



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Казанский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)

Институт «Казанская академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана»
Кафедра микробиологии и биотехнологии

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 00861D77F7F654DB91BE53EB1C33DC7D39
Владелец: Дмитриев Андрей Владимирович
Действителен: с 16.07.2026 до 09.10.2027

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ А.В. Дмитриев
« ____ » _____ 2026 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Экологическая биотехнология

(Оценочные средства и методические материалы)

приложение к рабочей программе дисциплины (к рабочей программе практики)

Направление подготовки
19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль) подготовки
Агропромышленная биотехнология

Форма обучения
очная

Казань – 2026

Составитель: к.б.н., доцент
Должность, ученая степень, ученое звание

Волков Ренат Алиевич
Ф.И.О.

Оценочные средства обсуждены и одобрены на заседании кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии «21» апреля 2025 года (протокол № 10)

Заведующий кафедрой:

к.б.н., доцент
Должность, ученая степень, ученое звание

Волков Ренат Алиевич
Ф.И.О.

Рассмотрены и одобрены на заседании методической комиссии института Казанская академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана Протокол № 10 от 14.04.2026

Председатель методической комиссии:

Профессор, д.ветер.н
Должность, ученая степень, ученое звание

Асрутдинова Р.А.
Ф.И.О.

Согласовано:

Директор

Загидуллин Л.Р.
Ф.И.О.

Протокол ученого совета института КАВМ им. Н.Э. Баумана № 21 от 18.04.2026 года

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

В результате освоения ОПОП по направлению 19.03.01 Биотехнология (профиль «Агропромышленная биотехнология») обучающийся по дисциплине «Экологическая биотехнология» должен овладеть следующими результатами обучения:

Таблица 1.1 – Требования к результатам освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен изучать и анализировать биологические объекты и процессы, используя законы и закономерности математических, физических, химических и биологических наук	ОПК-1.2 Использует биологические объекты и процессы для решения профессиональных задач в области биотехнологии	Знать: биологические основы очистки сточных вод, переработки органических отходов, биоремедиации почв и водоемов; основные группы микроорганизмов-деструкторов. Уметь: применять микробные консорциумы для решения экологических задач; подбирать биопрепараты для очистки конкретных загрязнителей. Владеть: методами культивирования микроорганизмов-деструкторов; навыками оценки эффективности биоремедиации.
ОПК-5. Способен управлять биотехнологическими процессами и контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	ОПК-5.2 Управляет биотехнологическими процессами и контролирует количественные и качественные показатели получаемой продукции	Знать: технологические параметры процессов анаэробного сбраживания (метаногенез), компостирования, аэробной и анаэробной очистки сточных вод. Уметь: контролировать основные показатели эффективности биотехнологических процессов (рН, температура, БПК, ХПК, выход биогаза). Владеть: навыками управления биотехнологическими процессами в экологии; методами оптимизации режимов работы биореакторов.
ОПК-7. Способен применять математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы при обработке и интерпретировании экспериментальных данных	ОПК-7.2 Применяет математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы при обработке и интерпретировании экспериментальных данных	Знать: методы контроля качества воды, почвы, воздуха; методики определения БПК, ХПК, илового индекса, микробиологической активности. Уметь: интерпретировать результаты анализов для оценки эффективности очистки; проводить расчеты основных параметров биотехнологических процессов. Владеть: методиками постановки микробиологических и биохимических анализов; навыками работы с аналитическим оборудованием.

Таблица 2.1 – Показатели и критерии определения уровня сформированности компетенций

Код и наименование индикатора	Планируемые результаты обучения	Неудовлетворительно (2 балла)	Удовлетворительно (3 балла)	Хорошо (4 балла)	Отлично (5 балла)
ОПК-1.2 (Использует биологические объекты и процессы для решения профессиональных задач)	Знать: биологические основы очистки сточных вод, переработки отходов, биоремедиации; основные группы микроорганизмов -деструкторов	Не знает основы биоремедиации, не может назвать группы микроорганизмов -деструкторов (нефтеоокисляющие, целлюлозолитические, метаногены). Допускает грубые ошибки	Знает основные группы микроорганизмов-деструкторов (не менее 3). Может перечислить принципы биоремедиации, но с неточностями	Хорошо знает биологические основы процессов очистки, классификацию деструкторов. Объясняет механизмы деградации различных загрязнителей	Отлично знает биологические основы всех экологических биотехнологий. Свободно ориентируется в группах микроорганизмов-деструкторов и их метаболических возможностях
	Уметь: применять микробные консорциумы для решения экологических задач; подбирать биопрепараты для очистки конкретных загрязнителей	Не может предложить биопрепарат или консорциум для заданного загрязнителя (нефть, пестициды, тяжёлые металлы)	С помощью наводящих вопросов подбирает микробный консорциум для типовой задачи (очистка нефтезагрязнённой почвы)	Самостоятельно подбирает биопрепарат или консорциум для конкретного загрязнителя, обосновывает выбор 2–3 критериями	Самостоятельно подбирает оптимальный микробный консорциум для любой экологической задачи, обосновывает выбор по 4–5 критериям
	Владеть: методами культивирования микроорганизмов -деструкторов; навыками оценки эффективности биоремедиации	Не владеет методами культивирования деструкторов. Не может оценить эффективность биоремедиации	Владеет минимальными навыками: может описать условия культивирования нефтеоокисляющих бактерий	Владеет базовыми навыками: рассчитывает эффективность очистки (степень деградации), подбирает условия культивирования для разных групп деструкторов	Владеет полным набором навыков: самостоятельно культивирует деструкторы, оценивает эффективность биоремедиации по комплексу показателей
ОПК-5.2 (Управляет биотехнологическими процессами и контролирует показатели качества)	Знать: технологические параметры процессов анаэробного сбраживания, компостирования, аэробной и анаэробной очистки сточных вод	Не знает технологические параметры (температуру, pH, нагрузку по субстрату). Не может назвать основные процессы	Знает отдельные параметры, называет основные процессы (метаногенез, компостирование), но с неточностями	Хорошо знает параметры всех основных процессов: температура (мезофильный/термофильный режимы), pH, органическая нагрузка, гидравлическое время удержания	Отлично знает все технологические параметры, обосновывает выбор режима для конкретного типа отходов или сточных вод

	Уметь: контролировать основные показатели эффективности (рН, температура, БПК, ХПК, выход биогаза)	Не умеет определять БПК, ХПК, выход биогаза. Не может выбрать метод контроля	С помощью алгоритма может провести один из анализов (например, определение рН)	Самостоятельн о проводит контроль БПК, ХПК, илового индекса, выхода биогаза. Интерпретируе т результаты с негрубыми ошибками	Самостоятельн о и правильно проводит все виды контроля, даёт заключение об эффективности процесса, предлагает корректирующ ие действия
	Владеть: навыками управления биотехнологическ ими процессами; методами оптимизации режимов работы биореакторов	Не владеет навыками управления. Не может предложить корректирующие действия при срыве процесса	При подсказке называет возможную причину нарушения процесса (например, закисление метантенка)	Владеет базовыми навыками: при отклонении параметров (рН, температуры) предлагает корректирующ ие действия (добавление щелочи, изменение загрузки)	Владеет полным набором навыков: анализирует тренды параметров, прогнозирует срыв процесса, оптимизирует режимы работы биореакторов
ОПК-7.2 (Применяет методы при обработке и интерпрети ровании данных)	Знать: методы контроля качества воды, почвы, воздуха; методики определения БПК, ХПК, илового индекса, микробиологичес кой активности	Не знает методы контроля. Не может назвать показатели качества воды (БПК, ХПК, иловый индекс)	Знает отдельные методы (например, определение БПК), но путается в методиках	Хорошо знает методы контроля качества воды, почвы, воздуха. Понимает сущность БПК, ХПК, илового индекса	Отлично знает все методы, может выбрать оптимальный метод для конкретной задачи контроля
	Уметь: интерпретировать результаты анализов; проводить расчёты основных параметров	Не может интерпретировать результаты. Не умеет рассчитывать эффективность очистки или выход биогаза	С помощью формул рассчитывает один-два параметра (например, степень очистки)	Самостоятельн о рассчитывает БПК/ХПК, иловый индекс, выход биогаза, эффективность биоремедиации . Интерпретируе т результаты с негрубыми ошибками	Самостоятельн о и правильно рассчитывает все параметры, даёт развёрнутую интерпретацию результатов, формулирует выводы

