

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

2.1.3.1 Экологические аспекты биологии почв

(наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Уровень высшего образования: подготовка кадров высшей квалификации

Группа научной специальности: 1.5. Биологические науки

Научная специальность: 1.5.15 Экология

СОДЕРЖАНИЕ

1. Тематическое содержание дисциплины
2. Методические рекомендации по выполнению реферата
3. Методические рекомендации по выполнению индивидуальных домашних заданий (контрольных работ)

1. Тематическое содержание дисциплины

1.1. Тема 1: «Научные подходы к почве как среде обитания живых организмов» (44 часа).

1.1.1. Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:

Почва как центральное звено наземной экосистемы.

1. Экосистемный (Биогеоценотический) подход

Почва — это не просто субстрат, а сложная система, где происходят потоки энергии и круговороты вещества (углерода, азота, воды, минералов).

На взаимодействиях между живыми организмами (корни растений, бактерии, грибы, беспозвоночные) и неживыми компонентами (минеральные частицы, органическое вещество, вода, воздух).

Методы: Изучение трофических сетей, продуктивности, деструкции органики, потоков парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O) из почвы.

2. Популяционно-биоценотический подход

В центре внимания — сообщества организмов, обитающих в почве (педобионтов).

Почва — это «микрокосм», обладающий невероятным биоразнообразием («чёрный ящик» биоразнообразия).

На структуре сообществ (видовой состав, обилие, распределение по профилю), их экологических нишах и взаимосвязях (симбиоз, конкуренция, хищничество, паразитизм).

Методы: Почвенная зоология, микробиология. Современные методы — метагеномика (для изучения микробного разнообразия), молекулярная идентификация.

3. Трофико-энергетический подход

Рассматривает почву как систему, преобразующую энергию.

Энергия солнечного света, запасённая в растительном опаде и корневых выделениях, трансформируется в почвенной пищевой цепи.

На процессах разложения (деструкции) органического вещества. Изучаются функциональные группы организмов: редуценты (бактерии, грибы), деструкторы (сапрофаги), хищники.

Методы: Измерение интенсивности дыхания почвы, определение скорости разложения стандартного субстрата (например, чайные пакетики), изучение ферментативной активности.

4. Средовый (Эдафический) подход

Почва рассматривается как совокупность условий обитания (экологических факторов) для живых существ.

Физико-химические свойства почвы формируют среду жизни.

На таких факторах, как:

Физические: Гранулометрический состав (механика), структура, плотность, водный и воздушный режимы, температура.

Химические: Кислотность (pH), содержание элементов питания, солёность, окислительно-восстановительный потенциал.

Методы: Стандартные почвенные анализы, закладка датчиков (влажности, температуры), лабораторные эксперименты.

5. Ландшафтно-географический подход

Почва изучается как компонент географической оболочки, меняющийся в пространстве.

Почвенный покров и его население закономерно изменяются в зависимости от положения в рельефе, климата, материнской породы.

На зональности и геохимии почвенных процессов. Разные типы почв (подзолы, чернозёмы, серозёмы) формируют специфические условия для организмов.

Методы: Картография, сравнительно-географический метод, геостатистика.

6. Эволюционно-исторический (Генетический) подход

Почва рассматривается как продукт длительного исторического развития (эволюции).

Современная почва и её население — результат совместной эволюции (коэволюции) живых организмов и минеральной матрицы на протяжении сотен и тысяч лет.

На сукцессиях почвенных сообществ, формировании почвенного профиля как «памяти» экосистемы. Изучение почвенных архивов (ископаемые почвы, споры, фитоциты).

Методы: Палеопочвоведение, радиоуглеродное датирование.

7. Функциональный (Процессно-ориентированный) подход

Современный интегративный подход, фокусирующийся на экосистемных услугах почвы.

- Жизнь в почве обеспечивает ключевые функции для биосферы и человечества.
- На изучении конкретных процессов:

Плодородие (перевод элементов в доступную форму).

Самоочищение (деградация загрязнителей).

Регуляция климата (депонирование углерода).

