяции

1. Пространственная структура популяций.
2. Структура популяции (возрастная, половая, этологическая).
3. Динамика численности популяций.
4. Методы борьбы с вредителями лесного и сельского хозяйства.

Организм и среда

1. Биологические ритмы организмов.
2. Принципы экологической классификации организмов.
3. Почва как среда обитания живых организмов.
4. Пойкилотермные и гомойотермные животные.
5. Светолюбивые (гелиофиты) и теневыносливые растения (сциофиты) – экологические группы растений по отношению к свету.

Антропогенная трансформация среды

1. Мониторинг окружающей природной среды.
2. Загрязнение почв пестицидами и его экологическое значение.
3. Экологические проблемы транспорта.
4. Кислотные дожди. Их экологическое значение.
5. Парниковый эффект: возникновение и последствия для планеты.
6. Радиоактивное загрязнение среды.

Охрана природы и рациональное природопользование

1. Особо охраняемые территории. Их значение в деле охраны природы и рационального природопользования.
2. Красные книги. Основные принципы сохранения генофонда биосферы.
3. Проблемы истощаемости природных ресурсов.
4. Нормирование качества окружающей природной среды.
5. Организация и проведение экологической экспертизы.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ РЕФЕРАТОВ

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология: особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989. В 2 т. Т. 1. 667 с. Т. 2. 477 с.

Большаков В.Н., Липунов И.Н., Лобанов В.И. и др. Экология: учебник для вузов. М.: Интернет Инжиниринг, 2000. 220 с.

Воронков Н.А. Экология общая, социальная и прикладная: учебник для студентов вузов. Пособие для учителей. М.: Агар, 1999. 424 с.

Гальперин М.В. Экологические основы природопользования: учебник. М.: Форум: ИНФРА, 2007. 256 с.

Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: МГУ, 1990. 191 с.

Горышина Т.К. Экология растений. М.: Высшая школа, 1979. 364 с.

Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. М.: Мир, 1988. 184 с.

Жизнь растений. М.: Просвещение, 1974. Т. 1. 487 с.

Казенс Д. Введение в лесную экологию. М.: Лесная промышленность, 1982. 144 с.

Константинов В.М. Охрана природы: учеб. пособие. М.: Академия, 2000. 240 с.

Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволицкий Д.А. Биологическое разнообразие: учеб. пособие. М.: ВЛАДОС, 2004. 432 с.

Маргалев Р. Облик биосферы. М.: Наука, 1992. 214 с.

Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности. Уфа: Гилем, 1998. 413 с.

Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Основы общей экологии: Университетская книга, 2005. 240 с.

Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. М.: Логос, 2001. 264 с.

Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990. 351 с.

Моисеев Н. Экология человечества глазами математика. М.: Молодая гвардия, 1988. 254 с.

Морозов Г.Ф. Учение о лесе. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1949. 455 с.

Наумова Л.Г. Основы фитоценологии. Уфа, 1995. 238 с.

- Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир. М.: Мир, 1993. В 2 т. Т. 1. 424 с. Т. 2. 330 с.
- Некрасова Л.С. Экологический анализ перенаселенности личинок кровососущих комаров. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 124 с.
- Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. В 2 т. Т. 1. 328 с. Т. 2. 376 с.
- Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981. 399 с.
- Пономарева И.Н., Соломин В.П., Корнилова О.А. Общая экология: учеб. пособие. М.: Мой учебник, 2005. 462 с.
- Промышленная экология: учеб. пособие / Под ред. В.В. Денисова. М.: МарТ, 2007. 720 с.
- Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. М.: Финансы и статистика, 1995. 528 с.
- Работнов Т.А. Фитоценология. М.: МГУ, 1983. 292 с.
- Радкевич В.А. Экология. Минск: Вышэйшая школа, 1997. 159 с.
- Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия молодая, 1994. 367 с.
- Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: словарь-справочник. М.: Просвещение, 1992. 321 с.
- Риклефс Р.Е. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 424 с.
- Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии: учеб. пособие. Самара: Самарский научный центр РАН, 1999. 396 с.
- Ручин А.Б. Экология популяций и сообществ: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Академия, 2006. 352 с.
- Серебрякова И.С., Воронин Н.С., Еленевский А.Г. и др. Ботаника с основами фитоценологии. Анатомия и морфология растений: учебник для вузов. М.: Академкнига, 2007. 543 с.
- Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 327 с.
- Уткин В.И., Чеботина М.Я., Евстегнеев А.В. и др. Радиоактивные беды Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 94 с.
- Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1986. 272 с.
- Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 278 с.
- Шилов И.А. Экология. М.: Высшая школа, 1997. 512 с.
- Экологический энциклопедический словарь. М.: Ноосфера, 2002. 930 с.
- Яблоков А.В. Популяционная биология. М.: Высшая школа, 1987. 303 с.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

Агроэкосистема – сложная, развивающаяся система, включающая агрофитоценозы (поля, сады и др.), используемую людьми почву с ее обитателями, сельскохозяйственную технику и сооружения, вкладываемые труд и энергию и др.