	Владеть: методиками постановки анализов; навыками работы с аналитическим оборудованием	Не владеет методиками. Не может работать с оборудованием (рН-метр, спектрофотометр)	Владеет минимальными навыками: может измерить рН, температуру	Владеет базовыми навыками: проводит титриметрические анализы (БПК, ХПК), работает с микроскопом для анализа активного ила	Владеет полным набором навыков: самостоятельно проводит все анализы, работает с аналитическим оборудованием, соблюдает правила техники безопасности
--	--	--	---	---	---

Шкала оценивания и порядок перевода в оценку «ЗАЧТЕНО» / «НЕ ЗАЧТЕНО»

Промежуточная аттестация по дисциплине «Экологическая биотехнология» проводится в форме ЗАЧЁТА (8 семестр).

Критерии оценки при проведении зачёта

Оценка	Процент правильных ответов (тестовая часть)	Характеристика уровня сформированности компетенций
ЗАЧТЕНО	51–100%	Студент овладел компетенциями ОПК-1.2, ОПК-5.2 и ОПК-7.2 на уровне не ниже «удовлетворительно» . Демонстрирует знания основ биоремедиации, очистки сточных вод, переработки отходов; умеет контролировать параметры процессов (БПК, ХПК, выход биогаза) и интерпретировать результаты. Допускает неточности, но способен их исправить.
НЕ ЗАЧТЕНО	Менее 51%	Студент не овладел компетенциями. Не знает групп микроорганизмов-деструкторов, технологических параметров очистки, методов контроля качества окружающей среды. Имеются грубые пробелы, не позволяющие продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности.

Описание шкалы оценивания

1. Оценка «неудовлетворительно» ставится студенту, не овладевшему ни одним из элементов компетенции, т.е. обнаружившему существенные пробелы в знании основного программного материала по дисциплине (практике), допустившему принципиальные ошибки при применении теоретических знаний, которые не позволяют ему продолжить обучение или приступить к практической деятельности без дополнительной подготовки по данной дисциплине.

2. Оценка «удовлетворительно» ставится студенту, овладевшему элементами компетенции «знать», т.е. проявившему знания основного программного материала по дисциплине (практике) в объеме, необходимом для последующего обучения и предстоящей практической деятельности, знакомому с основной рекомендованной литературой, допустившему неточности в ответе на экзамене, но в основном обладающему необходимыми знаниями для их устранения при корректировке со стороны экзаменатора.

3. Оценка «хорошо» ставится студенту, овладевшему элементами компетенции «знать» и «уметь», проявившему полное знание программного материала по дисциплине (практике), освоившему основную рекомендованную литературу, обнаружившему стабильный характер знаний и умений и способному к их самостоятельному применению и обновлению в ходе последующего обучения и практической деятельности.

4. Оценка «отлично» ставится студенту, овладевшему элементами компетенции «знать», «уметь» и «владеть», проявившему всесторонние и глубокие знания программного материала по дисциплине (практике), освоившему основную и дополнительную литературу, обнаружившему творческие способности в понимании, изложении и практическом использовании усвоенных знаний.

5. Оценка «зачтено» соответствует критериям оценок от «отлично» до «удовлетворительно».

6. Оценка «не зачтено» соответствует критерию оценки «неудовлетворительно».

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

КОМПЛЕКТ ВОПРОСОВ ДЛЯ ОПРОСА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ» (90 ВОПРОСОВ)

Модуль 1. Микроорганизмы в экологических системах. Биоремедиация (25 вопросов)

1. Какова роль микроорганизмов в круговороте веществ в природе?
2. Назовите основные экологические функции микроорганизмов.
3. Дайте определение понятию «биоремедиация». Каковы её принципы?
4. Какие методы биоремедиации существуют (in situ, ex situ)?
5. Что такое микроорганизмы-деструкторы ксенобиотиков? Приведите примеры.
6. Какие группы микроорганизмов участвуют в деградации нефти и нефтепродуктов?
7. Назовите основные роды нефтеокисляющих бактерий (*Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Bacillus*).
8. Каков механизм биodeградации углеводов?
9. Какие биопрепараты используются для очистки почв и водоемов от нефтяного загрязнения?
10. Что такое биостимуляция и биоаугментация при биоремедиации?
11. Какие микроорганизмы используются для деградации пестицидов?
12. Каковы принципы биоремедиации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами?
13. Что такое фиторемедиация? Какие растения используются?
14. Как проводится выделение микроорганизмов-деструкторов из почвы и воды?
15. Какие селективные среды используются для выделения нефтеокисляющих бактерий?
16. Как оценить деструктивную активность микроорганизмов по отношению к нефтепродуктам?
17. Что такое степень очистки почвы от загрязнителя? Как её рассчитать?
18. Какие факторы влияют на эффективность биоремедиации?
19. Каковы преимущества биоремедиации перед физико-химическими методами?
20. Какие риски и ограничения существуют при применении биоремедиации?
21. Как подобрать микробный консорциум для конкретного загрязнителя?
22. Что такое «биоплёнка» и как она используется в очистке окружающей среды?
23. Какие микроорганизмы способны деградировать пластмассы (полиэтилен, ПЭТ)?
24. Как осуществляется мониторинг эффективности биоремедиации?
25. Приведите примеры успешной биоремедиации нефтезагрязнённых территорий.

Модуль 2. Биотехнология очистки сточных вод (30 вопросов)

26. Классификация сточных вод. Основные загрязнители.
27. Какова роль микроорганизмов в самоочищении водоёмов?
28. Что такое активный ил? Его состав и свойства.
29. Какие микроорганизмы входят в состав активного ила (бактерии, простейшие, коловратки)?
30. Как индикаторные организмы (инфузории, жгутиконосцы, амёбы) отражают качество активного ила?
31. Что такое иловый индекс? Как его определить?
32. Как рассчитать иловый индекс и оценить качество активного ила?
33. Каков принцип аэробной биологической очистки сточных вод?
34. Устройство и принцип работы аэротенка.
35. Что такое биофильтры? Как они работают?
36. Каковы преимущества и недостатки аэротенков и биофильтров?
37. Что такое анаэробная очистка сточных вод? Где она применяется?
38. Каковы стадии метанового брожения (гидролиз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез)?
39. Какие микроорганизмы участвуют в каждой стадии метаногенеза?
40. Что такое метантенк? Устройство и принцип работы.
41. Как рассчитать дозу активного ила, нагрузку на ил, возраст ила?
42. Как контролировать качество очищенной воды (БПК, ХПК, взвешенные вещества)?
43. Что такое БПК (биохимическое потребление кислорода)? Методика определения.

