

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 15 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Культивирование микроорганизмов и клеток
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 288 (8)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология
(код и наименование направления)

Направленность: Биотехнология (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Ознакомление студентов с организацией культивирования микроорганизмов как одной из основных стадий биотехнологического процесса получения биомассы и различных метаболитов; развитие понимания закономерностей и особенностей периодического и непрерывного культивирования чистых культур и микробных популяций; приобретение знаний, необходимых для освоения специальных дисциплин по направлению Биотехнология.

В процессе изучения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

- способен применять полученные знания, умения и навыки для реализации и управления биотехнологическими процессами;
- способен обеспечивать выполнение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и охраны труда.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Объектами дисциплины являются различные виды микроорганизмов, клеточные культуры высших растений и животных, а также технологические аспекты их культивирования.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-1пк-1.3	Знать закономерности кинетики роста микроорганизмов и образования продуктов метаболизма; модели роста микроорганизмов и образования продуктов ферментации; основные способы культивирования микроорганизмов и изолированных клеток; влияние условий культивирования на рост и развитие популяций микроорганизмов и клеток; типы взаимоотношений микроорганизмов в смешанных популяциях.	Знает основы природоохранных биотехнологий; технологические режимы природоохранных объектов; правила эксплуатации лабораторного оборудования; методы идентификации возбудителей бактериальных болезней.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-2пк-1.3	Уметь определять основные параметры развития культуры микроорганизмов при ферментации; оценивать эффективность и производительность ферментации; применять полученные знания, умения и навыки для реализации и управления процессами культивирования микроорганизмов и культур клеток.	Умеет проводить лабораторные исследования, замеры, анализы отобранных образцов; работать на лабораторном аналитическом оборудовании; пользоваться микробиологическими методами анализа; применять биотехнологические приемы на природоохранных объектах.	Контрольная работа
ПК-1.3	ИД-3пк-1.3	Владеть приемами поверхностного и глубинного культивирования микроорганизмов в лабораторных условиях.	. Владеет навыками проведения лабораторных исследований биообъектов; применения биотехнологических приемов для охраны окружающей среды; диагностики и идентификации биологических объектов.	Защита лабораторной работы
ПК-2.2	ИД-1пк-2.2	Знает правила работы в микробиологической лаборатории; правила асептической работы с микроорганизмами.	Знает требования к санитарно-гигиеническому состоянию помещений и оборудования микробиологических лабораторий; требования к технике проведения работ, способы контроля оборудования в микробиологической лаборатории; рецептуры основных питательных сред, методы их приготовления и стерилизации.	Контрольная работа
ПК-2.2	ИД-2пк-2.2	Уметь проводить подготовку экспериментов и сам процесс культивирования с соблюдением правил техники безопасности и санитарии	Умеет готовить дезинфицирующие средства; дезинфицировать лабораторную посуду, инструменты и другие объекты микробиологической лаборатории; вести журналы учета выполнения	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			микробиологических исследований; пользоваться справочными сборниками, нормативными документами с целью приготовления питательных сред, реактивов, растворов; применять методы стерилизации и хранения готовых питательных сред.	
ПК-2.2	ИД-3пк-2.2	Владеть приемами пересевов микроорганизмов; методами стерилизации питательных сред, инструментов и посуды.	Владеет навыками подготовки лабораторной посуды и инструментов к стерилизации; контроля работы бактерицидных установок, холодильников и термостатов; ведения журнала учета выполнения микробиологических исследований, подготовкой реактивов и составлением питательных сред по рецептуре, обеспечением условий и хранения.	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	115	58	57
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	24	8
- лабораторные работы (ЛР)	15		15
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	64	32	32
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	137	50	87
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	288	108	180

