

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
Директор института
магистратуры

Космачева И.В.
«16» мая 2022 г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор института

Ястребинский Р.Н.
«16» мая 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Биотехнологические процессы в промышленности и АПК

Направление подготовки (специальность):

19.04.01 Биотехнология

Направленность программы (профиль, специализация):

Биотехнология в промышленности и агропромышленном комплексе

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Институт магистратуры

Кафедра Промышленной экологии

Белгород – 2022 г.


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 19.04.01 Биотехнология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 августа 2021 г. № 737;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  Ю.Е. Токач
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры промышленной экологии

«28» апреля 2022 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, профессор  С.В. Свергузова
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
промышленной экологии

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, профессор  С.В. Свергузова
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

«28» апреля 2022 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«16» мая 2022 г., протокол № 9

Председатель канд. техн. наук, доцент  Л.А. Порожнюк
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональная	ОПК-1. Способен анализировать, обобщать и использовать фундаментальные и прикладные знания в области биотехнологии для решения существующих и новых задач в профессиональной области	ОПК-1.1. Анализирует химический состав загрязнения окружающей среды, обобщает данные для решения реальных проблем в биотехнологии	Знания: технологических схем микробиологического производства органических удобрений, особенностей биотехнологического производства с учетом современных достижений науки и техники; применения микроорганизмов продуцентов для переработки сельскохозяйственного сырья. Умения: проводить микроскопирование биологических объектов (клеток, тканей и их частей) Навыки: подбора оптимальных режимов для выращивания микробных культур; методами анализа безопасности сельскохозяйственной продукции.
Профессиональная	ПК-4. Способен разрабатывать технологии глубокой переработки отходов сельского хозяйства и лесопромышленного комплекса с использованием биотехнологий (производственно-технологический)	ПК-4.1. Анализирует состав отходов сельского хозяйства, предлагает и разрабатывает технологии их глубокой переработки с использованием биотехнологий	Знания: промышленного использования вторичного сырья и утилизации отходов; Умения: готовить питательные среды для выращивания микроорганизмов продуцентов; Навыки: использования генетически модифицированных организмов, методами работы с культурами микроорганизмов продуцентов с использованием лабораторного и промышленного оборудования

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-1. Способен анализировать, обобщать и использовать фундаментальные и прикладные знания в области биотехнологии для решения существующих и новых задач в профессиональной области.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Биотехнологические процессы в промышленности и агропромышленном комплексе
2	Экобиотехнология
3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

2. Компетенция ПК-4. Способен разрабатывать технологии глубокой переработки отходов сельского хозяйства и лесопромышленного комплекса с использованием биотехнологий (производственно-технологический)

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Биотехнологические процессы в промышленности и агропромышленном комплексе
2	Экобиотехнология
3	Современные методы переработки промышленных и сельско-хозяйственных отходов
4	Комплексная переработка биомассы промышленных микроорганизмов
5	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единицы, 144 часа.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации – экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	55	55
лекции	17	17
лабораторные	34	34
практические		
Групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	4	4
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	89	89
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	44	44
Форма промежуточная аттестация (экзамен)	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем Курс 1 Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Объект и методы биотехнологических исследований.					
	Объекты биотехнологии: бактерии, растения, животные и человек, вирусы, вещества биологического происхождения (ферменты, нуклеиновые кислоты и др.), молекулы. Современные направления биотехнологических исследований. Роль биотехнологии в промышленности и сельском хозяйстве. Биотехнология и природные ресурсы. Преимущества биотехнологических методов по сравнению с традиционными биологическими. Генетические и общебиологические методы, используемые биотехнологией. Достижения биотехнологии в различных отраслях хозяйства (животноводстве, растениеводстве, производстве пищевых продуктов и кормов для сельскохозяйственных животных и рыбы).	2		4	6
2. Характеристика микроорганизмов продуцентов.					
	Систематика и классификация микроорганизмов. Использование отдельных групп микроорганизмов в биотехнологии (бактерии и цианобактерии; грибы; простейшие; водоросли). Классификация микроорганизмов по способу питания (автотрофы: фотоавтотрофы, хемоавтотрофы; гетеротрофы; метатрофы; паратрофы).	3		6	8
3. Экологическая биотехнология и биоэнергетика.					
	Пути решения проблем экологии и охраны окружающей среды методами биотехнологии. Переработка и утилизация промышленных отходов. Очистка промышленных стоков. Принципы биологических методов аэробной и анаэробной переработки отходов. Детоксикация и биodeградация ксенобиотиков. Прогрессивность биотехнологии в экологическом аспекте. Биотехнологические методы переработки городских стоков. Промышленные биофильтры и азротенки. Классификация биореакторов. Методы расчета биореакторов. Применения биотехнологических методов для очистки газо-воздушных выбросов и деградации ксенобиотиков. Использование микроорганизмов в качестве контроля загрязнений.	4		6	8