Регуляция гидрологического режима (фильтрация, формирование стока).

Поддержание биоразнообразия (средообразующая функция).

Методы: Комплексные, включая все вышеперечисленные.

Интеграция подходов: Современная парадигма

Сегодня доминирует взгляд на почву как на **критическую зону Земли (Critical Zone)** — живую, дышащую, динамичную мембрану между литосферой и атмосферой. Наиболее продуктивные исследования объединяют несколько подходов. Например, для изучения роли червей в связывании углерода (функция) потребуется:

- Экосистемный подход (оценить потоки углерода).
- Популяционный подход (определить виды и биомассу червей).
- Трофический подход (понять их роль в пищевой цепи).
- Средовый подход (учесть влияние влажности и температуры).
- Эволюционный подход (оценить долгосрочное влияние на гумус).

Вопросы для СИВ: 1. Методологические подходы к изучению структурнофункциональной организации микробных сообществ в наземных экосистемах.

2. Локусный подход. Вертикально-ярусный подход.

3. Географический подход. Сукцессионный подход.

1.2. Тема 2: «Разнообразие почвенной биоты и достижения ученых в этой сфере.» (22 часа).

1.2.1 Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:

1. Локусный (топологический) подход

Суть: Изучение микробных сообществ в строго определенных, часто дискретных, микроместообитаниях (локусах), которые различаются по физико-химическим условиям. Объекты изучения:

- Ризосфера vs почва вне корня.
- Детрит (опад, ветки, трупы животных) разной степени разложения.
- Агрегаты почвы (внутри макроагрегатов, на их поверхности, в межагрегатном пространстве).
- Микропоры разного размера.
- Филлоплана (поверхность листьев) и ризоплана (поверхность корня).

Методологическое значение: Позволяет связать структуру сообщества с локальными условиями (влажность, доступность кислорода, тип субстрата, концентрация корневых экссудатов). Показано, что различия между такими микронизмами могут быть больше, чем между разными типами почв. Это основа для понимания микробной гетерогенности почвы.

2. Вертикально-ярусный (стратифицированный) подход

Суть: Изучение изменения микробных сообществ по вертикальному профилю экосистемы — от подстилки/опада до материнской породы. Уровни (ярусы):

1. Лесная подстилка (О-горизонт): Доминируют грибы (особенно базидиомицеты) и специализированные бактерии-разрушители сложного органического вещества (лигнина, целлюлозы).
2. Гумусовые и элювиальные горизонты (А, Е): Максимум микробной биомассы и функциональной активности. Сложное взаимодействие бактерий, грибов, архей. Зона активного гумификации.
3. Иллювиальные и глеевые горизонты (В, G): Сообщество адаптировано к дефициту кислорода, наличию конкреций, другому составу органического вещества. Чаще доминируют бактерии, включая анаэробы.
4. Почвообразующая порода (С): Представлены олиготрофные и автохтонные микроорганизмы, способные выживать в условиях дефицита ресурсов. Методологическое значение: Позволяет изучать вертикальный перенос вещества и энергии и роль микробных сообществ в почвообразовательных процессах на каждом этапе. Ключевой для понимания формирования профиля почвы.

3. Географический (пространственный) подход

Суть: Изучение закономерностей распределения микробного разнообразия на разных пространственных масштабах — от ландшафтного до биомного и глобального. Масштабы:

- Локальный (метры-километры): Влияние типа растительности, уклона, экспозиции, истории землепользования.
- Региональный (километры-тысячи км): Влияние климата, типа почвы, геологии.
- Глобальный (континентальный, биомный): Выявление биогеографических закономерностей (например, широтный градиент разнообразия). Поиск детерминант: "Все ли микробы вездесущи, или среда отбирает?" (гипотеза Бааса-Беккинга). Методологическое значение: Основа для микробной биогеографии. Позволяет выявить роль факторов дисперсии и отбора (экологического дрейфа) в формировании сообществ. Ключевой для создания прогностических моделей.

