




**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

**ФАКУЛЬТЕТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

Утверждаю:  
и.о. декана факультета почвоведения МГУ

 П.В. Красильников  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.


**ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА  
(бакалавриат)**

Направление подготовки: **05.03.06 ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Заведующий кафедрой биологии почв  А.Л. Степанов

Заместитель декана по учебной работе  В.М. Гончаров

Программа государственного экзамена утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета почвоведения МГУ, протокол № 6 от «25» ноября 2020 г.

Председатель УМК  А.А. Рахлеева

Москва  
2020 г.

### **Предмет, задачи и методы экологии.**

Определение предмета экологии. Экология - как одна из фундаментальных биологических дисциплин и как часть современного мировоззрения. Уровни организации живой материи. Аутэкология и синэкология. Популяционный и экосистемный подходы. Методы экологических исследований. Соотношение экологии с другими биологическими дисциплинами. Значение общей экологии для почвоведения и его развития. Почвы как важнейшая часть наземных экосистем. Экология почв. Прикладная экология. Значение общей и прикладной экологии для сохранения окружающей среды и существования человечества.

### **История экологии.**

Ранняя история экологии: описание биологического разнообразия и первые представления о «равновесии» в природе. Развитие биогеографии от работ А.Гумбольдта, А.Декандоля к объяснению географического распространения организмов. Значение эволюционных представлений для развития экологии: К.Ф.Рулье, Ч.Дарвин. Э.Геккель и возникновение экологии как самостоятельной науки. Возникновение понятия «биоценоз»: К.Мёбиус. Концепция сукцессии: Ф.Клементс. Интенсивное развитие экологии в первой половине XX в. Развитие геоботаники, геоботанические школы в Европе и в СССР. Возникновение экспериментальной экологии, Г.Ф.Гаузе. Математическое моделирование: А.Лотка, В.Вольтерра. Формирование популяционной экологии: Ч.Элтон. А.Тенсли: введение понятия «экосистема». В.Н.Сукачев и биогеоценология. Изучение энергетических аспектов экологии и продуктивности сообществ. Глобальный уровень: В.И.Вернадский и учение о биосфере. Современный период в экологии. Международные экологические программы. Развитие количественных подходов прикладной экологии. Возникновение социальной экологии. Роль почвоведения в развитии общей экологии.

### **Экология организмов.**

Факторная экология. Экологический фактор. Два типа экологических факторов: условия и ресурсы. Закон минимума Либиха. Закон оптимума. Лимитирующие факторы. Толерантность. Эврибионтные и стенобионтные виды. Совместное действие факторов. Компенсация факторов. Температура как экологический фактор. Влияние температуры на организмы. Экотермные и эндотермные (пойкилотермные и гомойотермные) организмы. Правило «суммы температур». Вода, как экологический фактор. Свет как экологический фактор. Влияние освещенности на организмы. Фотопериодизм. Адаптации. Основные стратегии приспособления организмов к действию неблагоприятных факторов: подчинение среде, активное сопротивление и избегание. Анабиоз. Основные среды обитания: водная, наземно-воздушная. Организмы как среда обитания эндосимбионтов и паразитов. Почва как среда обитания. Плотность жизни в почвах. Размерные группы почвенных организмов. Почвенные микроорганизмы. Микрозональность. Корневые системы растений в почве. Почвенная микро- мезо- и макрофауна. Основные лимитирующие факторы в почве и адаптации к ним почвенных обитателей. Понятие о жизненной форме. Жизненные формы растений и животных. Жизненные формы почвенных микроорганизмов и животных. Экологические классификации организмов. Периодические явления в жизни почвенных организмов. Внутренние и внешние ритмы. Биологические ритмы и их адаптивное значение.

### **Экология популяций.**

Определение понятия популяции в экологии применительно к микроорганизмам, растениям (ценопопуляция) и животным, в генетике. Популяция как структурная единица вида, элементарная единица эволюции, и как функциональная единица биоценоза. Структура популяции: биологическая, половая, возрастная, этологическая. Пространственная структура популяции. Типы распределения организмов в пространстве: случайное, равномерное и агрегированное. Особенности структуры популяций почвенных организмов. Основные

количественные характеристики популяции: численность, плотность. Динамика численности популяций. Рождаемость, смертность, эмиграция, иммиграция. Уравнения роста популяции. Экспоненциальный рост. Скорость роста популяции, зависимость ее от размеров организма и факторов среды. Логистическое уравнение. Понятие емкости среды. Динамика численности микробных популяций в почве. Механизмы регуляции численности популяции: генетические, физиологические, этологические. Флуктуации численности популяций и циклические колебания. Циклические колебания численности почвенных организмов. Гомеостаз популяции. Внутривидовая конкуренция как механизм гомеостаза популяции.

Методы выявления и количественного учета микробных популяций в почве. Микроколониальность. Кинетический подход в почвенной микробиологии. Понятие об экологических стратегиях. Стратегии по Л.Г.Раменскому (виоленты, эксплеренты, пациенты) и Д.Грайму. К- и r-стратегии. Самоизреживание у растений как механизм поддержания оптимальной плотности ценопопуляции. Территориальность у животных, регуляция метаболитами.