	Особенности протекания метанового брожения. Биогаз и технология его получения. Производство белковых препаратов на отходах животноводства. Метаногенная микрофлора, сырье и основные технологические этапы производства биогаза. Использование микроорганизмов в процессах добычи полезных ископаемых. Биотрансформация вторичных сырьевых ресурсов перерабатывающих предприятий, отходов растениеводства и животноводства.				
4. Сельскохозяйственная биотехнология.					
	Биопестициды, биогербициды, биологические удобрения (нитрагин, азотобактерин, фосфоробактерин). Технология получения биологических удобрений. Продуценты, среды, ферментационная техника. Особенности применения. Нитрагин. Азотобактерин. Биологические методы и препараты для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений и животных. Технология получения биологических препаратов (бактериальных, грибных, вирусных).	4		6	8
5. Инженерная энзимология.					
	Ферментные препараты, применяемые в промышленности. Типы ферментационных процессов твердофазное поверхностное и глубинное. Имобилизованные ферменты. Методы иммобилизации ферментов.	2		6	7
6. Клеточные технологии.					
	Культивирование тканей и клеток человека и животных. Клеточный продукт. Законодательство в области применения клеточного продукта. Основные направления клеточной инженерии растений: оздоровление и размножение генетически ценных растений, получение от культивируемых каллусных тканей веществ вторичного синтеза и криосохранение.	2		6	7
	ВСЕГО	17		34	44

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Практические работы не предусмотрены учебным планом

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 1				
1	Объект и методы биотехнологических исследований (ОПК-1)	Ознакомиться с различными видами микроскопов и основными правилами микроскопирования. Изучение морфологии и строения клеток микроорганизмов.	2	2
		Изучение прокариотической бактериальной клетки и эукариотической животной клетки.	2	2
2	Характеристика микроорганизмов продуцентов (ОПК-1).	Изучение особенности роста и развития микроорганизмов. В лабораторных условиях пронаблюдать все стадии роста и развития микроорганизмов (бактерии и дрожжи).	6	6
3	Экологическая биотехнология и биоэнергетика (ПК-4)	Изучить технологию производства бактериальных удобрений на основе клубеньковых бактерий.	6	6
4	Сельскохозяйственная биотехнология (ПК-4).	Термическая обработка образцов растительного сырья (подготовка субстрата для биотехнологического воздействия).	6	6
5	Инженерная энзимология (ПК-4).	Изучить технологические этапы получения микробных ферментов	6	6
6	Клеточные технологии (ПК-4).	Изучить процессы образования лизина в микробной клетке.	6	6
ВСЕГО:			34	34

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Выполнение курсовых проектов, курсовых работ не предусмотрены учебным планом

4.5. Содержание индивидуального домашнего задания

ИДЗ включает в себя следующие обязательные разделы:

1. *Титульный лист.*
2. *Оглавление.*

Оглавление включает наименование всех разделов и пунктов (если они имеют наименование) с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы. А также введение, заключение, список использованных источников с обязательным указанием номеров страниц. Оглавление должно иметь 2-х и 3-х уровневую структуру. Содержание работы должно строго соответствовать плану.

3. *Введение.*

Во введении должны быть приведены цели и задачи выбранной работы, обоснована актуальность изучаемой темы, определены объект и предмет исследования, сформулирована проблема исследования, отражены методы исследования, указаны сведения об объеме, количестве иллюстраций, таблиц.

4. Основная часть.

В основной части отражаются теоретические и практические исследования, расчеты обобщение результатов:

- Записать исходные данные в соответствии с вариантом.
- Сделать чертеж аппарата.
- Провести расчет в соответствии с методикой расчета.
- Сделать вывод.

Текст основной части ИДЗ может делиться на разделы, подразделы, пункты.

5. Заключение

Заключение должно содержать краткие обобщающие выводы ИДЗ, показана значимость работы, сформулирована собственная позиция по исследуемому вопросу и предложены рекомендации.

6. Список литературы

Все источники, использованные в работе над ИДЗ, включаются в список литературы.

Расчет биореакторов

Варианты задач:

1. Необходимо определить объем биореактора с пневматическим перемешиванием для получения 60 т/сут 10 %-го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре. Производственный цикл включает загрузку воды в течение 20 мин., растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью в течение 10 мин.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса - $2 \cdot 10^{-6}$ м/с, разница концентраций при массопереносе - 450 кг/м^3 , коэффициент заполнения реактора - 0,8, конечная плотность реакционной смеси - 1070 кг/м^3 .