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
5-й семестр				
Введение	2	0	0	0
Основные понятия и определения в области культивирования микроорганизмов и клеток.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Модуль 1. Закрытые системы ферментации. Раздел 1. Критерии развития популяции микроорганизмов. Периодическое культивирование	11	0	12	25
Общие принципы классификации методов культивирования. Кинетические характеристики роста культур микроорганизмов: общая и удельная скорости роста, время генерации, время удвоения биомассы. Кинетика потребления субстрата и накопления продуктов биосинтеза. Макростехиометрические характеристики процесса: экономический и метаболический коэффициенты. Несбалансированный рост микроорганизмов. Тема 2. Периодическое культивирование. Кривая роста. Фазы роста, их характеристика, условия, определяющие смену фаз роста культуры. Уравнения, описывающие S-образный характер роста культур. Тема 3. Кинетика отмирания клеточной популяции. Остановка роста, апоптоз и гибель клеток. Апоптоз, теломеры и теломераза. Зависимость скорости роста от параметров клеточного цикла. Многостадийность клеточного цикла. Старение клетки в процессе роста. Кинетические модели апоптоза. Тема 4. Влияние концентрации субстрата на рост популяции микроорганизмов. Понятие "лимитирующего" субстрата. Уравнение Моно. Константа насыщения. Графические методы определения констант уравнения Моно. Метод острых опытов. Энергия поддержания. Продуктивность процесса культивирования. Съем биомассы. Тема 5. Математические модели кинетики процессов ферментации: зависимости скорости роста от концентрации субстрата, от концентрации продукта метаболизма, многофакторные кинетические уравнения, уравнения диссимилиации биомассы. Тема 6. Влияние температуры и pH среды на процессы роста культур. Двухфазовый рост. Преимущества и недостатки периодического культивирования микроорганизмов. Сферы применения.				
Модуль 2. Проточные методы культивирования микроорганизмов. Раздел 2. Полунепрерывные и непрерывные метода культивирования микроорганизмов.	11	0	20	25
Тема 7. Объемно-доливной метод культивирования. Особенности организации, преимущества и				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>недостатки. Расчет продуктивности. Диализная культура.</p> <p>Тема 8. Тубулярная культура. Принцип реализации. Применение. Расчет продуктивности метода.</p> <p>Тема 9. Непрерывные методы ферментации. Хемостатное культивирование: организация, параметры, расчет продуктивности, сравнение продуктивности, сравнение продуктивности периодического и непрерывного культивирования. Авторегуляция параметров при хемостатном культивировании. Хемостатные кривые при лимитировании различными субстратами. Лимитирование и ингибирование процесса хемостатного культивирования. Конкурентный и неконкурентный ингибиторы. Хемостатные кривые в зависимости от ингибитора. Хемостат с рециркуляцией. Каскад хемостатов. Параллельное соединение хемостатов. Метод импульсных добавок при подборе питательной среды. Преимущества и недостатки непрерывного способа культивирования микроорганизмов. Организация турбидостатного культивирования. Автоселекционные процессы в хемостате и турбидостате. Синхронные культуры: получение, использование.</p> <p>Тема 10. Непрерывное культивирование микроорганизмов с внешним контуром регулирования параметров: оксистат, респиростат, рН-стат, нитристат, теплостат. Управляющие воздействия при их реализации.</p> <p>Тема 11. Типы взаимодействия между микроорганизмами: мутуализм, комменсализм, аменсализм, пищевая конкуренция. Особенности культивирования смешанных популяций микроорганизмов. Влияние внешних факторов на состав смешанных популяций при культивировании.</p>				
ИТОГО по 5-му семестру	24	0	32	50
6-й семестр				
Модуль 3. Культивирование культур клеток растений и животных. Раздел 3. Теоретические основы культивирования клеток.	8	0	32	57
<p>Тема 12. Культивирование растительных клеток. Методы, питательные среды и условия культивирования клеток растений. Фазы роста растительных клеток, их характеристика. Динамика роста популяции растительных клеток. Способы культивирования клеток растений. Ограничения к культивированию растительных клеток в проточном режиме.</p> <p>Тема 13. Культивирование клеток животных.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Способы и условия культивирования животных клеток. Особенности и возможности использования разных способов культивирования. Динамика развития клеточных линий. Влияние физических, химических и биологических факторов. Монослойные и суспензионные клеточные культуры. Типы культуральных систем для непроточных и проточных культур. Монослойные культуры: требования к поверхности субстрата, рост клеток в монослое, монослойное культивирование на микроносителях.</p> <p>Тема 14. Использование культуры клеток для хранения генофонда. Методы замедления роста культур в условиях <i>in vitro</i>. Способы хранения и поддержания клеточных культур. Криоконсервирование. Лиофилизация. Факторы, влияющие на выживание клеток, хранящихся при низких температурах. Криопротекторы. Коллекции клеточных культур. Создание и развитие российской коллекции клеточных культур.</p>				
<p>Модуль 4. Рост микроорганизмов в периодической (статической культуре). Раздел 4. Влияние условий культивирования на показатели роста микроорганизмов.</p>	0	15	0	30
<p>Тема 15. Влияние условий аэрирования среды на накопление биомассы. Культивирование микроорганизмов в периодическом режиме. Характеристика и определение основных параметров роста культур в зависимости от условий аэрирования. Тема 16. Влияние концентрации азота и фосфора в среде на рост микроорганизмов. Влияние состава среды культивирования на рост и развитие микробной популяции в периодическом режиме. Закономерности роста микроорганизмов в присутствии различных факторов роста. Тема 17. Оценка продолжительности лаг-фазы в зависимости от pH среды культивирования. Кривая роста. Влияние физико-химических условий культивирования на параметры кривой роста (длительность лаг-фазы, смену фаз) и основные кинетические (скорость роста, время генерации) параметры роста микробной культуры. Тема 18. Влияние дрожжевого автолизата на удельную скорость роста микроорганизмов. Кривая роста. Кинетическая характеристика роста и выход биомассы при ферментации.</p>				
ИТОГО по 6-му семестру	8	15	32	87
ИТОГО по дисциплине	32	15	64	137