### **Экология сообществ.**

Понятие о сообществе. Биоценоз. Биотоп. Структура сообщества. Видовой состав и видовая структура сообщества. Доминанты и эдификаторы. Понятие консорции. Видовое разнообразие и его типы. Видовое богатство и выравненность. Иерархия биологического разнообразия: инвентаризационное и дифференцирующее разнообразие. Количественная оценка разнообразия, показатели разнообразия. Параметрические распределения относительного обилия видов: геометрическое, МакАртура, логнормальное. Разнообразие сообществ в экстремальных условиях. Биологическое разнообразие в сообществах почвенных микроорганизмов и проблемы его оценки. Сообщества, состоящие только из прокариот. Изменение структуры сообществ в результате антропогенной деятельности. Катастрофическое снижение биологического разнообразия в XX в. Проблема охраны биоразнообразия. Проблема сохранения разнообразия почв.

Пространственная структура сообщества. Ярусность и мозаичность в растительных сообществах. Экотон и экотонный эффект. Особенности пространственной структуры сообществ почв. Методы ординации и классификации сообществ. Проблема границ. Дискретность и континуум сообществ. Связь с проблемами классификации почв. Местообитание и экологическая ниша. Модель многомерной экологической ниши. Потенциальная и реализованная экологическая ниша. Межвидовые взаимодействия в сообществах. Конкуренция: закон конкурентного исключения Гаузе. Математическое моделирование конкуренции. Конкуренция в гетерогенной среде. Условия сосуществования конкурирующих видов. Хищничество и паразитизм: динамика популяций хищника и жертвы, модель Лотки-Вольтерры. Воспроизводимость математических моделей системы «хищник-жертва» в экспериментах и в природных сообществах. Примеры циклических колебаний и вспышек численности. Аменсализм. Комменсализм. Протокооперация. Мутуализм, симбиоз, синтрофия. Примеры симбиозов: лишайники, микориза, микрофлора рубца, симбиотическая фиксация азота опыление растений насекомыми как пример коадаптации. Теория симбиогенеза и ее авторы (К.С. Мережковский, А.С. Фамицын, Б.М. Козо-Полянский, Л.Маргулис). Особенности и примеры межпопуляционных взаимодействий в почве.

### **Экосистемы.**

Понятие экосистемы. Экосистема как функциональная и структурная единица биосферы. Биогеоценоз. Структура экосистемы: абиотическая среда, продуценты, консументы, редуценты (деструкторы). Автотрофы и гетеротрофы. Биотрофы и сапротрофы. Почва как важнейший компонент наземной экосистемы. Энергия в экосистеме. Источники энергии и

ее аккумуляция в экосистеме. Потоки вещества и энергии: пищевые цепи, пищевые сети, трофические уровни. Пастбищные и детритные пищевые цепи.

Продуктивность. Первичная и вторичная продукция. Валовая и чистая первичная продукция. Трофическая структура экосистемы и экологические пирамиды. Географическое распределение первичной продукции, связь с плодородием почв. Вертикальное распределение продуктивности в наземных и водных экосистемах. Продуктивность почвенных сообществ. Почвенные организмы как основные деструкторы в экосистеме.. Стабильность экосистем. Гомеостаз, принцип обратной связи. Резистентная и упругая устойчивость экосистем. Буферная роль почв в экосистемах. Динамика экосистем. Циклические и поступательные изменения экосистем. Экзогенетические и эндогенетические изменения. Сукцессии. Типы сукцессий: первичные и вторичные, демулационные, конвейерные. Сукцессионные серии. Изменение продуктивности и разнообразия экосистемы в ходе сукцессии. Пионерные сообщества. Концепция климакса. Сукцессии при разложении растительных остатков в почве.

Основные типы экосистем и их особенности: водные экосистемы (океанические экосистемы и континентальные водоемы), наземные экосистемы. Классификации экосистем. Биомы. Основные типы биомов и их важнейшие характеристики. Агроэкосистемы.

Эволюционные изменения почв.

### **Биосфера.**

Учение В.И.Вернадского о биосфере. Структура биосферы. Живое, косное, биогенное и биокосное вещество. Границы распространения жизни, распределение жизни в биосфере. Географическая зональность и вертикальная поясность. Геохимическая работа живого вещества. Почвы как биокосное тело. Роль почвы в продукции биомассы. Роль почвенных микроорганизмов в изменении состава атмосферы. Биогеохимические циклы - традиционное направление современного почвоведения. Приоритет почвоведения в изучении биогеохимических циклов. Круговорот углерода. Распределение углерода в биосфере. Скорость оборота углерода. Консервация углерода, каустобиолиты. Многолетние колебания содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Парниковый эффект и парниковые газы. Гипотеза глобального потепления. Круговорот азота. Роль микроорганизмов в превращениях соединений азота. Азотфиксация и ее практическое значение. Нитрификация и денитрификация. Проблема азотных удобрений. Накопление нитратов. Эвтрофикация водоемов. Роль микроорганизмов в круговороте серы.. Образование  $\text{H}_2\text{S}$  в анаэробных зонах водоемов. Образование в атмосфере серной кислоты. Кислотные дожди. Круговорот фосфора. Фосфор как лимитирующий фактор. Запасы фосфоросодержащих минералов.