2. Необходимо рассчитать количество биореакторов с механическим перемешиванием объемом $6,3 \text{ м}^3$ для получения 150 т/сут 10 %-го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, растворение хлорида натрия и выгрузку раствора - со скоростью $20 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 3 мм, скорость массопереноса - $1,2 \cdot 10^{-6}$ м/с, разница концентраций при массопереносе - 350 кг/м^3 , коэффициент заполнения реактора - 0,8, конечная плотность реакционной смеси - 1070 кг/м^3 .

3. Необходимо определить производительность аэрлифтного биореактора объемом 10 м^3 для получения 10 %-го раствора хлорида натрия в воде при комнатной

температуре.

Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью $20 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм , скорость массопереноса - $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$, разница концентраций при массопереносе - 300 кг/м^3 , коэффициент заполнения реактора - $0,8$, конечная плотность реакционной смеси - 1070 кг/м^3 .

4. Необходимо определить максимальный размер частиц для получения 80 т/сут 8% -го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре в аэрлифтном биореакторе объемом 10 м^3 .

Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, растворение хлорида натрия и выгрузку раствора — со скоростью $10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Скорость массопереноса $2 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$, разница концентраций при массопереносе — 400 кг/м^3 , коэффициент заполнения реактора — $0,8$, конечная плотность реакционной смеси — 1050 кг/м^3 .

5. Необходимо определить минимальную скорость массообмена для получения 50 т/сут 10% -го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре в биореактора с пневматическим перемешиванием объемом $6,3 \text{ м}^3$.

Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью $12 \text{ м}^3/\text{ч}$, растворение хлорида натрия и выгрузку раствора — со скоростью $10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм , разница концентраций при массопереносе — 300 кг/м^3 , коэффициент заполнения реактора — $0,8$, конечная плотность реакционной смеси — 1070 кг/м^3 .

6. Необходимо определить длину трубчатого реактора непрерывного действия для получения 10% -го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм , скорость массопереноса — $2 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$, разница концентраций при массопереносе — 450 кг/м^3 , средняя скорость реакционной смеси - $0,5 \text{ м/с}$.

7. Необходимо рассчитать количество секций трубчатого реактора непрерывного действия длиной 6 м для получения 15% -го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм , скорость массопереноса - $3 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$, разница концентраций при массопереносе - 500 кг/м^3 , средняя скорость реакционной смеси - $0,1 \text{ м/с}$.

8. Необходимо определить скорость реакционной смеси в трубчатом реакторе непрерывного действия длиной 60 м для получения 10% -го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 1 мм , скорость массопереноса - $8 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$, разница концентраций при массопереносе — 550 кг/м^3 .

9. Необходимо определить максимальный размер частиц для получения 10% -го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре в трубчатом реакторе

непрерывного действия длиной 120 м.

Скорость массопереноса $3 \cdot 10^{-6}$ м/с, разница концентраций при массопереносе - 450 кг/м^3 , средняя скорость реакционной смеси - $0,4$ м/с.

10. Необходимо определить минимальную скорость массообмена для получения 12 %-го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре в трубчатом реакторе непрерывного действия длиной 90 м.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 1 мм, разница концентраций при массопереносе - 350 кг/м^3 , средняя скорость реакционной смеси - $0,3$ м/с.

Пример решения задач

Необходимо определить объем биореактора с механическим перемешиванием для получения 40 т/сут 10 %-го раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Производственный цикл включает загрузку воды в течение 15 мин., растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью в течение 15 мин.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса - $2 \cdot 10^{-6}$ м/с, разница концентраций при массопереносе - 300 кг/м^3 , коэффициент заполнения реактора - $0,8$, конечная плотность реакционной смеси 1070 кг/м^3 .

1. Находим время растворения частиц хлорида натрия в воде:

1а. Для этого находим плотность частиц хлорида натрия в справочнике, составляющую 2165 кг/м^3 .

$$\tau = (2165 \cdot 110^{-3}) / (2 \cdot 10^{-6} \cdot 300) = 1804 \text{ с.}$$

1б. Находим общее время производственного цикла:

$$\tau = 1804 + 900 + 900 = 3604 \text{ с.}$$

2. Находим объем реактора:

$$V = (40000 \cdot 3604) / (24 \cdot 3600 \cdot 1070 \cdot 0,8 \cdot 1) = 1,947 \text{ м}^3$$

3. Выбираем ближайший по объему стандартный реактор: $2,0 \text{ м}^3$.

4. Находим высоту жидкости из справочных данных: $1,09 \text{ м}^3$.