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Общие принципы классификации методов культивирования микроорганизмов. Расчет кинетических и макростехиометрических параметров культивирования микроорганизмов.
2	Построение кривой роста микроорганизмов по представленным экспериментальным данным. Решение задач.
3	Определение кинетических параметров отмирания клеточной популяции.
4	Нахождение максимальной удельной скорости роста микроорганизмов и константы насыщения методами Лайнуивера и Бэрка, Корниш-Бодена. Решение задач.
5	Определение энергии поддержания. Истинный и кажущийся экономический коэффициент.
6	Двухфазный рост, условия синтеза вторичных метаболитов.
7	Расчет параметров отъемно-доливного способа культивирования.
8	Практическое определение параметров тубулярной культуры.
9	Решение задач по расчету хемостата. Нахождение параметров культивирования при организации циркуляции в хемостате и при различном соединении хемостатов. Конкурентный и неконкурентный ингибиторы. Хемостатные кривые и зависимости от ингибитора. Сравнение производительности периодического и непрерывного культивирования микроорганизмов.
10	Скорость потребления кислорода. Управление величиной объемного коэффициента массопередачи в оксигенаторе.
11	Влияние внешних факторов на состав смешанных популяций при культивировании.
12	Методы и условия культивирования клеток растений
13	Динамика роста популяции растительных клеток
14	Способы и условия культивирования протопластов
15	Способы и условия культивирования животных клеток. Особенности и возможности использования разных способов культивирования
16	Динамика развития клеточных линий и влияние физических, химических и биологических факторов
17	Культивирование животных клеток на микроносителях. Типы культуральных систем для непроточных и проточных культур
18	Монослойные и суспензионные культуры как основные варианты культивирования животных клеток
19	Способы хранения и поддержания клеточных культур
20	Коллекции клеточных культур. Создание и развитие российской коллекции клеточных культур

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Влияние условий аэрирования среды на накопление биомассы.

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
2	Влияние концентрации азота и фосфора в среде на рост микроорганизмов.
3	Оценка продолжительности лаг-фазы в зависимости от pH среды культивирования.
4	Влияние дрожжевого автолизата на удельную скорость роста микроорганизмов.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически. 2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела. 3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу. 4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
-------	---	-------------------------------------

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Бирюков В. В. Основы промышленной биотехнологии : учебное пособие для вузов / В. В. Бирюков. - М.: КолосС, Химия, 2004.	86
2	Виноградова А. В. Культивирование микроорганизмов : учебное пособие / А. В. Виноградова, Г. А. Козлова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	40
3	Егорова Т.А. Основы биотехнологии: учеб. пособие для вузов/ Т.А. Егорова, С.М. Клунова, Е.А. Живухина : учеб. пособие для вузов / Т.А. Егорова, С.М. Клунова, Е.А. Живухина. - Москва: Academia, 2005.	13
4	Луканин А. В. Инженерная биотехнология: процессы и аппараты микробиологических производств : учебное пособие / А. В. Луканин. - Москва: ИНФРА-М, 2016.	4
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Виноградова А. В. Культивирование микроорганизмов : учебное пособие / А. В. Виноградова, Г. А. Козлова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	40
2	Гусев М. В. Микробиология : учебник для вузов / М. В. Гусев, Л. А. Минеева. - Москва: Academia, 2003.	34
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Зайцева Т. А. Микробиология и биотехнология : лабораторный практикум / Т. А. Зайцева, Л. В. Рудакова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	15