44. Что такое ХПК (химическое потребление кислорода)? Методика определения.
 45. Как рассчитать эффективность очистки сточных вод по БПК/ХПК?
 46. Какие нормативы качества воды установлены для сброса в водоёмы?
 47. Какие дефекты работы аэротенка возникают при нарушении режимов (вспухание ила, пенообразование)?
 48. Каковы причины вспухания активного ила (нитевидные бактерии, низкая нагрузка)?
 49. Как оптимизировать работу очистных сооружений молокозавода?
 50. Какие биотехнологические схемы очистки сточных вод существуют (полная, неполная, с нитрификацией)?
 51. Что такое нитрификация и денитрификация? Какие микроорганизмы участвуют?
 52. Как удаляют фосфор из сточных вод биологическими методами?
 53. Какие требования предъявляются к качеству очищенных сточных вод для сброса в рыбохозяйственные водоёмы?
 54. Как проводится микроскопический анализ активного ила?
 55. Как оценить качество очищенной воды по микробиологическим показателям?
- Модуль 3. Переработка органических отходов. Биогаз и компостирование (20 вопросов)
56. Классификация органических отходов (сельское хозяйство, пищевая промышленность, ЖКХ).
 57. Какие микроорганизмы участвуют в анаэробном сбраживании органических отходов?
 58. Каковы оптимальные условия для метаногенеза (температура, pH, C:N, влажность)?
 59. Что такое мезофильный и термофильный режимы сбраживания? Их преимущества и недостатки.
 60. Как рассчитать выход биогаза из различных видов сырья?
 61. Каков состав биогаза (метан, CO₂, примеси) и его использование?
 62. Устройство биогазовой установки. Основные элементы.
 63. Какие типы биогазовых реакторов существуют (периодические, непрерывные)?
 64. Как осуществляется подготовка субстрата для анаэробного сбраживания?
 65. Какие проблемы возникают при анаэробной переработке отходов (закисление, ингибирование)?
 66. Что такое компостирование? Какие микроорганизмы участвуют в компостировании?
 67. Каковы стадии компостирования (мезофильная, термофильная, созревание)?
 68. Какие факторы влияют на скорость компостирования (C:N, влажность, аэрация)?
 69. Какие микроорганизмы являются основными деструкторами целлюлозы (грибы, актиномицеты, бактерии)?
 70. Как выделить целлюлозолитические микроорганизмы из компоста?
 71. Как оценить качество компоста (степень зрелости, содержание органического углерода и азота)?
 72. Какие микробиологические показатели компоста нормируются?
 73. Как рассчитать экономическую эффективность переработки отходов (выход биогаза, стоимость удобрений)?
 74. Как организовать переработку отходов молочного производства (сыворотка, обезжиренное молоко)?
 75. Разработайте технологическую схему получения биогаза для сельскохозяйственного предприятия.
- Модуль 4. Биотехнология очистки воздуха и почвы. Инновации (15 вопросов)
76. Какие биотехнологические методы очистки воздуха существуют?
 77. Что такое биофильтрация? Устройство биофильтра.
 78. Какие микроорганизмы используются для очистки воздуха от летучих органических соединений (ЛОС)?
 79. Что такое биопромывка (скруббер)? Принцип работы.
 80. Какие факторы влияют на эффективность биофильтрации (температура, влажность, pH)?
 81. Как рассчитать параметры биофильтра для очистки воздуха?
 82. Что такое биоремедиация почв, загрязнённых тяжёлыми металлами?
 83. Какие микроорганизмы используются для иммобилизации тяжёлых металлов?
 84. Что такое биовыщелачивание (bioleaching)? Где применяется?
 85. Как определить микробиологическую активность почвы (дыхание почвы, разложение целлюлозы)?

86. Как проводится биотестирование токсичности почвы с помощью инфузорий и семян растений?
87. Как искусственный интеллект применяется для прогнозирования загрязнения окружающей среды?
88. Какие ИИ-системы используются для мониторинга качества воды, воздуха и почвы?
89. Что такое «цифровой двойник» очистных сооружений? Как он помогает оптимизировать процесс?
90. Как предиктивная аналитика используется в управлении природоохранными процессами?

КОМПЛЕКТ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ» (120 ЗАДАНИЙ)

Тема 1. Микроорганизмы в экологических системах. Биоремедиация

1.1. Тестовые задания закрытого типа (выберите один правильный ответ) – 15 шт.

1. Какой метод биоремедиации предполагает внесение в загрязнённую среду специально выращенных микроорганизмов-деструкторов?

- a) Биостимуляция
- b) Биоаугментация
- c) Фиторемедиация
- d) Биовентиляция

Правильный ответ: b

2. Какая группа микроорганизмов является основной при биodeградации нефти?

- a) Нитрифицирующие бактерии
- b) Нефтеокисляющие бактерии (*Pseudomonas*, *Rhodococcus*)
- c) Молочнокислые бактерии
- d) Метаногенные археи

Правильный ответ: b

3. Что такое биоремедиация *in situ*?

- a) Очистка в лабораторных условиях
- b) Очистка на месте загрязнения (без выемки грунта)
- c) Очистка в биореакторе
- d) Очистка с использованием растений

Правильный ответ: b

4. Какой из перечисленных микроорганизмов является типичным деструктором целлюлозы?

- a) *Pseudomonas putida*
- b) *Trichoderma reesei* (гриб)
- c) *Escherichia coli*
- d) *Lactobacillus acidophilus*

Правильный ответ: b

5. Для выделения нефтеокисляющих бактерий из почвы используют селективную среду с добавлением:

- a) Глюкозы
- b) Нефти или углеводородов
- c) Молочной сыворотки
- d) Хлороформа

Правильный ответ: b

6. Какой метод биоремедиации предполагает внесение в почву удобрений для стимуляции естественной микрофлоры?

- a) Биоаугментация
- b) Биостимуляция
- c) Фиторемедиация
- d) Биоспаркинг

Правильный ответ: b

7. Какие растения используются для фиторемедиации почв от тяжёлых металлов (гипераккумуляторы)?

- a) Пшеница, рожь
- b) Ива, тополь, горчица
- c) Берёза, осина

d) Картофель, томаты

Правильный ответ: b

8. Степень очистки почвы от загрязнителя рассчитывается как:

a) $(C_0 - C)/C \times 100\%$

b) $(C - C_0)/C \times 100\%$

c) $C/C_0 \times 100\%$

d) $(C_0 + C)/2 \times 100\%$

Правильный ответ: a (где C_0 – начальная концентрация, C – конечная)

9. Какие микроорганизмы способны деградировать полиэтилен?

a) Только грибы

b) Некоторые бактерии (*Ideonella sakaiensis*) и грибы

c) Только актиномицеты

d) Никакие

Правильный ответ: b

10. Что такое ксенобиотики?

a) Природные органические вещества

b) Чужеродные для природы синтетические соединения

c) Антибиотики

d) Ферменты

Правильный ответ: b

11. Какой микроорганизм является классическим продуцентом биосурфактантов для нефтедобычи?

a) *Escherichia coli*

b) *Pseudomonas aeruginosa*

c) *Bacillus subtilis*

d) *Lactococcus lactis*

Правильный ответ: b

12. Биоплёнка – это:

a) Отмершие клетки микроорганизмов

b) Сообщество микроорганизмов, прикреплённых к поверхности и заключённых в матрикс из полимеров

c) Искусственная мембрана

d) Синтетический полимер

Правильный ответ: b

13. Какой параметр НЕ влияет на эффективность биоремедиации почвы?

a) Температура

b) Влажность

c) Цвет почвы

d) pH

Правильный ответ: c

14. Какие микроорганизмы наиболее эффективно деградируют пестициды?

a) Молочнокислые бактерии

b) Бактерии родов *Pseudomonas*, *Sphingomonas*, *Arthrobacter*

c) Дрожжи

d) Цианобактерии

Правильный ответ: b

15. Что такое «биовентиляция» при биоремедиации почв?

a) Подача воздуха для стимуляции аэробной деградации

b) Подача метана

c) Вакуумирование

d) Нагрев почвы

Правильный ответ: a

1.2. Задания на соответствие – 5 шт.

16. Задание: Установите соответствие между группой микроорганизмов-деструкторов и типом загрязнителя.

Группа микроорганизмов	Тип загрязнителя
1. Нефтеокисляющие бактерии	A. Пестициды

2. Целлюлозолитические микроорганизмы	В. Нефть и углеводороды
3. Деструкторы ксенобиотиков	С. Растительные остатки (целлюлоза)
4. Металл-иммобилизующие бактерии	Д. Тяжёлые металлы

Правильный ответ: 1-Б, 2-В, 3-А, 4-Г

17 Задание: Установите соответствие между методом биоремедиации и его сущностью.