Аллелопатия – взаимовлияние одних видов растений на другие с помощью выделяемых (летучих или растворимых) биологически активных веществ, изменяющее конкурентную способность видов и структуру сообщества.

Аменсализм – асимметричная форма взаимодействия видов, при которой представители одного вида, мешая другому, не получают видимой пользы.

Анемохория – пассивное расселение пыльцы, семян, плодов, спор, мелких беспозвоночных животных и т. п. в потоках воздуха.

Ареал – территория или акватория, в пределах которой распространен вид или совокупность близкородственных видов.

Бентос – животные или растения, обитающие на дне или у дна водоема.

Биогеоценоз – комплексная экосистема крупного ранга, состоящая из биотопа и экосистемы (фитоценоза) и составляющая вместе с другими биогеоценозами биосферу Земли.

Биом – крупное экосистемное подразделение (совокупность экосистем) в пределах природно-климатической зоны – таежной, степной и др.

Биомасса – вся живая органическая масса, которая содержится в экосистеме или её элементах вне зависимости от того, за какой период она образовалась и накопилась.

Биосфера – заселенная живыми организмами нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы; самая крупная из экосистем Земли.

Биота – совокупность живых организмов (животных, растений и др.), обитающих на крупной территории или в какой-либо среде (водной среде, океане, тундре и т. д.).

Биотоп – заселенное каким-либо сообществом пространство или участок абиотической среды с относительно однородными условиями.

Биоценоз – обитающее в пределах какого-либо биотопа сообщество популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, состоящее из продуцентов, консументов и редуцентов.

Вид доминантный – вид, преобладающий по численности, господствующий в сообществе.

Вид эндемичный – вид, обитающий только в данном регионе, чаще всего в географических или экологических изолятах.

Гидрофиты – растения, часть которых находится в воде, другая часть выступает над водой (кувшинка, стрелолист).

Гигрофиты – сухопутные растения, обитающие в условиях достаточной влажности и слабо приспособленные к изменениям водного режима.

Гидатофиты – растения, живущие в толще воды (элодея, рдест).

Гидробионты – водные животные или растения (бентос, перифитон, планктон, обитатели литорали и др.).

Гидросфера – вся свободная вода Земли, не связанная минералами земной коры.

Дендрохронология – научная дисциплина о методах датировки событий и природных явлений, основанная на изучении годичных колец древесины.

Демографический взрыв – вызванное изменением условий жизни резкое (сверх оптимального) увеличение народонаселения, представляющее угрозу благополучному существованию человечества.

Деструкторы – комплекс бактерий, грибов, простейших и других организмов, разлагающих органические вещества до минерального состояния.

Детрит – полуразложившиеся остатки организмов в виде взвеси в воде или ила на дне, а также в верхних слоях почвы.

Жизненные формы – группы растений, различаемые по комплексам сформированных в процессе эволюции морфофизиологических адаптаций (фанерофиты, хамефиты и др.).

Заказник – участок суши или водоема, где с целью охраны каких-либо видов живых существ запрещены какие-либо формы хозяйственной деятельности (охота, пастьба скота и др.).

Закон минимума (Ю. Либиха) – закон, согласно которому величину урожая определяет (ограничивает) содержание в почве того элемента питания, количество которого минимально.

Закон толерантности (В. Шелфорда) – закон, согласно которому (с последующими дополнениями) существование вида ограничивают не только факторы, значение которых минимально, но также избыточные факторы, т. е. превышающие пределы толерантности вида.

Заповедники – охраняемые законом или обычаями территории или акватории, исключенные из хозяйственной деятельности ради сохранения в естественном виде природных комплексов (видов, уголков природы), святых или имеющих историческое значение мест.

Зеленая революция – вызванное вследствие научно-технического прогресса скачкообразное производство зерна и масличных культур в передовых государствах мира.

Зоохория – перенос животными спор, пыльцы, семян или плодов растений.

Иммиграция – пополнение популяций за счет переселения (миграции) в них особей из других мест.

Канцерогены – химические вещества или физические агенты (ультрафиолетовые лучи и др.), вызывающие возникновение злокачественных новообразований.

Климатические зоны – площади поверхности Земли, неодинаково обеспеченные лучистой энергией Солнца (тропическая, умеренная и холодная зоны).