4. Сукцессионный (временной) подход

Суть: Изучение закономерностей изменения структуры и функции микробных сообществ во времени, связанных с развитием самой экосистемы или разложением отдельных субстратов.

Типы сукцессий:

- Микросукцессии (разложение субстрата): Последовательная смена консорциумов микроорганизмов на растущем корне, падающей ветке или трупе животного (пионерные виды → деструкторы полимеров → виды, потребляющие мономеры).
- Экосистемные сукцессии (восстановительные): Изменения в почвенной микробиоте при зарастании пашни, восстановлении леса после пожара, отступлении ледника (первичная сукцессия).
- Сезонные динамики: Циклические изменения, связанные с вегетацией растений, увлажнением, температурой. Методологическое значение: Позволяет понять принципы самоорганизации и устойчивости сообществ, выявить ключевые виды-инженеры для разных стадий, смоделировать потоки вещества во времени.

Интеграция подходов и современная парадигма

Современные исследования редко используют один подход. Например:

- Географический + Вертикально-ярусный: Изучение того, как различия в сообществах по почвенному профилю меняются от тайги к степи.
- Сукцессионный + Локусный: Исследование микросукцессии в конкретном локусе (например, на агрегате почвы).
- Локусный + Вертикально-ярусный: Анализ специфики ризосферного сообщества в разных почвенных горизонтах.

Культурально-независимые методы (основа современной микробной экологии):

- Метагеномика ампликонов (генные маркеры): Секвенирование конкретных генов (чаще всего 16S рРНК для бактерий и архей, ITS для грибов).
- *Преимущества:* Высокопроизводительно, дает подробную картину таксономического состава и α -разнообразия.
- *Методы:* ПЦР, пиросеквенирование, секвенирование нового поколения (Illumina), третьего поколения (PacBio, Oxford Nanopore для длинных чтений).
- *Анализ:* Операционные таксономические единицы (OTU), варианты ампликонных последовательностей (ASV), таксономическая классификация, расчёт альфа- и бета-разнообразия.

Б. Визуализация и пространственная организация:

- Флуоресцентная *in situ* гибридизация (FISH): Позволяет визуализировать и подсчитать конкретные филогенетические группы непосредственно в образце почвы, сохранив его пространственную структуру.
- Микроскопия (электронная, конфокальная): Для изучения морфологии микробов и их расположения относительно почвенных агрегатов, корней и т.д.

2. Подходы к изучению ФУНКЦИИ (Метаболический потенциал и активность)

А. Опосредованная оценка (потенциал и активность через нуклеиновые кислоты):

- Полная метагеномика (Shotgun метагеномика): Секвенирование всего пула ДНК из образца. Позволяет реконструировать геномы (MAGs) и выявить потенциальные функциональные возможности сообщества (наличие генов биогеохимических циклов, устойчивости к стрессам и т.д.). Интеграция с данными 16S рРНК (PICRUST2, Tax4Fun) для предсказания функций.
- Метатранскриптомика: Анализ всей совокупности матричных РНК (мРНК). Показывает, какие гены активно экспрессируются в данный момент времени, отражая реальную метаболическую активность.
- Метапротеомика: Изучение всего пула белков. Демонстрирует, какие белки синтезированы и функционируют.
- Метаболомика: Анализ низкомолекулярных метаболитов (субстратов и продуктов обмена). Показывает результат биохимической активности сообщества и состояние окружающей их среды.

Б. Прямые методы оценки активности:

- Ферментная активность почв: Измерение скорости превращения специфических субстратов (например, гидролиз флуоресцеиндиацетата для общей эстеразной активности, активность дегидрогеназ, оксидоредуктаз и т.д.).
- Микрокосмные и мезокосмные эксперименты: Внесение меченых субстратов (например, ^{13}C -глюкозы, ^{15}N -аммония) с последующим отслеживанием их включения в биомассу (SIP - Stable Isotope Probing) или продуктов дыхания ($^{13}\text{CO}_2$). Позволяет связать функцию с конкретными таксонами.
- SIP-метагеномика/метатранскриптомика: Позволяет извлечь и секвенировать ДНК/РНК микробов, усвоивших меченый субстрат.