Место человека в биосфере в ранний период существования человечества и в современном мире. Экологические проблемы современного общества. Глобальный и региональные экологические кризисы. Экологические катастрофы. Возникновение принципиально новых антропогенных типов среды. Рост численности народонаселения: прогноз на XXI в. Проблема обеспеченности продовольствием и земельные ресурсы: роль экологии и почвоведения. Энергетический кризис: истощение традиционных источников энергии и возможные стратегии дальнейшего энергопользования.

### **Радиационная экология.**

Радиоэкология как отрасль естествознания, ее структура, цели и задачи. Природа радиоактивности и группы радионуклидов в биосфере. Радиоэкологическая характеристика основных естественных и техногенных радионуклидов. Действие ионизирующего излучения на живые компоненты биосферы и его последствия. Источники радиоактивного загрязнения биосферы. Миграция радионуклидов в почвах. Пути поступления радионуклидов в различные компоненты биоты. Особенности накопления радионуклидов в компонентах биоты наземных и водных экосистем и их распределение по звенья

биотической цепи. Биоиндикация радиоактивного загрязнения. Биогеохимические потоки и циклы радионуклидов в ландшафтах.

### **Экологический мониторинг.**

Понятие об экологическом мониторинге: цель, задачи, виды и уровни. Приоритетные направления мониторинга окружающей среды. Программы международного экологического мониторинга. Организация государственной системы экологического мониторинга в РФ, ее территориальных подсистем и региональных информационно-аналитических центров. Аналитическое обеспечение государственного экологического контроля. Процедура экоаналитического контроля. Система контроля качества при анализе объектов окружающей среды.

Методы оценки состояния окружающей среды. Показатели экологического мониторинга, требования к ним. Понятия о загрязняющих веществах: виды, формы, источники поступления в окружающую среду. Концепции нормирования качества окружающей среды и источников воздействия. Виды экологического нормирования, его методологическая основа. Критерии состояния экосистемы и ее антропогенных нарушений. Санитарно-гигиеническое нормирование содержания химических веществ в природных средах. Абсолютные и относительные показатели накопления загрязняющих веществ в природных средах.

Загрязняющие вещества в атмосферном воздухе: источники их поступления; факторы, регулирующие распространение и превращения. Техногенные нарушения состава атмосферы, их экологические последствия. Организация мониторинга воздушной среды в населенных пунктах: нормативы качества воздуха, программы наблюдений и виды контроля. Комплексные показатели качества воздуха, особенности их применения и информативность.

Антропогенные нарушения состава поверхностных вод. Загрязняющие вещества в водных средах, их источники, превращения в гидросфере, опасность для живых организмов. Критерии качества и показатели свойств поверхностных и подземных вод. Организация мониторинга состояния поверхностных вод: нормативы, контролируемые показатели, программы наблюдений, пункты контроля. Комплексная оценка качества вод.

Виды антропогенной деградация почвенного покрова. Биохимические и педохимические показатели состояния почв. Трансформации загрязняющих веществ в почве. Буферная способность почв по отношению к загрязняющим веществам. Критерии экологической оценки загрязнения почв. Особенности нормирования качества почв, виды нормативов, лимитирующие показатели вредности. Виды почвенно-экологического мониторинга. Химические методы оценки экологического состояния почв. Биотестирование. Наземные и дистанционные наблюдения за загрязненными почвами.

Мониторинг состояния растительного покрова и животного мира РФ. Причины сокращения биологического разнообразия растений и животных.

### **Устойчивое развитие.**

*Определение и история возникновения понятия устойчивое развитие.* Суть и направленность стратегии устойчивого развития. Система основных понятий устойчивого развития. Предпосылки появления концепции. Природные и антропогенные факторы возникновения неустойчивости в биосфере. Последствия влияния человека на биосферу. Осознание глобального характера экологических проблем, первые глобальные модели и международные соглашения в области окружающей среды и развития.

*Устойчивое развитие и основные экологические проблемы современного мира.*

Соотношение глобального экологического кризиса с глобальным энергетическим, продовольственным, демографическим кризисами. Проблема сохранения окружающей среды. Локальный, региональный и глобальный уровни в проблематике охраны

окружающей среды. Важнейшие глобальные экологические проблемы: изменения климата; разрушение озонового слоя; утрата биологического разнообразия; нарушения природных механизмов воспроизводства возобновляемых ресурсов, прежде всего – пресной воды; рост всех видов загрязнения окружающей среды; деградация земель, опустынивание.

**Индикаторы устойчивого развития.** Методология построения и расчета системы индикаторов. Проблема индикаторов устойчивого развития, критерии которым должны соответствовать индикаторы. Попытки использования индикаторов в разных странах.

**Опыт разработки стратегий устойчивого развития.** Существующие национальные модели, концепции и программы устойчивого развития, их общие черты и особенности. Опыт реализации планов устойчивого развития в разных странах.