Метод	Сущность
1. Биоаугментация	А. Стимуляция естественной микрофлоры добавлением биогенов (азот, фосфор)
2. Биостимуляция	В. Внесение в загрязнённую среду специально выращенных штаммов-деструкторов
3. Фиторемедиация	С. Использование растений для поглощения или деградации загрязнителей
4. Биовентиляция	Д. Подача воздуха в почву для стимуляции аэробной деградации

Правильный ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г

18 Задание Установите соответствие между микроорганизмом и его способностью к деградации.

Микроорганизм	Способность
1. <i>Pseudomonas putida</i>	А. Деградация нефти и ароматических углеводородов
2. <i>Rhodococcus erythropolis</i>	В. Деградация нефти, резины, нитросоединений
3. <i>Ideonella sakaiensis</i>	С. Деградация полиэтилентерефталата (ПЭТ)
4. <i>Phanerochaete chrysosporium</i> (гриб)	Д. Деградация лигнина и ксенобиотиков

Правильный ответ: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г

19. Задание: Установите соответствие между методом оценки и контролируемым показателем при биоремедиации.

Метод оценки	Показатель
1. Газохроматографический анализ	А. Степень деградации углеводородов
2. Определение дыхания почвы	В. Микробиологическая активность (выделение CO ₂)
3. Посев на селективные среды	С. Количество микроорганизмов-деструкторов
4. Весовой метод (экстракция)	Д. Остаточное содержание нефтепродуктов

Правильный ответ: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г

20. Задание: Установите соответствие между типом загрязнителя и примером.

Тип загрязнителя	Пример
1. Углеводороды	А. ДДТ, атразин
2. Пестициды	В. Нефть, бензин, толуол
3. Тяжёлые металлы	С. Полиэтилен, ПЭТ
4. Пластмассы	Д. Свинец, кадмий, ртуть

Правильный ответ: 1-Б, 2-А, 3-Г, 4-В

1.3. Задания на установление последовательности – 5 шт.

21. Задание: Установите последовательность этапов биоремедиации нефтезагрязнённой почвы методом биоаугментации.

- А) Внесение биопрепарата (культуры нефтеокисляющих бактерий)
- В) Отбор проб для анализа остаточного содержания нефти
- С) Подготовка почвы (рыхление, увлажнение)
- Д) Контроль параметров (температура, pH, влажность)
- Е) Инкубация (от 2 недель до нескольких месяцев)

Правильная последовательность: С → А → Д → Е → В

22. Задание: Установите последовательность этапов выделения микроорганизмов-деструкторов из почвы.

- А) Посев суспензии на селективную среду с загрязнителем
- В) Отбор пробы почвы
- С) Идентификация чистой культуры (микроскопия, биохимия)
- Д) Приготовление водной суспензии (разведение)
- Е) Инкубация при 25-30°C
- Г) Выделение отдельных колоний (пересев на чистую культуру)

Правильная последовательность: В → Д → А → Е → Г → С

23. Задание: Установите последовательность оценки деструктивной активности микроорганизмов по отношению к нефти.

- А) Экстракция остаточной нефти растворителем
- В) Культивирование микроорганизмов в жидкой среде с нефтью (5-14 дней)
- С) Посев микроорганизма в колбу со стерильной минеральной средой
- Д) Добавление нефти (1-5%)
- Е) Гравиметрическое определение остаточной нефти

Г) Инкубация при оптимальной температуре на шейкере

Правильная последовательность: С → D → В → F → А → Е

24. Задание: Установите последовательность стадий фиторемедиации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами.

А) Уборка и утилизация биомассы растений (богатой металлами)

В) Посадка растений-гипераккумуляторов (ива, тополь, горчица)

С) Накопление металлов в корнях и побегах

Д) Подготовка почвы (внесение удобрений, регуляция pH)

Е) Периодический полив и уход в течение вегетационного периода

Правильная последовательность: D → В → Е → С → А

25. Задание: Установите последовательность действий при оценке токсичности почвы с помощью биотестирования (на примере инфузорий).

А) Подсчёт выживших инфузорий (или оценка подвижности)

В) Внесение тест-культуры (*Paramecium caudatum*) в пробы

С) Отбор пробы почвы

Д) Приготовление водной вытяжки из почвы (1:10)

Е) Инкубация при 20-25°C в течение 1-2 часов

Правильная последовательность: С → D → В → Е → А

1.4. Открытые вопросы (с кратким ответом) – 5 шт.

26. Что такое биоремедиация? Назовите два основных метода (по способу внесения).

Ответ: Биоремедиация – использование живых организмов (в основном микроорганизмов и растений) для очистки загрязнённой окружающей среды. Основные методы: биоаугментация (внесение искусственно выращенных штаммов-деструкторов) и биостимуляция (стимуляция естественной микрофлоры биогенами).

27. Назовите основные роды нефтеокисляющих бактерий.

Ответ: *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Mycobacterium*, *Gordonia*.

28. Как рассчитать степень очистки почвы от нефтепродуктов (в %)?

Ответ: Степень очистки (%) = $(C_0 - C_1) / C_0 \times 100\%$, где C_0 – начальная концентрация загрязнителя, C_1 – конечная концентрация после биоремедиации.

29. Какие факторы необходимо контролировать при биоремедиации нефтезагрязнённой почвы?

Ответ: Температура (15–30°C), влажность (50–70% от полной влагоёмкости), pH (6,5–8,0), содержание кислорода (аэрация), концентрация биогенных элементов (азот, фосфор – C:N:P ~ 100:10:1).

30. Что такое фиторемедиация и какие растения используются для очистки от тяжёлых металлов?

Ответ: Фиторемедиация – использование растений для извлечения или дегградации загрязнителей. Растения-гипераккумуляторы: ива, тополь, горчица, некоторые виды амаранта, бертолетии, редьки масличной.

Тема 2. Биотехнология очистки сточных вод

2.1. Тестовые задания закрытого типа (выберите один правильный ответ) – 15 шт.

31. Какой показатель характеризует содержание органических веществ в сточной воде по количеству кислорода, потребляемого микроорганизмами?

а) ХПК

б) БПК

с) pH

д) Иловый индекс

Правильный ответ: б

32. Какой показатель используется для оценки способности активного ила к осаждению?

а) БПК

б) ХПК

с) Иловый индекс

д) Доза ила

Правильный ответ: с

33. Какие микроорганизмы вызывают вспухание активного ила?

а) Молочнокислые бактерии

b) Нитевидные бактерии (Sphaerotilus, Beggiatoa)

c) Метаногенные археи

d) Инфузории

Правильный ответ: b

34. Какая температура наиболее оптимальна для мезофильного метаногенеза?

a) 20-25°C

b) 30-37°C

c) 50-55°C

d) 10-15°C

Правильный ответ: b

35. Какой микроорганизм является основным продуцентом метана в анаэробных условиях?

a) Pseudomonas

b) Methanobacterium (археи)

c) Lactobacillus

d) Bacillus

Правильный ответ: b

36. Какой параметр НЕ является нормативом качества воды для рыбохозяйственных водоёмов?

a) БПК₅

b) Содержание растворённого кислорода

c) Цвет упаковки

d) pH

Правильный ответ: c

37. Что такое иловый индекс?

a) Отношение объёма ила (мл) к массе сухого вещества (г) после 30 мин отстаивания

b) Количество бактерий в 1 г ила

c) Скорость осаждения ила

d) Температура ила

Правильный ответ: a

38. Какое устройство используется для аэробной биологической очистки сточных вод с активным илом?

a) Метантенк

b) Аэротенк

c) Биогазовый реактор

d) Компостная яма

Правильный ответ: b

39. Какой метод используется для удаления фосфора из сточных вод биологическим путём?

a) Нитрификация

b) Денитрификация

c) Биологическое дефосфатирование (аккумуляция фосфатов бактериями)

d) Осаждение известью

Правильный ответ: c

40. Какие микроорганизмы участвуют в нитрификации?

a) Nitrosomonas, Nitrobacter

b) Pseudomonas, Bacillus

c) Methanobacterium

d) Lactobacillus

Правильный ответ: a

41. Что такое ХПК?

a) Химическое потребление кислорода (окисление органики химическим путём)

b) Биохимическое потребление кислорода

c) Концентрация водородных ионов

d) Кислородный индекс

Правильный ответ: a

42. Какое значение илового индекса считается нормальным для хорошо работающего аэротенка?

a) Менее 50 мл/г

- b) 50-150 мл/г
- c) Более 200 мл/г
- d) 0 мл/г

Правильный ответ: b

43. Какой микроорганизм является индикатором хорошего качества активного ила (присутствие которых говорит о зрелом иле)?