5. Находим необходимое давление:

$$P = 1,2 \cdot 1,09 \cdot 1020 \cdot 9,8 + 9,9 \cdot 10^4 = 11,2 \cdot 10^4 \text{ Па, или } 1,12 \text{ атм.}$$

6. Выбираем коэффициент расхода воздуха: 25

7. Находим расход воздуха:

$$V = 25 \cdot 3,14 \cdot 0,7^2 \cdot 1,12 = 43,1 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Расчет теплообменного оборудования биореакторов

Варианты задач:

1. Рассчитать время, необходимое для охлаждения 5000 кг культуральной жидкости с теплоемкостью $c = 3000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, в биореакторе с поверхностью теплообмена 20 м^2 и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к среде - $K = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Начальная температура - $85 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная - $25 \text{ }^\circ\text{C}$, средняя разница температур теплоносителя и среды - $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. Рассчитать площадь поверхности теплообменника, необходимую для охлаждения 7500 кг культуральной жидкости с теплоемкостью $c = 2500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ за 2 ч с коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к среде — $K = 360 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Начальная температура - $75 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная - $20 \text{ }^\circ\text{C}$, средняя разница температур теплоносителя и среды - $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Рассчитать минимальный коэффициент теплопередачи от теплоносителя к среде, необходимый для охлаждения 6500 кг культуральной жидкости с теплоемкостью $c = 3500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, в биореакторе с поверхностью теплообмена 18 м^2 за 1 ч. Начальная температура - $80 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная - $20 \text{ }^\circ\text{C}$, средняя разница температур теплоносителя и среды - $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. Рассчитать минимальную разницу температур теплоносителя и среды, необходимую для охлаждения 2700 кг культуральной жидкости с теплоемкостью $c = 1800 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, в биореакторе с поверхностью теплообмена 12 м^2 и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к культуральной жидкости — $K = 450 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ за 1 ч. Начальная температура - $85 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная - $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

5. Рассчитать изменение температуры при охлаждении 6 т культуральной жидкости с теплоемкостью $c = 4300 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ в биореакторе с поверхностью теплообмена 25 м^2 и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к среде - $K = 350 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ за 1 ч при средней разнице температур теплоносителя и культуральной жидкости $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

6. Рассчитать время, необходимое для нагрева 5000 кг культуральной жидкости с теплоемкостью $c = 3000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ в биореакторе с поверхностью теплообмена 20 м^2 и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к среде — $K = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Начальная температура - $25 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная - $85 \text{ }^\circ\text{C}$, средняя разница температур теплоносителя и культуральной жидкости - $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

7. Рассчитать площадь поверхности, необходимую для нагрева 3,5 т воды с теплоемкостью $c = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ за 2 ч с коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к воде — $K = 500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Начальная температура - $25 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная $100 \text{ }^\circ\text{C}$, средняя разница температур теплоносителя и воды - $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

8. Рассчитать минимальный коэффициент теплопередачи от теплоносителя к культуральной жидкости, необходимый для нагрева 4000 кг среды с теплоемкостью $c = 2500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ в биореакторе с поверхностью теплообмена 14 м^2 за 1 ч. Начальная температура - $20 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная - $95 \text{ }^\circ\text{C}$, средняя разница температур

теплоносителя и культуральной жидкости - 30 °С.

9. Рассчитать минимальную разницу температур теплоносителя и культуральной жидкости, необходимую для нагрева 6500 кг среды с теплоемкостью $c = 3000$ Дж/(кг К), в биореакторе с поверхностью теплообмена 20 м² и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к среде - $K = 200$ В т/(м² · К) за 1 ч. Начальная температура - 85 °С, конечная - 25 °С.

10. Рассчитать изменение температуры при нагреве 4500 кг культуральной жидкости с теплоемкостью $c = 3600$ Дж/(кг К) в биореакторе с поверхностью теплообмена 25 м² и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к среде — $K = 250$ В т/(м² К) за 1 ч при средней разнице температур теплоносителя и культуральной жидкости 35 °С.

Пример решения задач

Рассчитать время, необходимое для охлаждения 8000 кг реакционной смеси с теплоемкостью $c = 4190$ Дж/(кг К) в реакторе с поверхностью теплообмена 25 м² и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси - $K = 350$ В т/(м² К).

Начальная температура — 100 °С, конечная - 20 °С, средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси - 35 °С.