**Перспективы устойчивого развития России.** Законодательная база РФ для обеспечения устойчивого развития, определение стратегических направлений охраны природы. Основные направления социально-экономической политики Правительства РФ на долгосрочную перспективу: планы природоохранной и ресурсосберегающей направленности, необходимость их комплексного сочетания с другими мероприятиями и построением правильной макроэкономической политики. Подходы к развитию образования и науки, улучшению здоровья, разработке модели «зеленой» экономики и индикаторов устойчивости.

## **Почвоведение.**

**Главные компоненты почвы.** Минеральная часть почв. Минералы, слагающие твердую фазу почв. Первичные минералы, их основные группы. Основные группы вторичных минералов: соли, оксиды, глинистые минералы. Роль первичных и вторичных минералов в процессах выветривания и почвообразования. *Органическое вещество почв.* Источники почвенного гумуса. Понятие о минерализации и гумификации. Влияние внешних условий на процессы трансформации органического вещества. Специфические и неспецифические соединения. Основные группы гумусовых веществ: гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумин, их особенности и роль в почвообразовании. *Вода в почве.* Почвенный раствор. Формы воды в почве. Водные свойства почвы (влагоемкость, водопроницаемость). Состав почвенного раствора, зависимость от внешних условий. Роль почвенного раствора в жизни растений. *Почвенный воздух.* Состав почвенного воздуха и факторы, его определяющие. Динамика почвенного воздуха. Газообмен почвы с атмосферой.

**Факторы почвообразования.** *Климат.* Роль солнечной радиации в почвообразовании. Роль атмосферных осадков в почвообразовании. Совместное влияние атмосферных осадков и тепла. Коэффициент увлажнения. *Почвообразующие породы.* Влияние породы на гранулометрический и химический состав почв, физические и физико-химические свойства, скорость почвообразования. *Рельеф.* Прямая и косвенная роль рельефа в почвообразовании. *Организмы.* Роль растений, животных и микроорганизмов в почвообразовании. Сущность биологического круговорота.

**Свойства почв.** *Поглотительная способность и кислотность почв.* Почвенный поглощающий комплекс. Емкость катионного обмена почв – связь с гранулометрическим и минералогическим составом, с органическим веществом почв. Обменные катионы. Роль поглотительной способности и кислотности почв в процессах почвообразования и формировании почвенного плодородия.

**Экологические функции почв.** *Почва как среда обитания организмов* (механическая опора, жизненное пространство, жилище и убежище, источник влаги и элементов питания). *Почва как регулятор биогеохимических циклов элементов* (аккумуляция и трансформация вещества и энергии, аккумуляция органического вещества, регулирование состава гидросферы и атмосферы).

**Почвообразовательный процесс.** Элементарные почвенные процессы – биогенно-аккумулятивные, гидрогенно-аккумулятивные, метаморфические, элювиальные, иллювиально-аккумулятивные, педотурбационные, деструктивные. Особенности

почвообразования в разных экологических условиях. Движение вещества в почве, дифференциация состава почвообразующей породы, формирование почвенного профиля.

### **Гидрология.**

Вода в природе и жизни человека. Понятие о гидросфере. Химические и физические свойства природных вод. Круговорот воды в природе и водные ресурсы Земли. Происхождение ледников и их распространение на земном шаре. Гидрология ледников. Происхождение и распространение подземных вод. Гидрология подземных вод. Реки и их распространение на земном шаре. Водный баланс бассейна реки. Речной сток и его составляющие. Озера и их распространение на земном шаре. Классификация озер по минерализации и солевому составу воды. Назначения водохранилищ и их классификация. Водный режим водохранилищ. Происхождение болот и их распространение на земном шаре. Влияние болот и их осушение на речной сток. Мировой океан и его части. Классификация морей. Антропогенные воздействия на природные воды. Водохозяйственные и водноэкологические проблемы и роль гидрологии в их решении. Перспективы развития гидрологии.

### **Литература**

#### **Основная:**

Одум Ю. Экология. М.: Мир. 1986. 2 тома.

Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: Учебник. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ. 2005. – 445 с., илл.

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология (особи, популяции и сообщества). М.: Мир. 1989. 2 тома.

Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение. 1988.

Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: Изд-во МГУ. 1990.

Сахаров В.К. Радиоэкология. Учебное пособие. СПб., М., Краснодар, 2006. 320 с.

Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М.: Академический проект. 2007

Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013.

Н.Н. Марфенин Устойчивое развитие человечества. Изд-во МГУ, 2007

Почвоведение. Под ред. В.А. Ковды и Б.Г. Розанова. В 2-х томах. М.: Высшая школа, 1988.

Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология: Учебник для вузов. 2-е изд. испр. М.: Высш. шк., 2007.

Михайлов В.Н., Добровольский А.Д. Общая гидрология. М.: Высш. шк., 1991.

#### **Дополнительная:**

Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. М.: Наука, 2000. 268 с.

Трифонов Т.А., Селиванова Н.В., Мищенко Н.В. Прикладная экология. М.: Академический проект, Гаудеамус. 2007.

Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа. 2002.

Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеиздат. 1984.

Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова Устойчивое развитие: вводный курс. М. Логос. 2006

Ковда В.А. Основы учения о почвах. В 2-х томах. М.: Наука, 1973.

Шикломанов И.А. Исследование водных ресурсов суши: итоги, перспективы, проблемы. Л.: Гидрометеиздат, 1986.

## ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ ПО ПРОФИЛЯМ

### РАДИОЭКОЛОГИЯ

**Радиоэкология водных экосистем.** Гидросфера, как специфическая среда миграции радионуклидов. Круговорот радионуклидов в водных экосистемах. Радиационное поражение водных экосистем и гидробионтов. Сочетанное воздействие ионизирующего излучения и экотоксикантов. Меры по предупреждению и минимизации последствий радиоактивного загрязнения водных экосистем

**Лесная и сельскохозяйственная радиоэкология.** Особенности загрязнения лесных и агроэкосистем на этапе первичных радиоактивных выпадений. Миграция радионуклидов в трофической цепи в начальный период после выпадений. Трансформация радиоактивных выпадений в почвах. Особенности перераспределения радионуклидов в органогенных и минеральных горизонтах и почвах различных природно-климатических зон в различные периоды после выпадений. Экологическая роль лесных подстилок различного типа в сдерживании миграционных потоков радионуклидов за пределы зоны загрязнения. Влияние пожаров на вертикальную и горизонтальную миграцию радионуклидов в лесных почвах. Характер динамики поступления радионуклидов в компоненты растительного яруса и грибы лесных экосистем.

**Биологическое действие радионуклидов.** Особенности взаимодействия электромагнитных и корпускулярных ионизирующих излучений веществом, передача энергии в процессах ионизации и возбуждения. Первичные физико-химические процессы в облученных биосистемах. Радиобиологический парадокс. Механизмы химической защиты биологических систем от воздействия облучения. Радиобиологические эффекты на клеточном уровне. Понятие о радиобиологических эффектах, время их проявления и системные уровни рассмотрения. Понятие радиочувствительности (радиорезистентности) и ее критерии на клеточном и организменном уровне. Отдаленные и опосредованные радиационные эффекты клеточного уровня. Радиобиологические эффекты на уровне организма, критерии оценки. Понятие стохастических эффектов. Генетические наследственные эффекты радиационного воздействия и способы их количественной оценки. Эффекты «малых доз»

**Обращение с радиоактивными отходами.** Радиоактивные отходы (РАО) и их классификация. Основные принципы и стадии обращения с РАО. Экологическая безопасность при обращении с РАО в ядерно-топливном цикле и других отраслях производства. Долгосрочное хранение РАО в геологических структурах. Обращение с твердыми и жидкими промышленными и бытовыми отходами, их радиационный и экологический контроль.

**Радиоэкологический мониторинг.** Научные основы, задачи и методы радиоэкологического мониторинга. Особенности учета источников, форм поступления и поведения в окружающей среде радионуклидов при организации радиоэкологического мониторинга. Принципы нормирования радиационной безопасности при проведении радиоэкологического мониторинга. Методы радиоэкологического мониторинга. Информационное обеспечение системы радиоэкологического мониторинга. Перспективы развития радиоэкологического мониторинга

**Методы математической статистики в радиоэкологических исследованиях.** Радиоэкологические данные и их статистическое представление. Законы распределения показателей в радиоэкологических исследованиях. Статистические методы сравнения радиационных показателей с фоновыми и контрольными уровнями. Статистические методы планирования пробоотбора и обеспечения качества измерений в радиационном контроле. Статистические методы при обеспечении качества измерений в радиологических исследованиях. Корреляционный и регрессионный анализ в радиоэкологических исследованиях



**Геохимия природных радионуклидов.** Предмет и задачи геохимии окружающей среды (экологической геохимии). Влияние внешних факторов на поведение химических элементов в окружающей среде. Распространенность природных радионуклидов в геосферах Земли. Формы нахождения естественных радионуклидов в природных средах. Основные формы нахождения химических элементов в природных средах. радионуклиды в составе минеральной и рассеянной форм. Эндогенные и экзогенные процессы минералообразования с участием основных естественных радионуклидов. Миграция природных радионуклидов в природных системах. Общие закономерности и механизмы воздушной и водной физико-химической миграции элементов. Основные геохимические барьеры наземных ландшафтов при физико-химической миграции радионуклидов. Биогенная миграция

**Геохимия техногенных радионуклидов.** Техногенез и техногенные потоки радионуклидов в биосфере. Геохимия радионуклидов в горно-промышленных ландшафтах. Геохимия радионуклидов в агрогенных ландшафтах. Геохимия радионуклидов в промышленных и техногенных ландшафтах