3. Подходы к изучению ОРГАНИЗАЦИИ и ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

- Сетевой анализ (Co-occurrence network analysis): Статистический подход для выявления устойчивых паттернов совместной встречаемости разных таксонов или генов. Позволяет:
 - Выявлять потенциальные экологические ниши.
 - Предполагать взаимодействия между организмами (конкуренция, кооперация).
 - Определять ключевые таксоны (хубовые виды), которые могут играть критическую роль в стабильности сообщества.
- Анализ потоков сообщества (Community Assembly): Статистические модели (например, нулевые модели), позволяющие оценить относительный вклад стохастических (случайное расселение, дрейф) и детерминистических (отбор: гомогенизирующий и разнородящий) процессов в формирование структуры сообщества.

4. Интегративные и экспериментальные подходы

- "Омиксные" интеграции: Совместный анализ данных метагеномики, метатранскриптомики, метапротеомики и метаболомики для построения полной картины от генетического потенциала до метаболической функции. Требует сложной биоинформатики (многомерная статистика, машинное обучение).
- Манипуляционные эксперименты: Изменение факторов среды (влажность, температура, внесение удобрений, загрязнителей) с последующим отслеживанием динамики структуры и функции сообществ во времени. Позволяет установить причинно-следственные связи.
- Пространственное масштабирование: Изучение закономерностей распределения микробов от масштаба почвенных агрегатов (микрониши) до ландшафтов и биомов (макроэкология микроорганизмов).

Методологический конвейер (стандартная современная схема):

1. Отбор проб с учетом пространственной и временной изменчивости, сохранение (-80°C для "омикс", жидкий азот для РНК).
2. Экстракция тотальных нуклеиновых кислот (ДНК для метагеномики, РНК для метатранскриптомики) из сложной почвенной матрицы.
3. Высокопроизводительное секвенирование (NGS).
4. Биоинформатическая обработка: контроль качества, сборка, предсказание генов, таксономическая и функциональная аннотация (базы данных: Greengenes, SILVA, UNITE, KEGG, COG, CAZy).
5. Статистический и экологический анализ: оценка разнообразия, дифференциальный анализ, регрессионное моделирование, сетевой анализ, интеграция с метаданными (физико-химические параметры почвы, климат).

Ключевые вызовы и перспективы:

- Проблема "темной материи": Большая часть микробного разнообразия не имеет культуральных аналогов, и функции многих генов неизвестны.
- Сложность почвенной матрицы: Проблемы экстракции, наличие ингибиторов, гетерогенность.
- От корреляции к причинности: Современные методы часто дают корреляционные данные. Манипуляционные эксперименты и мечение изотопами остаются ключевыми для установления причинно-следственных связей.
- Интеграция данных: Основная задача — связать данные о структуре, функции, активности и пространственной организации с экологическими параметрами для построения предсказательных моделей функционирования наземных экосистем в меняющемся мире.

Вопросы для СИБ: 1. Влияние различных видов обработок почвы на состояние почвенных животных.

1.3. Тема 3: «Зоология почвенных животных и их эволюционное развитие» (54 часа).

1.3.1 Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:

Для понимания важно знать, на кого именно воздействует обработка:

- Мезофауна (0.2–10 мм): Нематоды, коллемболы (ногохвостки), клещи, энхитреиды.
- Макрофауна (2–20 мм): Дождевые черви, многоножки, личинки насекомых.
- Мегафауна (>20 мм): Крупные личинки (проволочники, хрущи), кроты.

Их функции: разложение органики, перемешивание почвы (биотурбация), формирование пор, регулирование численности микроорганизмов, аэрация.

1. Классическая (отвальная) вспашка (20-30 см)

Наиболее разрушительный метод для почвенной биоты.