1. Определяем разницу температур реакционной смеси:

$$\Delta t = 100 - 20 = 80.$$

2. Определяем количество тепла, которое необходимо отвести:

$$Q = 8000 \cdot 4190 \cdot 80 = 2,68 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

3. Определяем время необходимое для охлаждения:

$$\tau = 2,68 \cdot 10^9 / (350 \cdot 35 \cdot 25) = 8756 \text{ с.}$$

Ответ: 2 часа 26 минут.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. **Компетенция ОПК-1.** Способен анализировать, обобщать и использовать фундаментальные и прикладные знания в области биотехнологии для решения существующих и новых задач в профессиональной области.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.1. Анализирует химический состав загрязнения окружающей среды, обобщает данные для решения реальных проблем в биотехнологии.	Экзамен, защита курсовой, защита лабораторных занятий, собеседование, текущий тестовый контроль, защита ИДЗ

2. Компетенция ПК-4. Способен разрабатывать технологии глубокой переработки отходов сельского хозяйства и лесопромышленного комплекса с использованием биотехнологий.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-4.1. Анализирует состав отходов сельского хозяйства, предлагает и разрабатывает технологии их глубокой переработки с использованием биотехнологий	Экзамен, защита курсовой, защита лабораторных занятий, собеседование, текущий тестовый контроль, защита ИДЗ

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

Перечень контрольных вопросов для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Объект и методы биотехнологических исследований (ОПК-1).	<ol style="list-style-type: none"> 1. История развития биотехнологии в России и в мире. Выдающиеся ученые-биотехнологи. 2. Преимущества биотехнологии перед другими промышленными технологиями 3. Связь биотехнологии с естественными науками. 4. История развития биотехнологии. Основные направления современной биотехнологии. 5. Роль биотехнологии в промышленности и сельском хозяйстве. 6. Объекты биотехнологии. 7. Генная инженерия. 8. Новые направления биотехнологии. 9. Биотехнология и решение современных глобальных проблем человечества.
2	Характеристика микроорганизмов продуцентов (ОПК-1).	<ol style="list-style-type: none"> 10. Использование микроскопических грибов в получении кормового белка. 11. Классификация микроорганизмов по способам питания. 12. Сущность автотрофного и гетеротрофного питания. 13. Роль микроорганизмов в природе и сельском хозяйстве.
3	Экологическая биотехнология и биоэнергетика (ОПК-1).	<ol style="list-style-type: none"> 14. Биотехнологические способы очистки водных объектов. 15. Технологическая биоэнергетика и биологическая переработка минерального сырья. 16. Биотехнология в решении энергетических проблем. 17. Использование микроорганизмов в процессах добычи полезных ископаемых. 18. Биотехнология и экология. Пути решения проблем экологии и охраны окружающей среды методами биотехнологии. 19. Переработка и утилизация промышленных отходов. 20. Характеристика отходов и побочных продуктов промышленности и сельского хозяйства.

		<p>21. Переработка отходов биологическими методами.</p> <p>22. Использование микроорганизмов в качестве контроля загрязнений.</p> <p>23. Роль микроорганизмов в охране окружающей среды от загрязнений.</p> <p>24. Биотехнологические методы переработки городских стоков.</p> <p>25. Детоксикация и биodeградация ксенобиотиков.</p> <p>26. Характеристика отходов и побочных продуктов промышленности и сельского хозяйства.</p> <p>27. Переработка отходов биологическими методами.</p> <p>28. Какое оборудование используют для подачи кислорода в биореакторы.</p> <p>29. Назовите основные преимущества глубинного культивирования микроорганизмов.</p> <p>30. Какие виды теплоносителей используются в биотехнологических процессах?</p> <p>31. Назовите параметры, влияющие на интенсивность переноса тепла между теплоносителем и средой.</p> <p>32. Какой вид теплообменного оборудования находит наибольшее применение в случае биореакторов большого объема и почему?</p>
4	Сельскохозяйственная биотехнология (ПК-4).	<p>33. Устойчивость трансгенных растений.</p> <p>34. Биотехнологии в сельском хозяйстве.</p> <p>35. Энтомопатогенные препараты. Биопестициды, биогербициды, биологические удобрения (нитрагин, азотобактерин, фосфобактерин).</p> <p>36. Технология получения биологических удобрений.</p> <p>37. Биологические методы и препараты для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений и животных.</p>
5	Инженерная энзимология (ПК-4).	<p>38. Носители для иммобилизации ферментов.</p> <p>39. Иммобилизованные ферменты. Особенности процессов на основе иммобилизованных ферментов.</p> <p>40. Ферментные препараты, применяемые в промышленности.</p> <p>41. Технологические процессы с участием ферментов.</p>
6	Клеточные технологии (ПК-4).	<p>42. Типы культуры клеток и тканей.</p> <p>43. Криосохранение.</p> <p>44. Клеточная инженерия растений.</p> <p>45. Законодательство в области клеточных технологий.</p> <p>46. Культивирование клеток животных.</p>