Комменсализм – форма биотических взаимоотношений, при которой существа одного вида предоставляют убежище или пищу представителям другого вида-комменсала.

Конкуренция – отрицательные («взаимовредные») внутри- или межвидовые взаимоотношения особей в борьбе за пищу, свет, места обитания и другие ресурсы.

Консорция – совокупность разнородных организмов, объединенных вокруг главного члена сообщества (вида-эдификатора).

Консументы – гетеротрофные организмы (животные и бесхлорофильные растения), питающиеся органическими веществами, созданными первичными продуцентами.

Красная книга – официальное издание, в котором дан перечень видов животных и растений мира, отдельных стран или областей, которым угрожает опасность исчезновения, с краткими сведениями об ареале и биологии видов, мерах их охраны.

Криофиты – растения холодных мест (гор и сухих участков тундры).

Криптофиты – растения, у которых почки возобновления расположены под землей или на дне водоемов (на луковицах, корневищах, корнях).

Круговорот веществ – многократное участие химических элементов в разнообразных процессах, идущих в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере.

Ксерофиты – растения степей, полупустынь и пустынь, приспособленные к постоянному или временному недостатку влаги в почве или воздухе.

Ландшафт – природный комплекс, в котором рельеф, почвы, воды, растительность и животные взаимодействуют и образуют единую систему (степные, горные, антропогенные и др.).

Лес – составная часть биосферы, биогеоценоз, одна из наиболее ценных наземных экосистем, сформировавшихся в течение длительного развития совокупность древесных, кустарниковых и травянистых растений, животных, грибов и микроорганизмов.

Лесистость – степень облесенности территории (отношение покрытой лесом площади к общей площади страны, района или лесхоза в %), зависящая от физико-географических, климатических и почвенных условий.

Лесная зона – физико-географическая зона земной поверхности с почвенно-климатическими условиями, благоприятными для лесных пород (особенно хвойных) и богатыми, высокопродуктивными биоценозами.

Лимитирующие факторы – все факторы, уровень которых близок к пределам выносливости особей того или иного вида или превышает эти пределы (пределы толерантности вида).

Литораль – прибрежная (обычно волноприбойная) зона водоема (озер, морей, рек, океанов), занятая своеобразной флорой и фауной.

Литосфера – земная кора и часть верхней мантии Земли, сложенная магматическими, осадочными и метаморфическими горными породами.

Мезофауна – обитающие в почве животные средних размеров.

Мезофиты – обширная экологическая группа растений умеренно влажных мест тропической и умеренной зон, в том числе лесные и луговые травы, сорняки и культурные растения.

Миграция – массовые переселения особей между популяциями (эмиграция, иммиграция) или между такими местами, где постоянное проживание невозможно (суточные, сезонные миграции).

Микроэлементы – химические элементы, входящие в состав живых организмов, необходимые для жизни в небольших концентрациях (от 0,001 до 0,00001 % массы тела) как компоненты ферментов, гормонов и т. п.

Мониторинг – система действий, организованная в мире, стране или регионе для слежения за состоянием биосферы и других экосистем, для изучения степени и факторов антропогенного воздействия на окружающую среду.

Мутуализм – взаимовыгодное сожительство двух или более видов растений, грибов, бактерий и животных.

Национальный парк – достаточно большая территория, на которой сохраняются ценные ландшафты, растения и животные, однако допускается туризм или другие формы рекреации.

Обилие вида – число особей конкретного вида на единицу площади биоценоза или единицу объема.

Озоновый экран – сосредоточенный в стратосфере на высоте 15–25 км слой газа (озона), образуемого атомами кислорода при действии ультрафиолетовых лучей Солнца или грозе, экранирующий биосферу от жесткого ультрафиолета.

Организмы гомойотермные – птицы и млекопитающие, поддерживающие температуру тела на постоянном уровне независимо от температуры среды.

Организмы пойкилотермные – виды разных систематических групп, не обладающие активной терморегуляцией тела, температура которого зависит от температуры среды и соотношения между поглощением и отдачей тепла.

Памятники природы – представляющие научный, исторический или культурно-эстетический интерес объекты природы (старые деревья, гейзеры, пещеры, палеонтологические отложения, парки, музеи-усадеб и т. д.).

Паразитизм – форма биотических связей, при которой особи одного вида живут за счет другого, находясь внутри или на поверхности тела, используя его как место обитания и источник пищи.

Парниковый эффект – разогрев атмосферы вследствие того, что находящийся в ней в избытке углекислый газ поглощает инфракрасные лучи, идущие от поверхности Земли, и возвращает тепло обратно Земле.