- Механическое воздействие: Прямое уничтожение и ранение животных лемехом и отвалом, разрушение ходов и камер.
- Изменение среды:

- Дождевые черви: Численность падает в 3-10 раз. Глубокая перепадка уничтожает постоянные норы червей (особенно глубокозалегающих *анециков*), выносит на поверхность яйца и молодь. Снижение количества растительных остатков на поверхности лишает пищи *эпигейных* видов.
- Микроартроподы (клещи, коллемболы): Резко снижается численность и видовое разнообразие. Нарушаются микропустоты, где они обитают. Плужная подошва (уплотненный слой) становится барьером для вертикальной миграции.
- Почвенные хищники (жуужелицы, стафилиниды): Гибель и нарушение мест охоты.
- Итог: Упрощение структуры сообщества, доминирование более устойчивых, часто вредных видов (нематоды-фитофаги, проволочники), снижение всех биологических функций почвы.

2. Безотвальная (плоскорезная) обработка

Значительно щадящий метод по сравнению с отвальной вспашкой.

- Принцип: Почва рыхлится без оборота пласта, растительные остатки остаются на поверхности или в верхнем слое.
- Влияние:
 - Дождевые черви: Численность может быть в 2-5 раз выше, чем при отвальной вспашке. Сохраняются ходы и камеры. Поверхностные остатки — пища для *эпигейных* видов. Создаются хорошие условия для *эндогейных* червей, живущих в толще почвы.
 - Фауна разлагателей: Клещи и коллемболы, связанные с подстилкой, процветают. Формируется четкая вертикальная стратификация сообщества.
 - Структура почвы: Сохраняются биогенные поры (червоточины, ходы корней), что улучшает инфильтрацию воды и аэрацию.
 - Итог: Повышение биоразнообразия и биомассы, усиление естественных функций почвы.

3. Нулевая обработка (No-Till, Прямой посев)

Наиболее благоприятная система для почвенной фауны в агроценозах.

- Принцип: Почва не обрабатывается, семена высеваются в узкие щели, постоянное мульчирующее покрытие.
- Влияние:
 - Создание стабильной среды: Отсутствие механических разрушений. Сохраняется сложная система ходов, пор, камер.
 - Дождевые черви: Численность и биомасса достигают максимума (сопоставимо с лугами). Преобладают создающие вертикальные норы виды (*анецики*), которые играют ключевую роль в дренаже и аэрации.
 - Мезофауна: Обилие и разнообразие микроартропод максимально. Поверхностная мульча — идеальный "дом" и источник пищи для сапрофагов и хищников.
 - Формирование пищевой сети: Возникает сложная и устойчивая трофическая сеть, близкая к естественным экосистемам. Усиливается супрессивность почвы к патогенам.
 - Риски: Возможна концентрация вредителей (слизни, мыши) в мульче. В первые годы возможны проблемы с кислотностью и уплотнением в отсутствие активной деятельности червей.

Минимальная (Mini-Till) и Полосовая (Strip-Till) обработка

Компромиссные системы, сочетающие элементы.

- Mini-Till: Неглубокое (5-15 см) рыхление без оборота пласта. Воздействие на фауну умеренное, менее вредное, чем отвальная вспашка, но более сильное, чем No-Till. Нарушается верхний слой, но сохраняется структура в глубине.
- Strip-Till: Обрабатывается только узкая полоса для посева (10-15 см), междурядья не трогаются. Создает мозаику сред: в полосе обработки условия ухудшаются, но междурядья становятся рефугиумами (убежищами) для фауны, откуда происходит быстрое повторное заселение.

Вопросы для СИБ: 1. Основные принципы биологической индикации диагностики почв.

2. Зоологическая биоиндикация.

1.4. Тема 4: «Роль педоценозов в эволюции почвообразовательных процессов.» (60 часов).