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Выполнение курсового проекта/ курсовой работы не предусмотрено учебным планом.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в форме защиты лабораторных работ. Текущий контроль изучения теоретического материала возможен с использованием тестирования.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Контрольные вопросы
1	Объект и методы биотехнологических исследований (ОПК-1).	<p>Ознакомиться с различными видами микроскопов и основными правилами микроскопирования. Изучение морфологии и строения клеток микроорганизмов.</p> <p>Изучение прокариотической бактериальной клетки и эукариотической животной клетки.</p>	<p>1. Основные типы биотехнологических продуктов.</p> <p>2. Назовите основные стадии роста микроорганизмов.</p> <p>3. Что необходимо для выращивания любой клеточной культуры?</p> <p>4. Какие соединения - первичные или вторичные метаболиты – необходимы для роста микроорганизмов?</p> <p>5. Роль биотехнологии в технологиях будущего и основные отличия ее от других технологий.</p>
2	Характеристика микроорганизмов продуцентов (ОПК-1).	Изучение особенности роста и развития микроорганизмов. В лабораторных условиях наблюдать все стадии роста и развития микроорганизмов (бактерии и дрожжи).	<p>6. Определите отношение микроорганизмов к источникам питания и энергии.</p> <p>7. Какие сложности возникают при переходе к культивированию животных и растительных клеток?</p> <p>8. Сравните основные виды брожения. Какие микроорганизмы в них участвуют?</p> <p>9. Сравните клеточные процессы выработки энергии по эффективности. Преимущества окислительного фосфорилирования.</p> <p>10. Направления использования ферментов в биотехнологии.</p> <p>11. Особенности стадии выделения и очистки в зависимости от целевого продукта. Продукты микробного брожения и метаболизма.</p>
3	Экологическая биотехнология и биоэнергетика (ОПК-1).	Изучить технологию производства бактериальных удобрений на основе клубеньковых бактерий	<p>12. Требования, предъявляемые к микроорганизмам – продуцентам. Способы создания высокоэффективных штаммов-продуцентов.</p> <p>13. Сырье и состав питательных сред для биотехнологического производства.</p> <p>14. Способы культивирования микроорганизмов.</p> <p>15. Культивирование животных и растительных клеток.</p> <p>16. Общая биотехнологическая схема производства продуктов микробного синтеза.</p> <p>17. Получение посевного материала. Микроорганизмы, используемые в биотехнологии.</p> <p>18. Сырье для питательных сред.</p> <p>19. Состав питательной среды для био-</p>

			технологического производства (источники углерода и других питательных веществ).
4	Сельскохозяйственная биотехнология (ПК-4).	Термическая обработка образцов растительного сырья (подготовка субстрата для биотехнологического воздействия)	<p>20. Способы ферментации: аэробная и анаэробная, глубинная и поверхностная, периодическая и непрерывная, с иммобилизованным продуцентом.</p> <p>21. Особенности стадии выделения и очистки в зависимости от целевого продукта. Продукты микробного брожения и метаболизма.</p> <p>22. Направленный синтез лимонной кислоты.</p> <p>23. Получение молочной кислоты биотехнологическим способом.</p> <p>24. Получение уксусной кислоты биотехнологическим способом.</p> <p>25. Получение и использование аминокислот.</p>
5	Инженерная энзимология (ПК-4).	Изучить технологические этапы получения микробных ферментов	<p>26. Получение ферментных препаратов из сырья растительного и животного происхождения, их использование в пищевой промышленности.</p> <p>27. Получение ферментных препаратов с помощью микроорганизмов. Номенклатура микробных ферментных препаратов.</p> <p>28. Применение ферментных препаратов в пищевой промышленности.</p> <p>29. Получение биомассы микроорганизмов в качестве источника белка.</p> <p>30. Производство хлебопекарных дрожжей и их экспертиза.</p> <p>31. Современное состояние и перспективы развития пищевой биотехнологии.</p> <p>32. Биотехнологические процессы в сыроделии.</p> <p>33. Диетические свойства кисломолочных продуктов. Классификация бифидопродуктов.</p>
6	Клеточные технологии(ПК-4).	Изучить процессы образования лизина в микробной клетке.	<p>34. Биотехнологические процессы в производстве мясных и рыбных продуктов.</p> <p>35. Биотехнологические процессы в пивоварении.</p> <p>36. Биотехнологические процессы в виноделии.</p> <p>37. Спиртовое брожение, процессы, происходящие при брожении. Продукты спиртового брожения.</p> <p>38. Биотехнологические процессы в хлебопечении</p>