#### **Литература:**

1. Ахмедзянов В.Р., Лащёнова Т.Н., Максимова О.А. Обращение с радиоактивными отходами. М.: ИАЦ «Энергия», 2008. 284 с.
2. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: «Либриком», 2009. 328 с.
3. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) / Под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2004.
4. Мамихин С. В., Щеглов А. И. Имитационное моделирование в экологии, радиэкологии и радиобиологии. М., ООО МаксПресс, 2020, 60 с.
5. Маховикова Г.А., Касьяненко Т.Г. Оценка земли и природных ресурсов: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2016. – 366 с.
6. Медведева О.Е. Оценка стоимости земель сельскохозяйственного назначения и иного сельскохозяйственного имущества: прил. к журналу «Имущественные отношения в Российской Федерации М. Международная академия оценки и консалтинга , 2004
7. Организация государственного радиэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно опасных объектов. Методические указания. МУ 13.5.13-00 (утв. Минсельхозом РФ 07.08.2000).
8. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. Издательство: МГУ, 1999 – 610 с.
9. Поликарпов Г.Г. Радиэкология морских организмов. М. Атомиздат, 1964
10. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: «Академия», 2004. 416 с.
11. Радиобиология человека и животных: Учебное пособие / С.П. Ярмоненко, А.А. Вайсон / Под ред. С.П. Ярмоненко. М.: Высш. шк. 2004.
12. Радиэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / В. С. Анисимов, С. А. Гераськин, И. В. Гешель и др. РАН Москва, 2018. 278 с.
13. Сахаров В.К. Радиэкология. С-Пб: «Лань», 2006. 320 с.
14. Тарасова Н.П., Ермоленко Б.В., Зайцев В.А., Макаров С.В. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду. -М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 230 с.
15. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. Учебник, 2-е изд., испр. и доп. – М.: МГУ, 2000. – 336 с.
16. Трапезников А.В., Трапезникова В.Н. Радиэкология пресноводных экосистем, Екатеринбург, Изд-во УрГСХА, 2006, 390 с.
17. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. М.:Наука, 2000

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ И ЭКОБЕЗОПАСНОСТЬ

**Экологический менеджмент и аудит.** Экологический менеджмент: принципы, задачи, предмет, объект, субъект. Экологическая служба предприятия. Типы структур экологического управления. Менеджер-эколог на предприятии. Международные стандарты по менеджменту серии ISO 14000. Системы управления окружающей средой (СУОС). Модель СУОС Цикл Деминга. Область применения стандарта, требования. Экологическая политика предприятия и принципы ее разработки. Жизненный цикл: понятие, составные компоненты, методика оценки и интерпретация. Экологический маркетинг: понятие и цели; этапы развития, подходы, приоритеты. Экомаркировка (сертификация): цели; знаки, этикетки, информации. Международный стандарт ИСО 19011. Принципы аудита, структура программы. Профессиональные требования к аудиторам.

**Урбоэкология.** Город — особая природно-антропогенная система, место сосредоточения населения. Урбанизация как глобальный процесс, исторические этапы урбанизации, городское планирование. Особенности и виды антропогенного воздействия в селитебных экосистемах. Трансформация природных сред на территории города: атмосфера и климат; гидросфера (поверхностные грунтовые и подземные воды); рельеф, породы и почвы; живые организмы. Принципы гармонизации городской окружающей среды и обеспечения устойчивости городской экосистемы. Экологический «каркас» города. Экология жилища, факторы комфортности жизни населения, понятие об идеальном городе.

**Биологический контроль.** Биоиндикация состояния атмосферы: лишеноиндикация, хвойная растительность в биоиндикации, микробиологические подходы. Биоиндикация состояния почв: фитоиндикация, зооиндикация, микробиологические подходы. Биоиндикация состояния водных сред: фитоиндикация, сапробиологический анализ. Суть методологии биотестирования. Требования к методам биотестирования. Тест-объект, тест-организм, тест-система, тест-функция. Биотестирование в экологическом контроле (законодательная база). Основные методики биотестирования (с использованием простейших, ракообразных, водорослей, бактерий и других тест-организмов).

**Экологическая безопасность производств в России: технологические и региональные аспекты.** Требования в области охраны окружающей среды при эксплуатации предприятия, разных категорий негативного воздействия на окружающую среду. Производственный экологический контроль (ПЭК) на предприятии: программа, контроль качества сред, системы непрерывного контроля. Подходы к снижению негативного воздействия предприятия на окружающую среду: обеспечение экологической безопасности, наилучшие доступные технологии.

**Неорганические загрязняющие вещества в техногенных экосистемах.** Понятие «тяжелые металлы». Их свойства и классификация. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах. Принципы выделения фонового уровня содержания тяжелых металлов в почвах. Принципы нормирования содержания тяжелых металлов в почвах.

**Использование природных и модифицированных глинистых минералов для ремедиации природных сред.** Минералы группы смектитов: строение кристаллических решеток, сорбционные свойства. Модификация глинистых минералов с помощью алкил-аммонийных ионов. Органо-глины. Модификация глинистых минералов путем создания полигидроксикатионов металлов в межслоевых пространствах вермикулитов и смектитов. Влияние модификации на сорбцию тяжелых металлов монтмориллонитом. Преимущества пестицидов, созданных на основе органоглин.

**Нормирование антропогенных воздействий и качества окружающей среды.** Понятие экологического нормирования: цели и задачи, объекты и субъекты, принципы и методологические подходы. Техническое регулирование и экологическая стандартизация. Система экологических стандартов в РФ. Механизмы экономического регулирования природопользования. Эколого-экономическая эффективность природопользования.

**Проблемы экологической безопасности при нефтедобыче.** Основные механизмы влияния нефти на физические, морфологические и химические свойства почв. Влияние минерализованных пластовых вод на почвенно-растительный покров (техногенный галогенез). Основные этапы обследования нефтезагрязненных земель, методы пробоотбора.