Пестициды – химические средства защиты растений от вредителей и болезней.

Пирамида биомасс – схематическое изображение пищевой сети в виде последовательности прямоугольников, отражающей соотношение биомасс каждого звена пищевой цепи (продуцентов, первичных и вторичных консументов, деструкторов).

Пищевая (трофическая) сеть – разветвленные цепи питания, отображающие трофические и сопутствующие им энергетические связи в биогеоценозе.

Планктон – небольшие плавающие в толще воды растения (фитопланктон) и животные (зоопланктон), перемещающиеся главным образом с помощью течений.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – жиры, масла, смазочные материалы и другие органические вещества, образующие пленку на поверхности воды, препятствуя газообмену между водой и воздухом.

Популяция – группа особей одного вида, населяющая определенное пространство и образующая самостоятельную генетическую систему.

Плотность популяции – число особей популяции на единицу площади или объема.

Поток энергии – характеризующий экосистему перенос энергии через трофический уровень (уровни пищевой цепи).

Почва – природное образование, состоящее из генетически связанных почвенных горизонтов, преобразованных под воздействием воды, воздуха и живых существ поверхностных слоев литосферы, обладающее плодородием.

Правило Д. Аллена – увеличение выступающих частей тела (конечностей, хвоста и ушей) у теплокровных животных близких видов при рассмотрении их с севера на юг.

Правило К. Бергмана – закономерность, в силу которой у подверженных географической изменчивости теплокровных животных размеры тела в среднем больше в северных популяциях, нежели в южных.

Прерии – степные формации восточной части Северной Америки.

Продукция – биомасса, производимая живыми организмами за единицу времени.

Продукция первичная – продукция растений.

Продукция вторичная – продукция животных (консументов).

Продуктивность – продукция (биомасса), производимая живыми организмами за единицу времени и на единицу площади.

Продуценты – автотрофные организмы, в основном зеленые растения и водоросли, производящие пищевые органические вещества из простых неорганических веществ.

Промышленные отвалы – искусственные насыпи (например, терриконы шахт) из вскрышных пород, образуемые при добыче полезных ископаемых, или из отходов предприятий промышленности и тепловых электростанций.

Псаммофиты – растения сыпучих песков аридных и умеренных зон.

Радиация ионизирующая – излучение с высокой энергией, способное отнимать электроны от атомов и присоединять их к другим атомам с образованием ионов. В природе создается космическим излучением, излучением солнечных вспышек и излучением внутреннего (протоны) и внешнего (протоны и электроны) радиационных поясов Земли.

Радиоактивное загрязнение – загрязнение биосферы радиоактивными продуктами ядерного взрыва, изотопами, радионуклидными отходами.

Разложение (деструкция) – переработка (вплоть до минеральных веществ) остатков растительной биомассы беспозвоночными животными, грибами и бактериями, составляющими редуцентное звено экосистем.

Растительное сообщество (фитоценоз) – одна из форм биоценозов – условно выделяемый и связанный со средой (экоотопом) участок растительности с ассоциированными под влиянием определенных факторов видами растений.

Редуценты – организмы, главным образом бактерии и грибы, в ходе своей жизнедеятельности превращающие органические остатки в неорганические вещества.

Рекреация – восстановление здоровья и трудоспособности людей путем их отдыха вне постоянного жилища – в санатории, на лоне природы.

Рекультивация – искусственное восстановление плодородия почвы и растительного покрова после техногенного нарушения природы.

Рудеральные растения – растения, которые заселяют нарушенные местообитания (свалки, обочины дорог, пустыри).

Сапрофаги – организмы, использующие для питания органические вещества отмерших растений и животных.

Синантропизация – приспособление организмов к обитанию вблизи человека (в населенных пунктах, людских жилищах и т. д.).

Среда обитания – всё, что окружает организм и прямо или косвенно влияет на его состояние, развитие, рост, выживаемость, размножение.

Стенобионт – экологически непластичный, маловыносливый организм.

Стресс – 1) состояние напряжения организма – совокупность физиологических реакций, возникающих в организме в ответ на воздействие раз-

личных неблагоприятных факторов; 2) напряженное состояние экосистемы, испытывающей повреждающее воздействие необычных природных и антропогенных факторов.

Сукцессия – последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории.

Терофиты – однолетние растения, переживающие сухой или холодный период в виде семян или спор.

Толерантность – способность организмов относительно безболезненно выносить отклонения факторов среды от оптимальных для этих организмов значений.

Трофический уровень – совокупность организмов, объединенных типом питания.