Перечень типовых тестовых заданий

Раздел дисциплины	Вопросы	Ответы
Объект и методы биотехнологических исследований (ОПК-1).	<p>Что позволяет осуществить биотехнология?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Получить необходимые человеку вещества с помощью живых организмов. 2. Изучать генотип человека. 	1. Получить необходимые человеку вещества с помощью живых организмов.
	<p>Какие отрасли народного хозяйства используют биотехнологии?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сельское хозяйство 2. Медицина 3. Все перечисленные 	3. Все перечисленные
Характеристика микроорганизмов продуцентов (ОПК-1).	<p>В какой отрасли промышленности не используют микроорганизмы?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Металлургической 2. Пищевой 3. Атомной 	3. Атомной
Экологическая биотехнология и биоэнергетика (ОПК-1)..	<p>Получение биогаза относится к периоду развития биотехнологии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) допастеровскому; 2) послепастеровскому; 3) управляемого биосинтеза; 4) новой и новейшей биотехнологии 	3) управляемого биосинтеза
	<p>Биогаз – это:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) смесь метана с диоксидом углерода; 2) смесь водорода с азотом; 3) пары этанола; 4) смесь водорода с диоксидом углерода. 	1) смесь метана с диоксидом углерода
Сельскохозяйственная биотехнология (ПК-4).	<p>Какой ученый выявил сущность биотехнологических процессов?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дарвин Ч. 2. Вернадский В. 3. Пастер Л. 	3. Пастер Л.
Инженерная энзимология (ПК-4).	<p>Промышленное использование иммобилизованных ферментов и клеток относится к периоду развития биотехнологии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) допастеровскому; 2) послепастеровскому; 3) управляемого биосинтеза; 4) антибиотиков. 	3) управляемого биосинтеза
Клеточные технологии (ПК-4).	<p>Каков принцип генной инженерии?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выделение и введение гена в новое генетическое окружение с целью создания организма. 2. Выделение и введение гена в родительский организм с 	1. Выделение и введение гена в новое генетическое окружение с целью создания организма.

	целью создания организма.	
	Клеточная стенка грамположительных бактерий и актиномицетов состоит из: 1) хитина; 2) пептидогликана; 3) целлюлозы; 4) липополисахаридов	2) пептидогликана
	Клеточная стенка грамотрицательных бактерий состоит из: 1) хитина; 2) пептидогликана; 3) целлюлозы; 4) липополисахаридов.	4) липополисахаридов

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	технологических схем микробиологического производства органических удобрений, особенностей биотехнологического производства с учетом современных достижений науки и техники; применения микроорганизмов продуцентов для переработки сельскохозяйственного сырья.
	промышленного использования вторичного сырья и утилизации отходов
Умения	проводить микроскопирование биологических объектов (клеток, тканей и их частей)
	готовить питательные среды для выращивания микроорганизмов продуцентов
Навыки	подбора оптимальных режимов для выращивания микробных культур; методами анализа безопасности сельскохозяйственной продукции.
	использования генетически модифицированных организмов, методами работы с культурами микроорганизмов продуцентов с использованием лабораторного и промышленного оборудования

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знания технологических схем микробиологического производства органических	Обучающийся не знает значительной части нормативной	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не	Обучающийся твердо знает подготовку документации по типо-	Обладает твердым и полным знанием материала дисци-

удобрений, особенно-стей биотехнологического производства с учетом современных достижений науки и техники; применения микроорганизмов продуцентов для переработки сельскохозяйственного сырья.	базы., допускает существенные ошибки, не может увязывать теорию с практикой, допускает существенные неточности и ошибки в ответах на вопросы.	усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения в применении теоретических положений на практике.	вым методам контроля качества технологических процессов. Правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов.	плины, владеет дополнительными знаниями
Знания промышленного использования вторичного сырья и утилизации отходов	Не знает основных сооружений для обработки осадков сточных вод.	Знаком с типовыми методами расчета технологического оборудования для эффективной обработки и утилизации осадков сточных вод.	Знает основные методы подбора и размещения технологического оборудования для эффективной обработки и утилизации осадков сточных вод, но допускает неточности.	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями. Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы.

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умения проводить микроскопирование биологических объектов (клеток, тканей и их частей)	Неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.	Умеет получать с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой.	Частично может применять глубокие базовые и специальные, естественнонаучные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач.	Умеет самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов расчетов.
готовить питательные среды для выращивания микроорганизмов продуцентов	Не может творчески применять теоретические знания при решении типовых практических задач в сфере биотехнологии	Может творчески применять теоретические знания при решении типовых практических задач в сфере биотехнологии, но допускает значительные ошибки	Может творчески применять теоретические знания при решении типовых практических задач в сфере биотехнологии, но допускает незначительные ошибки	В полном объеме может творчески применять теоретические знания при решении типовых практических задач в сфере биотехнологии