**Расчет критических нагрузок поллютантов на экосистемы.** Определение понятия «критическая нагрузка». Различия и сходства методологических подходов, используемых при разработке концепций ПДК и критических нагрузок. Принцип расчета критических нагрузок по азоту и сере для наземных экосистем (модель SMB). Расчет критических нагрузок для аквасистем в отношении эффектов подкисления (модель SSWC).

### **Литература:**

1. Трифонова Т.А., Селиванова Н.В., Ильина М.Е. Экологический менеджмент. Учеб. пособие/ М.: Академический Проект 2005 -320 с.
2. Основы менеджмента: Учеб. пособие для вузов / Д.Д. Вачугов, Т.Е. Березкина, Н.А. Кислякова и др.; Под. ред. Д.Д. Вачугова. – М.: Высш. шк., 2001. – 367 с.
3. Ручин А.Б., Мещеряков В.В., Спиридонов С.Н. Урбоэкология для биологов. М.:КолосС, 2009. 195 с.
4. Почва. Город. Экология. Под. ред ак. РАН Г.В. Добровольского. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
5. Мелехова О.П., Егорова Е.И. и др. Биологический контроль окружающей среды (биоиндикация и биотестирование). Учебное пособие. М.: Издательский центр «Академия». 2007. 288 с.
6. Терехова В.А., Гершкович Д.М., Гладкова М.М., Ипатова В.И., Исакова Е.Ф., Николаева О.В., Рахлеева А.А., Федосеева Е.В. Биотестирование в экологическом контроле. Учебное пособие. М.: ГЕОС. 2017. 70 с.
7. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами, М., 2012, 304
8. Данилов-данильян В.И., Залиханов М.Ч., Лосев К.С. Экологическая безопасность. Общие принципы и российский аспект - 2007 г.
9. Кривошеин, Д.А. Основы экологической безопасности производств / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Федотова: учебное пособие, Издательство: "Лань", 2015 - 336с.
10. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М., Академический проект. 2007. 237 с.
11. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия, Учебник, 2013, Издательство Московского университета, 305 с.
12. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду. СПб.: СПбГУ. 2006.
13. Соколова Т. А., Дронова Т. Я., Толпешта И. И. Глинистые минералы в почвах. — ИПП Гриф и К Москва-Тула, 2005. — 336 с.
14. Толпешта И. И. Методологические подходы к расчету критических нагрузок на экосистемы соединений азота и серы. — ЗАО Аквариус Тула, 2014. — 128 с.
15. Трофимов С.Я., Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Минеральные компоненты почв: учебное пособие по некоторым главам курса химии почв. Тула, Гриф и К, 2007, 104 с.
16. Хаустов А.П., Редина М.М. Управление природопользованием. М.: Высшая школа. 2006.

## **УПРАВЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ И БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.**

**Оценка компонентов окружающей среды.** Определение целей и задач экологической оценки состояния компонентов окружающей среды. Научные представления об экологически обоснованной норме состояния компонентов окружающей среды. Основные принципы определения допустимой антропогенной нагрузки на компоненты окружающей среды. Методические подходы к комплексной экологической оценке состояния компонентов окружающей среды.

**Управление земельными ресурсами и охрана окружающей среды.** Современные проблемы землепользования и охраны окружающей среды и их управленческое решение. Концепция поддержания равновесного землепользования и состояния окружающей среды. Правовые механизмы управления землепользованием и охраной окружающей среды.

**Основы экологического нормирования: химические, физические и биологические показатели.** Научно-теоретические основы экологического нормирования почв и земельных ресурсов. Проблемы экологизации землепользования и вопросы экологического нормирования. Правовые основы экологического нормирования.

**Основы восстановления нарушенных земель.** Понятия о рекультивации и консервации земель. Правила проведения рекультивации и консервации земель. Состав проекта рекультивации. Исходные данные для разработки проекта рекультивации нарушенных и/или загрязненных земель. Критерии оценки качества рекультивационных работ. Направления рекультивации. Мероприятия по рекультивации земель. Наилучшие доступные технологии. Выбор технологии рекультивации земель в зависимости от природно-климатических, социально-экономических особенностей и основного хозяйственного использования земель. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Технологии рекультивации нефтезагрязненных земель. Наилучшие доступные технологии. Нормативы допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в почвах.

**Государственное управление недропользованием и обращением с отходами.** Механизмы государственного управления обращением с отходами. Нормирование образования и размещения отходов. Виды объектов размещения отходов и их воздействие на окружающую среду. Факторы окружающей среды, проектирования и эксплуатации объектов размещения отходов, определяющие интенсивность их воздействия на окружающую среду.

**Экологическая биохимия.** Внутривидовые и межвидовые взаимодействия. Классификация типов биохимических взаимодействий по М. Барбье.

Биохимические взаимодействия между растениями, микроорганизмами и животными. Аллелопатия, экологическое значение аллелопатии. Растения и грибы (симбиоз, микориза). Фитоалексины и фитотоксины. Основы устойчивости растений к заболеваниям. Растения и животные (хеморегуляторы пищевого поведения фитофагов, онтогенеза и плодовитости). Взаимодействия между животными: внутривидовые (феромоны-релизеры и феромоны-праймеры) и межвидовые (алломоны и кайромоны). Пищевой преферendum у животных. Вторичные метаболиты как пищевые аттрактанты и детерренты. Растительные токсины, действие на животных.