1.4.1 Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:

Педоценоз — не пассивный участник, а активный творец и регулятор почвообразовательных процессов. Его роль в эволюции почвы заключается в следующем:

1. Инициирование почвообразования на начальном этапе.
2. Интенсификация и дифференциация процессов, ведущая к формированию зрелого почвенного профиля.
3. Стабилизация почвенной системы и поддержание её функционирования.
4. Направленная трансформация почвы в ответ на изменения внешней среды, определяющая вектор её эволюции.
5. Обеспечение устойчивости и восстановления почвы как экосистемы.
 1. Начальная стадия почвообразования (Начало сукцессии)
 - Роль педоценоза: Пионерные сообщества (микроорганизмы, лишайники, мхи, простейшие).
 - Влияние на процесс: Биологическое выветривание горной породы. Микроорганизмы и лишайники выделяют органические кислоты, разрушая минералы. Они фиксируют атмосферный азот, создавая первый запас биогенного элемента. Формируется примитивный органический слой (подстилка), запускаются процессы гумификации. Педоценоз создаёт первые условия для жизни более высших растений.
 2. Стадия развития и активного почвообразования (Зрелая экосистема)
 - Роль педоценоза: Сложный, стратифицированный, высокобиоразнообразный комплекс (растения, грибы, бактерии, беспозвоночные, позвоночные).
 - Влияние на процесс:
 - Создание и трансформация органического вещества: Растительность — главный источник опада. Почвенные животные (мезо- и макрофауна) и микроорганизмы разлагают его, формируя гумус — качественно новое вещество, определяющее плодородие. Тип педоценоза (напр., кальцифильный vs. ацидофильный) определяет тип гумуса (мягкий муть vs. грубый мор).
 - Формирование почвенной структуры: Гифы грибов, слизь бактерий, копролиты дождевых червей и членистоногих склеивают минеральные частицы в водопрочные агрегаты. Это меняет водный и воздушный режимы почвы, создавая благоприятную среду для самого педоценоза и растений.
 - Биогенная аккумуляция и миграция элементов: Корневая система растений извлекает элементы из глубоких горизонтов и концентрирует их в поверхностных. Животные, перемещаясь и создавая ходы, перемешивают вещества (биотурбация). Микроорганизмы регулируют циклы азота, фосфора, серы.
 - Дифференциация почвенного профиля: Деятельность педоценоза — главная причина формирования генетических горизонтов (А — гумусово-аккумулятивный, за счёт опада и деятельности редуцентов; В — иллювиальный, куда могут вымываться продукты разложения, синтезированные микроорганизмами).
 - 3. Стадия эволюционных изменений и смены почв (Сукцессия, климатические изменения)
 - Роль педоценоза: Изменяющийся биоценоз, чувствительный к внешним условиям.
 - Влияние на процесс:
 - Индикатор и агент изменений: Педоценоз быстро реагирует на изменения климата или растительного покрова. Смена типа растительности (напр., лес на степь) меняет весь характер поступления органики и, соответственно, состав и активность почвенной биоты. Это ведёт к смене типа почвообразования (подзолистый → чернозёмный).
 - Биологическая преемственность: При смене экосистем педоценоз обеспечивает преемственность почвенных процессов. Почвенный "банк семян", спор и покоящихся форм организмов позволяет быстро адаптироваться к новым условиям.

- Направленная эволюция почвы: Длительное воздействие устойчивого педоценоза (например, степного) приводит к направленному накоплению гумуса, формированию мощного горизонта А, т.е. к эволюции почвы в сторону более зрелого, равновесного с экосистемой состояния (климакса).

4. Стадия деградации или восстановления (Нарушение экосистем)

- Роль педоценоза: Резистентные или пионерные виды, участвующие в восстановлении.
- Влияние на процесс:
- Деградация: Уничтожение педоценоза (эрозия, загрязнение, распашка) ведёт к обратимой или необратимой деградации почвы (исчезновение структуры, минерализация гумуса, ухудшение режимов).
- Восстановление (ремедиация): Здоровый педоценоз обладает саморегулирующей и восстанавливающей способностью. Микроорганизмы-деструкторы разлагают загрязнители, растения-фитомелиоранты извлекают тяжёлые металлы, деятельность животных восстанавливает структуру. Эволюция почвы в этом случае идёт по пути восстановления, движимая педоценозом.

Вопросы для СИБ: 1.Превращение марганца, алюминия в почве.