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Навыки подбора оптимальных режимов для выращивания микробных культур; методами анализа безопасности сельскохозяйственной продукции.	Не владеет навыками решения стандартных задач в сфере биотехнологии.	Частично владеет некоторыми навыками решения стандартных задач в сфере биотехнологии	Владеет навыками решения стандартных задач в сфере биотехнологии, но допускает ошибки	В полной мере владеет навыками решения стандартных задач в сфере биотехнологии
Навыки использования генетически модифицированных организмов, методами работы с культурами микроорганизмов продуцентов с использованием лабораторного и промышленного оборудования	Не владеет навыками анализа и обоснования результатов выполненных заданий с учетом современных научных представлений в сфере биотехнологии	Владеет некоторыми навыками анализа и обоснования результатов выполненных заданий с учетом современных научных представлений в сфере биотехнологии	Владеет навыками анализа и обоснования результатов выполненных заданий с учетом современных научных представлений в сфере биотехнологии, но недостаточно уверенно	В полной мере владеет навыками анализа и обоснования результатов выполненных заданий с учетом современных научных представлений в сфере биотехнологии

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№ п/п.	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель. Мультимедийный проектор, стационарный экран, ноутбук, магнитно-меловая доска
2	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, консультаций, текущего контроля, самостоятельной работы, выполнения ИДЗ	Специализированная мебель. Мультимедийный проектор, стационарный экран, ноутбук, магнитно-меловая доска Бокс ламинарный микробиологический ЛБ-1; весы лабораторные 4 класса (ВЛЭ-510); баня водяная ЛВ-8; климатостат Р2; микроскоп Levenchuk D870Т; микроскоп МБС-10; микроскоп Р-15; рН-метр рН-150МИ; шейкер-инкубатор BioScan ES-20; электрическая плитка; орбитальный шейкер ELMi S-3L.A20; дистиллятор UD-1100-10

		<p>Шейкер-инкубатор ES-20/80; биореактор Minifors 2; DH.WACR Witeg Steam стерилизатор; автоклав; комплекс лабораторного оборудования (стенд) Система водоподготовки: коагуляция и флокуляция (US-024); сушильный шкаф ULAB UT-4610; магнитная мешалка с подогревом US-4150D ULAB; весы аналитические; весы, до 0,01 г. DL-1002 DEMCOM; плита компактная электрическая УН-3545А; рефрактометр ИРФ-454 Б2Б с подвеской и дополнительной шкалой; спектрофотометр КФК-01.</p> <p>Шейкер LOIP LS-110/Q32 spec+; спектрофотометр УФ-3100 ТМ с поверкой; турбидиметр HI98703-02 port; мельница МШЛ-1СК-1/2/4 в комплекте идут сменные размольные барабаны керамические на 1л, 2л и 4л; дистиллятор UD-1100-10; рН-метр; магнитная мешалка с подогревом US-0135H ULAB; весы, до 0,01 г. DL-1002 DEMCOM; весы аналитические, до 0,0001 г. DA-224C BEL ENGINEERING; плита компактная электрическая УН-3545А; рефрактометр портативный Вrix 0-32%; рефрактометр портативный МЕГЕОН 72016; фотометр В-1200 ТМ/ЕСО</p>
3	Методический кабинет	Специализированная мебель, мультимедийный проектор, переносной экран, компьютер
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети интернет и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Комкин А.И. Расчет и проектирование систем защиты окружающей среды. Часть 1. Теоретические основы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Комкин А.И., Ксенофонов

- Б.С., Спиридонов В.С.– Электрон. текстовые данные.– М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.– 100 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31213>.– ЭБС «IPRbooks».
2. Кулифеев В.К. Комплексное использование сырья и отходов [Электронный ресурс]: переработка техногенных отходов. Курс лекций/ Кулифеев В.К., Тарасов В.П., Кропачев А.Н.– Электрон. текстовые данные.– М.: Издательский Дом МИСиС, 2009.– 91 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56062>.– ЭБС «IPRbooks».

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Электронная библиотечная система изд-ва Лань [сайт]. Режим доступа: <http://e.lanbook.com>
2. Электронно-библиотечная система IPRBooks [сайт]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» [сайт]. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [сайт]. Режим доступа: <http://elibrary.ru/>
6. Национальная электронная библиотека [сайт]. Режим доступа: <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/>
7. Электронная библиотечная система «Юрайт» [сайт]. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>
8. Электронная библиотека НИУ БелГУ [сайт]. Режим доступа: <http://library-mp.bsu.edu.ru/MegaPro/Web>
9. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [сайт]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>
10. Бюро наилучших доступных технологий (Бюро НДТ) [сайт]. Режим доступа: <https://www.burondt.ru>
11. Справочная правовая система [сайт]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
12. Справочная система ГАРАНТ [сайт]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/>
13. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [сайт]. Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru>
14. Национальная электронная библиотека [сайт]. Режим доступа: <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/>
15. Электронная библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова на базе ПО «БиблиоТех» [сайт]. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/>