- a) Амёбы
- b) Жгутиконосцы
- c) Стоячие инфузории (Vorticella, Opercularia)
- d) Нитевидные бактерии

Правильный ответ: c

44. Какой процесс происходит в метантенке?

- a) Аэробное окисление органики
- b) Анаэробное сбраживание с образованием биогаза
- c) Нитрификация
- d) Компостирование

Правильный ответ: b

45. Какова оптимальная доза активного ила в аэротенке (г/л)?

- a) 0,1-0,5
- b) 2-4
- c) 10-20
- d) 50-100

Правильный ответ: b

2.2. Задания на соответствие – 5 шт.

46 Задание: Установите соответствие между стадией метанового брожения и её продуктами.

Стадия	Продукты
1. Гидролиз	A. Уксусная кислота, H ₂ , CO ₂
2. Ацидогенез (кислотообразование)	B. Жирные кислоты, спирты, H ₂ , CO ₂
3. Ацетогенез	C. CH ₄ , CO ₂
4. Метаногенез	D. Мономеры (аминокислоты, сахара, жирные кислоты)

Правильный ответ: 1-Г, 2-Б, 3-А, 4-В

47 Задание: Установите соответствие между индикаторным организмом активного ила и его значением.

Организм	Значение
1. Vorticella (инфузория)	A. Хороший, зрелый активный ил
2. Нитевидные бактерии (Sphaerotilus)	B. Начало вспухания ила (дисбаланс)
3. Амёбы	C. Недавний запуск системы, молодой ил
4. Жгутиконосцы	D. Высокая нагрузка, нарушение процесса

Правильный ответ: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г

48. Задание: Установите соответствие между типом очистного сооружения и его характеристикой.

Сооружение	Характеристика
1. Аэротенк	A. Анаэробное сбраживание осадка с получением биогаза
2. Биофильтр	B. Аэробная очистка с активным илом (искусственная аэрация)
3. Метантенк	C. Аэробная очистка на загрузочном материале (биоплёнка)
4. Отстойник	D. Осаждение взвешенных веществ

Правильный ответ: 1-Б, 2-В, 3-А, 4-Г

49. Задание: Установите соответствие между методом и определяемым показателем сточной воды.

Метод	Показатель
1. Титрование бихроматом калия	A. БПК
2. Титрование по Винклеру (склянки DO)	B. ХПК
3. Гравиметрический метод (высушивание)	C. Взвешенные вещества
4. pH-метрия	D. pH

Правильный ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г

50. Задание: Установите соответствие между параметром работы аэротенка и формулой расчёта.

Параметр	Формула
1. Иловый индекс (ИИ)	A. $Q \times S_0 / (V \times a)$
2. Нагрузка на ил (Н)	B. $V_{ил} (мл) / a (г)$
3. Возраст ила (Θ)	C. $a \times V / (Q \times S_0)$

4. Доза ила (а)	D. г сухого ила / л
-----------------	---------------------

Правильный ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г

2.3. Задания на установление последовательности – 5 шт.

51. Задание: Установите последовательность процессов в биологической очистке сточных вод в аэротенке.

- А) Отстаивание активного ила во вторичном отстойнике
- В) Окисление органических веществ активным илом (аэробно)
- С) Поступление сточной воды в аэротенк
- Д) Возврат активного ила в аэротенк (рециркуляция)
- Е) Подача воздуха (аэрация)

Правильная последовательность: С → Е → В → А → Д

52. Задание: Установите последовательность этапов определения БПК.

- А) Инкубация в темноте при 20°C в течение 5 суток (БПК₅)
- В) Отбор пробы сточной воды
- С) Определение растворённого кислорода (DO) в конце инкубации
- Д) Разведение пробы (при необходимости)
- Е) Определение начального растворённого кислорода (DO)
- Ф) Расчёт БПК = (DO₀ – DO₅) × разведение

Правильная последовательность: В → Д → Е → А → С → Ф

53. Задание: Установите последовательность стадий очистки сточных вод на городских очистных сооружениях.

- А) Аэробная биологическая очистка (аэротенк)
- В) Механическая очистка (решётки, песколовки)
- С) Обеззараживание (УФ, хлор)
- Д) Вторичное отстаивание (отделение активного ила)
- Е) Первичное отстаивание
- Ф) Анаэробное сбраживание осадка (метантенк)

Правильная последовательность: В → Е → А → Д → С → Ф

54. Задание: Установите последовательность микроскопического анализа активного ила.

- А) Приготовление препарата «раздавленная капля»
- В) Отбор пробы активного ила из аэротенка
- С) Идентификация индикаторных организмов (инфузории, нитевидные бактерии)
- Д) Микроскопия при малом увеличении (×100) и большом (×400)
- Е) Оценка качества ила (структура флокул, наличие нитей)

Правильная последовательность: В → А → Д → С → Е

55. Задание: Установите последовательность процессов при вспухании активного ила.

- А) Снижение эффективности очистки
- В) Избыточное развитие нитевидных бактерий (*Sphaerotilus*, *Microthrix*)
- С) Вынос активного ила из вторичного отстойника
- Д) Ухудшение осаждения ила (высокий иловый индекс)
- Е) Увеличение нагрузки по органике или дефицит азота/фосфора

Правильная последовательность: Е → В → Д → С → А

2.4. Открытые вопросы – 5 шт.

56. Что такое БПК и ХПК? В чём разница?

Ответ: БПК (биохимическое потребление кислорода) – количество кислорода, потребляемое микроорганизмами при биохимическом окислении органических веществ за определённое время (обычно 5 суток – БПК₅). ХПК (химическое потребление кислорода) – количество кислорода, потребляемое при химическом окислении органики (бихроматом калия). ХПК всегда выше БПК, так как окисляет и биоразлагаемые, и небиоразлагаемые вещества.

57. Что такое иловый индекс и как его рассчитать? Какой иловый индекс считается нормальным?

Ответ: Иловый индекс – это объём активного ила (в мл), занимаемый 1 г сухого вещества ила после 30 минут отстаивания. Формула: ИИ = V (мл) / а (г), где а – масса сухого ила. Нормальный иловый индекс: 50–150 мл/г. При ИИ > 150 мл/г – ил плохо осаждается (вспухание).

58. Какие микроорганизмы являются индикаторами качества активного ила?

Ответ: Хороший зрелый ил: Vorticella, Opercularia, Carchesium (прикреплённые инфузории). Молодой ил: амёбы, мелкие жгутиконосцы. Вспухание ила: нитевидные бактерии (Sphaerotilus, Beggiatoa, Microthrix). Высокая нагрузка: свободноплавающие инфузории (Paramecium).

59. Опишите технологическую схему очистки сточных вод молокозавода.

Ответ: Механическая очистка (решётки, жироловка) → усреднитель (выравнивание pH и нагрузки) → флотатор (удаление взвешенных частиц) → аэротенк (аэробная очистка с активным илом) → вторичный отстойник → доочистка (биопруд или УФ) → сброс. Осадок → метантенк (биогаз) → обезвоживание.