Тяжелые металлы – металлы с большой атомной массой: свинец, медь, цинк, никель, кобальт, сурьма, олово, висмут, ртуть. Они оказывают токсическое воздействие даже в малых дозах в результате их биоаккумуляции в живых организмах.

Урбанизация – процесс повышения роли городов и городского населения в развитии общества.

Условия существования – это важные и необходимые экологические факторы для жизни вида.

Устойчивое развитие – развитие общества, которое удовлетворяет потребности настоящего времени и не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности.

Фанерофиты – деревья, кустарники, лианы, почки возобновления которых расположены высоко над поверхностью почвы.

Фитопланктон – совокупность растительных организмов, населяющих толщу воды водоемов, пассивно переносимых течением.

Фитоценоз – растительное сообщество, для которого характерны определенный видовой состав и структура.

Хамефиты – невысокие растения – кустарнички и полукустарнички. У них почки возобновления на зимующих побегах расположены на высоте 20–30 см над уровнем почвы, что обеспечивает их зимовку под защитой снежного покрова.

Ценопопуляция – совокупность особей одного вида растений с общим генофондом, расположенная в границах одного фитоценоза.

Цепь питания – ряд видов или их групп, каждое предыдущее звено в котором служит пищей следующему звену.

Эврибионт – экологически пластичный, выносливый организм.

Экологическая ниша – совокупность экологических условий (ресурсов, пространства), необходимых для существования популяции в экосистеме.

Экологический фактор – любой элемент среды, способный оказывать прямое или косвенное влияние на живые организмы.

Экосистема – совокупность взаимодействующих живых организмов и условий среды. Это, в известном смысле, безразмерное понятие (экосистема – мертвое дерево, муравейник, биосфера).

Эфемеры – однолетние растения с необычайно коротким периодом вегетации.

Ярусность – пространственная структура биоценоза – закономерное распределение растений по ярусам.

УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: учебник для вузов. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 602 с.
2. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек – экономика – биота – среда: учебник для студентов вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. 495 с.
3. Некрасова Л.С., Вигоров Ю.Л. Экология: метод. указ. к практическим занятиям для студентов специальностей 260400 и 260500 очной формы обучения. Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. 46 с.
4. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология: учебник для вузов. М.: Дрофа, 2004. 624 с.
5. Степановских А.С. Общая экология: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 510 с.

Дополнительная литература

1. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 261 с.
2. Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: МГУ, 1990. 192 с.
3. Казенс Д. Введение в лесную экологию. М.: Лесная промышленность, 1982. 144 с.
4. Комов С.В. Введение в экологию. Десять общедоступных лекций: учеб. пособие. Екатеринбург: УрГУ, 2001. 224 с.
5. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т. 1, 2.
6. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. 367 с.
7. Степановских А.С. Биологическая экология. Теория и практика: учебник для студентов вузов, обучающихся по экологическим специальностям. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. 791 с.
8. Степановских А.С. Охрана окружающей среды: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 559 с.
9. Чернова И.И., Былова Н.Н. Экология. М.: Просвещение, 1988. 356 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Предисловие | 3 |
| Занятие 1. Экскурсия в Лесопарк имени лесоводов России | 3 |
| Занятие 2. Морфологическая изменчивость хвои из двух популяций сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i>)..... | 6 |
| Занятие 3. Внутривидовые и межвидовые конкурентные отношения животных (решение экологических задач) | 9 |
| Занятие 4. Межтаксонная изменчивость и корреляции экологических и биологических параметров деревьев и кустарников Урала..... | 13 |
| Занятие 5. Разнообразие и сходство растительных сообществ Свердловской области | 25 |
| Занятие 6. Выявление связи экологических и биологических признаков древесных растений Среднего Урала и их газоустойчивости | 29 |
| Занятие 7. Почвенные беспозвоночные животные как индикаторы рекреационной нагрузки на берегу озера Песчаное | 33 |
| Занятие 8. Морфологическая изменчивость кровососущих комаров <i>Culex ripiens</i> L. (комара-пискуна) из разных популяций Екатеринбурга | 36 |
| Занятие 9. Решение экологических задач | 40 |
| Занятие 10. Автотранспорт – основной загрязнитель в больших городах | 44 |
| Занятие 11. Влияние автотранспорта на атмосферный воздух вдоль магистральных путей | 46 |
| Контрольные работы | 50 |
| Семинары | 52 |
| Литература к практическим занятиям | 53 |
| Темы рефератов | 55 |
| Литература для рефератов | 56 |
| Краткий словарь экологических терминов | 58 |
| Учебная литература | 65 |



Л.С. Некрасова
Ю.Л. Вигоров

ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Екатеринбург
2010