Антибиотики. Экологическая роль антибиотиков. Аутоиндукторы. Агенты межклеточной коммуникации микроорганизмов, образование биопленок, процесс «кворум-сенсинга».

Эколого-биохимические аспекты трансформации ксенобиотиков. Разнообразие ксенобиотиков, содержащихся в пище, медикаментах, продуктах химического производства и других сферах жизнедеятельности человека. Концепция двухфазного метаболизма ксенобиотиков. Трансформация ксенобиотиков в объектах окружающей среды.

**Экология грибов.** Разнообразие и роль грибов как редуцентов в биосфере. Участие грибов в трансформации соединений углерода, азота. Грибные сукцессии. Закономерности роста и распространения грибов в окружающей среде. Адаптации к условиям обитания: многообразие функций спор, модульная организация, образование биологически активных

соединений. Грибные симбиозы и ассоциативные взаимосвязи с живыми организмами других групп. Грибной паразитизм. Грибные биоповреждения. Влияние на здоровье человека. Использование грибов в вопросах биоиндикации, в борьбе с паразитами. Грибные биотехнологии.

**Экофизиология почвенных организмов.** Особенности строения клеток бактерий и архей. Метаболизм прокариот, анаболические и катаболические процессы у автотрофов и гетеротрофов. Способы получения энергии (окислительное фосфорилирование, фотофосфорилирование, субстратное фосфорилирование). Фотосинтез у прокариот: основные типы, характеристики и их особенности. Фиксация молекулярного азота: микроорганизмы, процесс и его значение. Типы и функции симбиозов с участием прокариот, физиологические особенности микроорганизмов в этих симбиозах. Гомеостаз и механизмы его поддержания. Действие физико-химических факторов на микроорганизмы. Основные подходы к культивированию микроорганизмов. Периодические и непрерывные культуры микроорганизмов и их природные аналоги.

**Молекулярно-биологические методы в экологии.** Общая характеристика молекулярно-биологических методов и их использование в биологии, экологии и медицине. Преимущества и недостатки молекулярно-биологических методов исследования. Амплификация специфических фрагментов ДНК. Принцип полимеразной цепной реакции (ПЦР), ее этапы и разновидности.

Определение метаболически активных микробных клеток в окружающей среде и почвах, метод FISH, его недостатки и преимущества. Полифазная таксономия как современная задача биологической науки. Метагеномный анализ микробных сообществ в объектах окружающей среды.

## **Литература:**

1. Ботаника. Курс альгологии и микологии (систематика и таксономия) (под редакцией Ю.Т. Дьякова). М.: «Издательство МГУ». 2007.
2. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. М.: «ГЕОС». 1998. 419 с.
3. Каратыгин И.В. Коэволюция грибов и растений. СПб.: «Гидрометеиздат». 1993
4. Кольман Я., Рем К.Г. Наглядная биохимия. М.: «Мир». 2004.
5. Ленинджер А. Основы биохимии. Тт. 1-3. М.: «Мир». 1985.
6. Манучарова Н.А. Молекулярно-биологические методы в почвоведении и экологии. М.: «Университетская книга». 2014. 68 с.
7. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов (антропогенные факторы) М.: «Медицина для всех». 2005.
8. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология (экология, почвообразование). М.: «Издательство МГУ». 1988.
9. Глазунов Г.П., Гендугов В.М., Яковлев А.С., Евдокимова М.В., Шестакова М.В. Научные основы экологической оценки состояния компонентов окружающей среды и нормирования их качества. М.: «МАКС Пресс». 2018.
10. Нетрусов А.И., Котова И.Б. Микробиология. М.: «Академия». 2006.
11. Нетрусов А.И., Котова И.Б. Микробиология: теория и практика (в 2 частях). М.: «Юрайт». 2017.
12. Охрана почв и земель: коллективная монография (под редакцией А.С. Яковлева, О.А. Макарова и Н.Г. Рыбальского). М.: «НИА-Природа». 2015. 550 с.
13. Ребриков Д.В., Саматов Г.А. Трофимов Д.Ю. Семенов П.А., Савилова А.М., Кофиади И.А., Абрамов Д.Д. ПЦР в реальном времени. М.: «Лаборатория знаний». 2009.
14. Современная микробиология. Прокариоты (под редакцией Й. Ленгелера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля). Т.1, 2. М.: «Мир». 2005.

15. Яковлев А.С., Решетина Т.В., Сизов А.П., Прокофьева Т.В., Луковская Т.С., Самухина Т.М., Евдокимова М.В. Управление качеством городских почв. Учебно-методическое пособие. М.: «МАКС Пресс». 2010. 96 с.
16. Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель (под редакцией С.А. Шобы, А.С. Яковлева и Н.Г. Рыбальского). М.: «НИА-Природа». 2013. 373 с.
17. Экология микроорганизмов (под редакцией А.И. Нетрусова). М.: «Академия». 2004.