60. Как рассчитать нагрузку на активный ил в аэротенке? Что означает высокая или низкая нагрузка?

Ответ: Нагрузка на ил (N) = $(Q \times S_0) / (V \times a)$, где Q – расход сточных вод ($m^3/сут$), S_0 – БПК поступающей воды ($г/м^3$), V – объём аэротенка (m^3), a – доза ила ($г/л$). Высокая нагрузка ($>0,5$ г БПК/(г ила·сут)) → неполное окисление, рост нитевидных бактерий. Низкая нагрузка ($<0,1$) → избыточное окисление, истаивание ила.

Тема 3. Переработка органических отходов. Биогаз и компостирование

3.1. Тестовые задания закрытого типа (выберите один правильный ответ) – 10 шт.

61. Какой компонент биогаза является энергетически ценным?

- a) CO_2
- b) CH_4 (метан)
- c) H_2S
- d) N_2

Правильный ответ: b

62. Какое оптимальное соотношение C:N для компостирования?

- a) 10:1
- b) 25-30:1
- c) 100:1
- d) 1:1

Правильный ответ: b

63. Какой микроорганизм является основным продуцентом целлюлаз при компостировании?

- a) Метаногенные археи
- b) Грибы (Trichoderma, Aspergillus)
- c) Молочнокислые бактерии
- d) Цианобактерии

Правильный ответ: b

64. Какая температура характерна для термофильной стадии компостирования?

- a) 20-30°C
- b) 40-50°C
- c) 55-65°C
- d) 80-90°C

Правильный ответ: c

65. Какой из перечисленных субстратов даёт максимальный выход биогаза ($m^3/т$)?

- a) Куриный помёт
- b) Жир (в т.ч. жировые отходы)
- c) Солома
- d) Навоз КРС

Правильный ответ: b

66. Какой газ является ингибитором метаногенеза при его накоплении?

- a) CH_4
- b) CO_2
- c) NH_3 (аммиак) и H_2S
- d) N_2

Правильный ответ: c

67. Какой метод переработки органических отходов позволяет получить биогаз?

- a) Компостирование
- b) Анаэробное сбраживание (метаногенез)
- c) Сжигание
- d) Пиролиз

Правильный ответ: b

68. Какой микроорганизм является индикатором зрелости компоста?

- a) *Escherichia coli*
- b) Нитевидные бактерии
- c) Актиномицеты (появление белого налёта)
- d) Дрожжи

Правильный ответ: c

69. Какое значение pH является оптимальным для метаногенеза?

- a) 4,0-5,0
- b) 6,8-7,5
- c) 8,5-9,5
- d) 10,0-11,0

Правильный ответ: b

70. Какой из перечисленных отходов молочной промышленности наиболее пригоден для получения биогаза?

- a) Упаковочный картон
- b) Молочная сыворотка (после нейтрализации)
- c) Стекланные бутылки
- d) Пластиковые крышки

Правильный ответ: b

3.2. Задания на соответствие – 3 шт.

71. Задание: Установите соответствие между группой микроорганизмов и их ролью при компостировании.

Группа микроорганизмов	Роль
1. Мезофильные бактерии (начальная стадия)	A. Разложение грубых волокон (целлюлозы)
2. Термофильные бактерии	B. Инициирование разложения при 20-40°C
3. Актиномицеты	C. Индикатор зрелости компоста
4. Грибы (<i>Trichoderma</i> , <i>Penicillium</i>)	D. Активное разложение при 55-65°C

Правильный ответ: 1-Б, 2-Г, 3-В, 4-А

72 Задание: Установите соответствие между типом сырья и выходом биогаза (м³/т).

Сырьё	Выход биогаза (приблизительно)
1. Навоз КРС	A. 30-50 м³/т
2. Жировые отходы	B. 400-600 м³/т
3. Силос	C. 100-200 м³/т
4. Куриный помёт	D. 200-300 м³/т

Правильный ответ: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г

73 Задание: Установите соответствие между параметром и его оптимальным значением для компостирования.

Параметр	Оптимальное значение
1. C:N	A. 50-70%
2. Влажность	B. 55-65°C (термофильная стадия)
3. pH	C. 25-30:1
4. Температура (термофильная)	D. 6,5-8,0

Правильный ответ: 1-В, 2-А, 3-Г, 4-Б

3.3. Открытые вопросы – 4 шт.

74. Опишите технологическую схему получения биогаза из навоза КРС.

***Ответ:** Сбор навоза → усреднитель (регулировка влажности и C:N) → подогрев (30–37°C – мезофильный режим) → подача в метантенк (биореактор, 20–30 дней) → сбраживание → отвод биогаза (очистка от H₂ S, CO₂) → использование (котельная, электрогенерация) → выгрузка сброженного остатка → разделение на жидкую фракцию (удобрение) и твёрдую (подстилка).*

75. Какие факторы влияют на скорость и эффективность анаэробного сбраживания?

Ответ: Температура (мезофильная 30-37°C или термофильная 50-55°C), pH (6,8-7,5), C:N (20-30:1), содержание сухих веществ (8-12%), отсутствие ингибиторов (антибиотики, аммиак, H₂S), гидравлическое время удержания (20-40 дней), перемешивание.

76. Назовите основные стадии компостирования и какие микроорганизмы на них преобладают.

*Ответ: 1) Мезофильная стадия (первые дни, 20-40°C): бактерии (*Pseudomonas*, *Bacillus*), грибы – разложение легко доступной органики. 2) Термофильная стадия (недели, 55-65°C): термофильные бактерии (*Bacillus stearothermophilus*), актиномицеты – разложение целлюлозы, гигиенизация. 3) Стадия созревания (месяцы, остывание): грибы, актиномицеты – гумификация, формирование стабильного компоста.*

77. Как оценить качество компоста? Какие показатели контролируют?

*Ответ: Физико-химические: pH (6,5-8,0), C:N (10-15:1), влажность, содержание органического углерода и азота, отсутствие фитотоксичности (всхожесть семян). Микробиологические: отсутствие патогенов (*сальмонеллы*, *E. coli*), наличие актиномицетов (индикатор зрелости).*

Тема 4. Биотехнология очистки воздуха и почвы. Инновации

4.1. Тестовые задания закрытого типа – 10 шт.

78. Какой метод очистки воздуха основан на пропускании загрязнённого воздуха через слой загрузки материала, заселённого микроорганизмами?

- a) Адсорбция на активированном угле
- b) Биофильтрация
- c) Озонирование
- d) Плазменная очистка

Правильный ответ: b

79. Какие микроорганизмы наиболее эффективны для очистки воздуха от летучих органических соединений (ЛОС)?

- a) *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, грибы
- b) *Lactobacillus*
- c) Метаногены
- d) Дрожжи

Правильный ответ: a

80. Что такое биовыщелачивание (bioleaching)?

- a) Очистка воздуха от сероводорода
- b) Извлечение металлов из руд и отходов с помощью микроорганизмов
- c) Компостирование
- d) Очистка сточных вод

Правильный ответ: b

81. Какой микроорганизм используется для биовыщелачивания меди?

- a) *Lactobacillus*
- b) *Acidithiobacillus ferrooxidans*
- c) *Escherichia coli*
- d) *Saccharomyces cerevisiae*

Правильный ответ: b

82. Какой метод биотестирования наиболее часто используется для оценки токсичности почвы?

- a) ПЦР-анализ
- b) Тест на всхожесть семян кресс-салата
- c) Микроскопия
- d) Хроматография

Правильный ответ: b

83. Что такое «дыхание почвы»?

- a) Выделение CO₂ микроорганизмами почвы
- b) Поглощение O₂ растениями
- c) Температура почвы
- d) Влажность почвы

Правильный ответ: a

84. Какой параметр НЕ является индикатором микробиологической активности почвы?