2.Пестициды и их влияние на микробный компонент

3.Почвенные организмы и здоровье человека.

4.Экологические группы почвенных микроорганизмов и их роль в почвообразовании и агрохимическом составе почв.

5.Современные исследования по созданию комплексных бактериальных удобрений

2. Методические рекомендации по выполнению реферата

2.1. Структура реферата:

1. Титульный лист.
2. Содержание - перечень названий всех разделов (глав), подпунктов, приложения, которые указываются в строгой последовательности с обозначением страниц начала каждой части.
3. Введение - раскрывает актуальность проблемы исследования, цель, задачи, объект, предмет и методы исследования и т.д.
4. Основная часть, как правило, состоит из глав.
5. Список литературы.
6. Приложения (при наличии).

2.2 Требования к оформлению реферата

- объем: 20-25 страниц;
- поля: левое – 3 см, правое – 1 см, верхнее, нижнее – 2 см;
- шрифт Times New Roman, кегль (размер) – 14;
- цвет шрифта – черный;
- интервал между абзацами – 0 пт;
- междустрочный интервал – 1,5;
- выравнивание по ширине;
- отступ слева и справа – 0;
- отступ первой строки (абзац) – 1,25 см;
- названия разделов «ВВЕДЕНИЕ», «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ», «ПРИЛОЖЕНИЕ», а также слово «ГЛАВА» печатаются прописными (заглавными) буквами по центру строки, без подчеркивания. Точка в конце названия не ставится. Переносы слов в заголовках разделов и подразделов не допускаются.

2.3 Критерии оценки:

- сроки сдачи;
- правильность и аккуратность оформления;

- соответствие оформлению реферата установленным требованиям;
- умение работать с документальными и литературными источниками;
- умение формулировать основные выводы по результатам анализа конкретного анализа;
- и т.д.

2.4 Рекомендованная литература.

2.4.1 Основная литература:

1. Ботбаева, Ж. Т. Биология почв : учебное пособие / Ж. Т. Ботбаева. — Астана : КазАТУ, 2017. — 125 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. 2. Горлова, О. П. Биология почв: лабораторный практикум : учебное пособие / О. П. Горлова. — Красноярск : КрасГАУ, 2014. — 24 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. 3. Чимитдоржиева, И. Б. Биология почв : учебно-методическое пособие / И. Б. Чимитдоржиева, Ю. Н. Рузавин, А. С. Сыренжапова. — Улан-Удэ: Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2018. — 95 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.

2.4.2 Дополнительная литература:

1. Звягинцев, Д. Г. Биология почв : учебник / Д. Г. Звягинцев. — 3-е изд. — Москва: МГУ имени М.В.Ломоносова, 2005. — 445 с. — ISBN 5-211-04983-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система 2. Влияние тяжелых металлов на процессы деградации почв / В. И. Савич [и др.] // Агро XXI. - 2011. - № 10-12. - С. 46 - 48. - Библиогр.: с. 48

3. Методические рекомендации по выполнению индивидуальных домашних заданий (контрольных работ)

Индивидуальные домашние задания выполняются в форме (расчетно-проектировочной, расчетно-графической работы, презентации, контрольной работы и т.п.).

3.1 Темы индивидуальных домашних заданий

1. Микробиология процессов почвообразования
2. Методы диагностики состояния почв
3. Функции почвенных животных для формирования высокопродуктивных почв
4. Микробиологические характеристики различных типов почв
5. Взаимоотношения почвенных микроорганизмов и высших растений
6. Перспективы развития почвенной биологии
7. Природная зональность и специфика формирования почвенной биоты
8. Разнообразие актиномицетов в наземных экосистемах
9. Концепция микробного пула
10. Концепция пула метаболитов
11. Принципы обратимости микробиологических процессов
12. Структура микробноценоза лесных экосистем
13. Общие закономерности вертикальных стратификаций микробных сообществ
14. Географический подход к у структурно-функциональной организации почвенных сообществ
15. Динамика микробных комплексов
16. Биологическая активность почв
17. Почвенно-альгологическая индикация