- a) Выделение CO₂ (дыхание)
- b) Разложение целлюлозы (аппликационный метод)
- c) Цвет почвы
- d) Содержание биогенных элементов (N, P)

Правильный ответ: c

85. Что такое «цифровой двойник» очистных сооружений?

- a) Компьютерная модель, имитирующая работу сооружений в реальном времени
- b) Резервная линия очистки
- c) Программа для учёта
- d) Видеокамера на сооружениях

Правильный ответ: a

86. Как ИИ применяется для мониторинга качества воды?

- a) Автоматический отбор проб
- b) Анализ спектроскопических данных и прогнозирование загрязнения
- c) Замена лабораторных анализов
- d) Печать протоколов

Правильный ответ: b

87. Какой метод используется для оценки токсичности сточной воды с помощью дафний?

- a) ПЦР
- b) Биотестирование (определение LC₅₀)
- c) Хроматография
- d) pH-метрия

Правильный ответ: b

4.2. Задания на соответствие – 2 шт.

88 Задание: Установите соответствие между методом биотестирования и тест-организмом.

Метод	Тест-организм
1. Тест на острую токсичность	A. Семена растений (кресс-салат, редис)
2. Тест на фитотоксичность	B. Дафнии (<i>Daphnia magna</i>)
3. Тест на мутагенность (Эймса)	C. Инфузории (<i>Paramecium</i>)
4. Тест на выживаемость инфузорий	D. <i>Salmonella typhimurium</i>

Правильный ответ: 1-Б, 2-А, 3-Г, 4-В

89 Задание: Установите соответствие между инновационной технологией и её применением в экологической биотехнологии.

Технология	Применение
1. Машинное обучение	A. Прогнозирование выхода биогаза
2. Цифровой двойник	B. Оптимизация режимов работы аэротенка
3. Нейросетевой анализ (ИИ)	C. Автоматическая идентификация микроорганизмов активного ила
4. Геоинформационные системы (ГИС)	D. Мониторинг загрязнения почв (пространственное распределение)

Правильный ответ: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г

4.3. Открытые вопросы – 2 шт.

90. Как проводится биотестирование токсичности почвы с помощью семян растений (фитотест)?

Ответ: Приготовление водной вытяжки из почвы (1:2–1:5) → помещение семян тест-культуры (кресс-салат, редис, овёс) на фильтровальную бумагу, смоченную вытяжкой (или в почву) → инкубация в темноте при 20–25°C в течение 3–7 дней → подсчёт всхожести (%) и измерение длины корней → сравнение с контролем (дистиллированная вода). Токсичность оценивается по снижению всхожести и угнетению роста корней (>20%).

91. Как искусственный интеллект может помочь в прогнозировании эффективности биоремедиации нефтезагрязнённых почв?

Ответ: ИИ (машинное обучение) анализирует большие массивы данных: тип почвы, концентрация нефти, температура, влажность, pH, C:N, численность деструкторов, время. Модель (нейросеть, случайный лес) обучается на исторических данных и прогнозирует время очистки до целевой

концентрации. Это позволяет оптимизировать внесение биопрепаратов и биогенов, сокращая время и стоимость биоремедиации.

КОМПЛЕКТ ТИПОВЫХ ВОПРОСОВ К ЗАЧЁТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ» (60 ВОПРОСОВ)

Модуль 1. Биоремедиация (15 вопросов)

1. Роль микроорганизмов в круговороте веществ в природе. Экологические функции микроорганизмов.
2. Биоремедиация: понятие, принципы, методы (in situ, ex situ).
3. Микроорганизмы-деструкторы ксенобиотиков. Основные группы.
4. Биodeградация нефти и нефтепродуктов. Биопрепараты для очистки почв и водоёмов.
5. Методы выделения микроорганизмов-деструкторов из почвы и воды.
6. Оценка деструктивной активности микроорганизмов по отношению к нефтепродуктам.
7. Биостимуляция и биоаугментация: сходство и различия.
8. Фиторемедиация: принципы, растения-гипераккумуляторы.
9. Биоремедиация почв, загрязнённых пестицидами и тяжёлыми металлами.
10. Факторы, влияющие на эффективность биоремедиации.
11. Расчёт эффективности биоремедиации (степень очистки).
12. Подбор микробных консорциумов для конкретных загрязнителей.
13. Мониторинг биоремедиации: методы контроля.
14. Биоплёнки и их роль в очистке окружающей среды.
15. Перспективные направления биоремедиации (пластмассы, микропластик).

Модуль 2. Очистка сточных вод (20 вопросов)

16. Классификация сточных вод. Основные загрязнители.
17. Роль микроорганизмов в самоочищении водоёмов.
18. Активный ил: состав, свойства, микрофлора.
19. Индикаторные организмы активного ила (инфузории, жгутиконосцы, нитевидные бактерии).
20. Иловый индекс: определение, расчёт, нормативные значения.
21. Аэробная биологическая очистка сточных вод. Аэротенки.
22. Биофильтры: устройство, принцип работы, преимущества и недостатки.
23. Анаэробная очистка сточных вод. Метановое брожение (стадии, микроорганизмы).
24. Метантенки: устройство, режимы работы (мезофильный, термофильный).
25. БПК и ХПК: определение, методики, значение для оценки качества воды.
26. Расчёт параметров работы аэротенка (доза ила, нагрузка, возраст ила).
27. Нитрификация и денитрификация в очистке сточных вод.
28. Биологическое удаление фосфора.
29. Дефекты работы аэротенка: вспухание ила, пенообразование.
30. Контроль качества очищенной воды. Нормативы сброса.
31. Технологическая схема очистки сточных вод молокозавода.
32. Микроскопический анализ активного ила.
33. Оценка качества очищенной воды по микробиологическим показателям.
34. Расчёт эффективности очистки сточных вод по БПК/ХПК.
35. Современные биотехнологические схемы очистки сточных вод.

Модуль 3. Переработка органических отходов (15 вопросов)

36. Классификация органических отходов (сельское хозяйство, пищевая промышленность, ЖКХ).
37. Анаэробное сбраживание органических отходов. Микроорганизмы-продуценты биогаза.
38. Стадии метанового брожения (гидролиз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез).
39. Технологии получения биогаза. Биогазовые установки.
40. Состав биогаза и его использование.
41. Расчёт выхода биогаза из различных видов органического сырья.
42. Факторы, влияющие на метаногенез (температура, pH, C:N).
43. Компостирование органических отходов. Микроорганизмы-деструкторы целлюлозы.
44. Стадии компостирования (мезофильная, термофильная, созревание).
45. Параметры компостирования (C:N, влажность, аэрация).
46. Оценка качества компоста: физико-химические и микробиологические показатели.

47. Выделение целлюлозолитических микроорганизмов из компоста.
48. Переработка отходов молочного производства (сыворотка, обезжиренное молоко).
49. Экономическая эффективность переработки отходов (биогаз, компост).
50. Разработка технологической схемы получения биогаза для сельскохозяйственного предприятия.

Модуль 4. Очистка воздуха и почвы. Инновации (10 вопросов)

51. Биотехнологические методы очистки воздуха: биофильтрация, биопромывка.
52. Микроорганизмы-деструкторы летучих органических соединений (ЛОС).
53. Расчёт параметров биофильтра для очистки воздуха.
54. Биотехнология восстановления почв, загрязнённых тяжёлыми металлами (иммобилизация, биовыщелачивание).
55. Определение микробиологической активности почвы (дыхание, разложение целлюлозы).
56. Биотестирование токсичности почвы и воды (инфузории, дафнии, семена растений).
57. Искусственный интеллект и машинное обучение в экологической биотехнологии.
58. ИИ-системы для мониторинга качества воды, воздуха и почвы.
59. Цифровые двойники очистных сооружений и биореакторов.
60. Предиктивная аналитика в управлении природоохранными процессами.

10 ТИПОВЫХ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ (для зачёта)

БИЛЕТ № 1

Теоретические вопросы:

1. Биоремедиация: понятие, принципы, методы (in situ, ex situ).
2. Активный ил: состав, свойства, микрофлора. Индикаторные организмы.

Практическая задача:

Рассчитайте степень очистки почвы от нефтепродуктов (в %), если начальная концентрация нефти составляла 5 г/кг почвы, а после биоремедиации – 0,5 г/кг.

БИЛЕТ № 2

Теоретические вопросы:

1. Биodeградация нефти и нефтепродуктов. Биопрепараты для очистки почв и водоёмов.
2. БПК и ХПК: определение, методики, значение для оценки качества воды.

Практическая задача:

Определите иловый индекс, если после 30 минут отстаивания 1 л активного ила объём осадка составил 300 мл, а масса сухого ила – 3 г.

БИЛЕТ № 3

Теоретические вопросы:

1. Стадии метанового брожения (гидролиз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез). Микроорганизмы.
2. Микроорганизмы-деструкторы ксенобиотиков. Основные группы.

Практическая задача:

Рассчитайте выход биогаза (м^3) из 10 т навоза КРС, если удельный выход биогаза составляет $30 \text{ м}^3/\text{т}$. Какой объём метана (м^3) можно получить при содержании метана 60%?

БИЛЕТ № 4

Теоретические вопросы:

1. Аэробная биологическая очистка сточных вод. Аэротенки.
2. Компостирование органических отходов. Стадии компостирования.

Практическая задача:

При микроскопии активного ила обнаружено большое количество нитевидных бактерий (*Sphaerotilus*) и высокий иловый индекс (200 мл/г). Что это означает? Какие корректирующие действия необходимо предпринять?

БИЛЕТ № 5

Теоретические вопросы:

1. Фиторемедиация: принципы, растения-гипераккумуляторы.
2. Технологическая схема очистки сточных вод молокозавода.

Практическая задача:

Рассчитайте нагрузку на активный ил в аэротенке, если: расход сточных вод $Q = 1000 \text{ м}^3/\text{сут}$, БПК поступающей воды $S_0 = 300 \text{ г/м}^3$, объём аэротенка $V = 500 \text{ м}^3$, доза ила $a = 3 \text{ г/л}$. Нормальная ли это нагрузка?

БИЛЕТ № 6

Теоретические вопросы:

1. Биотехнологические методы очистки воздуха: биофильтрация, биопромывка.
2. Искусственный интеллект и машинное обучение в экологической биотехнологии.

Практическая задача:

При биотестировании водной вытяжки из почвы на семенах кресс-салата всхожесть в контроле составила 95%, в опыте – 45%. Длина корней в контроле – 40 мм, в опыте – 12 мм. Дайте заключение о токсичности почвы.

БИЛЕТ № 7

Теоретические вопросы:

1. Анаэробная очистка сточных вод. Метантенки.
2. Биостимуляция и биоаугментация: сходство и различия.

Практическая задача:

Рассчитайте эффективность очистки сточной воды по БПК, если БПК поступающей воды = 250 мг/л, БПК очищенной воды = 15 мг/л.

БИЛЕТ № 8

Теоретические вопросы:

1. Нитрификация и денитрификация в очистке сточных вод.
2. Биологическое удаление фосфора из сточных вод.

Практическая задача:

В метантенке при переработке органических отходов pH снизился до 5,5. Какие микроорганизмы ингибируются? Какие корректирующие действия необходимо предпринять?

БИЛЕТ № 9

Теоретические вопросы:

1. Биовыщелачивание (bioleaching): принципы, микроорганизмы, применение.
2. Цифровые двойники очистных сооружений и биореакторов.

Практическая задача:

Предложите микробный консорциум для биоремедиации почвы, загрязнённой нефтью и тяжёлыми металлами (свинец). Обоснуйте выбор.

БИЛЕТ № 10

Теоретические вопросы:

1. Биотестирование токсичности почвы и воды (инфузории, дафнии, семена растений).
2. Перспективы использования биогаза в агропромышленном комплексе.

Практическая задача:

Рассчитайте количество инокулята (в м^3) для загрузки метантенка объёмом 50 м^3 , если норма внесения инокулята (зрелого сброженного осадка) составляет 20% от объёма.

ОТВЕТЫ НА ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ (краткие)

1. Степень очистки = $(5 - 0,5) / 5 \times 100\% = 90\%$
2. Иловый индекс = $300 \text{ мл} / 3 \text{ г} = 100 \text{ мл/г}$ (норма)
3. Выход биогаза = $10 \times 30 = 300 \text{ м}^3$. Метан = $300 \times 0,6 = 180 \text{ м}^3$
4. Вспухание активного ила (нитевидные бактерии). Корректировка: увеличение нагрузки, снижение возраста ила, добавление хлора или перекиси водорода
5. Нагрузка = $(1000 \times 300) / (500 \times 3) = 300000 / 1500 = 200 \text{ г БПК}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$ или $0,2 \text{ г БПК}/(\text{г ила} \cdot \text{сут})$ – нормальная (оптимум 0,2-0,5)
6. Снижение всхожести на 53%, угнетение корней на 70%. Почва токсична
7. Эффективность = $(250 - 15) / 250 \times 100\% = 94\%$

- 8 рН 5,5 ингибирует метаногены (оптимум 6,8-7,5). Корректировка: добавление щёлочи (NaOH, известь), снижение загрузки
- 9 Консорциум: нефтеокисляющие бактерии (*Pseudomonas*, *Rhodococcus*) + металл-иммобилизующие (*Bacillus*, *Pseudomonas*) + биосурфактанты (*Bacillus subtilis*) для повышения биодоступности нефти
- 10 Инокулят = $50 \times 20 / 100 = 10 \text{ м}^3$

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Лекции оцениваются по посещаемости, активности, умению выделить главную мысль.

Практические занятия оцениваются по активности работы студента на занятии, правильности выполнения заданий.

Самостоятельная работа оценивается по качеству и количеству выполненных домашних работ, грамотности в оформлении, правильности выполнения.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Критерии оценки в тестовой форме: количество баллов или удовлетворительно, хорошо, отлично. Для получения соответствующей оценки на зачете по курсу используется накопительная система балльно-рейтинговой работы студентов. Итоговая оценка складывается из суммы баллов или оценок, полученных по всем разделам курса и баллов, полученных на экзамене (зачете).

Критерии оценки уровня знаний студентов с использованием теста на экзамене или зачете по учебной дисциплине.

Оценка	Характеристики ответа студента
Отлично (зачтено)	86-100 % правильных ответов
Хорошо (зачтено)	71-85 %
Удовлетворительно (зачтено)	51- 70%
Неудовлетворительно (незачтено)	Менее 51 %

Количество баллов и оценка неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично определяются программными средствами по количеству правильных ответов к количеству случайно выбранных вопросов.

Критерии оценивания компетенций следующие:

1. Ответы имеют полные решения (с правильным ответом). Их содержание свидетельствует об уверенных знаниях обучающегося и о его умении решать профессиональные задачи, оценивается в 5 баллов (отлично) (зачтено);

2. Более 75 % ответов имеют полные решения (с правильным ответом). Их содержание свидетельствует о достаточных знаниях обучающегося и его умении решать профессиональные задачи – 4 балла (хорошо) (зачтено);

3. Не менее 50 % ответов имеют полные решения (с правильным ответом). Их содержание свидетельствует об удовлетворительных знаниях обучающегося и о его ограниченном умении решать профессиональные задачи, соответствующие его будущей квалификации – 3 балла (удовлетворительно) (зачтено);

4. Менее 50 % ответов имеют решения с правильным ответом. Их содержание свидетельствует о слабых знаниях обучающегося и его неумении решать профессиональные задачи – 2 балла (неудовлетворительно) (незачтено).