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Биотехнология : учебник для высш. пед. проф. образования / С.М. Клунова, Т.А. Егорова, Е.А. Живухина. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с..	https://fileskachat.com/download/40272_96aaf61c6d9c5c03dd91973684a99156.html	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Культивирование микроорганизмов как основа биотехнологического процесса : учебное пособие / Е. С. Алешина, Е. А. Дроздова, Н. А. Романенко, Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2017. – 191 с.	https://elib.pstu.ru/vufind/Record/iprbooks71282	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Тишин В.Б., Головинская О.В. Эксперимент и поиск математических моделей кинетики биологических процессов: Учеб. пособие	URL: http://www.iprbookshop.ru/65378.html	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Тишин В.Б., Головинская О.В. Эксперимент и поиск математических моделей кинетики биологических процессов: Учеб. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 111 с.	https://books.ifmo.ru/file/pdf/1751.pdf	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных компании Springer Customer Service Center GmbH	http://link.springer.com/ http://www.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	https://dvs.rsl.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Автоклав	1
Лабораторная работа	Автоклав ВК-75	1
Лабораторная работа	Анализатор "Эксперт ХПК, БПК"	1
Лабораторная работа	Бактерицидный бокс	2
Лабораторная работа	Вакуумный испаритель RVO-64	1
Лабораторная работа	Весы VIBRA	1
Лабораторная работа	Весы аналитические ВЛР -200	2
Лабораторная работа	Дистиллятор ДЭ-10	1
Лабораторная работа	Инкубатор ES-20	1
Лабораторная работа	Иономер лабораторный И-130, И-160	3
Лабораторная работа	Качалка термостатируемая КТ-103	4
Лабораторная работа	Компьютер	3
Лабораторная работа	Магнитная мешалка ММ-5	3
Лабораторная работа	Микроскоп МС-50	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Насос вакуумный ЗНВР-1Д	1
Лабораторная работа	Печь муфельная СНОЛ	1
Лабораторная работа	Печь нагревательная (СВЧ) LG	1
Лабораторная работа	Принтер-копир "XEROX"	2
Лабораторная работа	Термостат ТС-80	2
Лабораторная работа	Токсикологический экспресс-анализатор "Биотокс-10"№	1
Лабораторная работа	Фотоэлектрокалориметр КФК-3	2
Лабораторная работа	Холодильник "Stinol"	1
Лабораторная работа	Центрифуга ОПН-8УХЛ 4,2	2
Лабораторная работа	Шкаф сухожаровой ШС-80-01 СПУ	1
Лабораторная работа	Шкаф сушильный ШС-80	1
Лекция	Ноутбук Toshiba Satellite P100-257	1
Практическое занятие	Ноутбук Toshiba Satellite P100-257	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Культивирование микроорганизмов и клеток»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 19.03.01. Биотехнология

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** Биотехнология

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Химии и биотехнологии

Форма обучения: Очная

Курс: 3

Семестр: 5,6

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 8 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 288 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачёт: 5 семестр

Экзамен: 6 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «**Культивирование микроорганизмов и клеток**» является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (5 и 6-го семестра учебного плана). В дисциплине предусмотрены аудиторские лекционные, практические, лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, практических и лабораторных работ и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	Зачет	Экзамен
Усвоенные знания						
3.1 Знать закономерности кинетики роста микроорганизмов и образования продуктов метаболизма; модели роста микроорганизмов и образования продуктов ферментации; основные способы культивирования микроорганизмов и изолированных клеток; влияние условий культивирования на рост и развитие популяций микроорганизмов и клеток; типы взаимоотношений микроорганизмов в смешанных популяциях		ТО		КР1		К31
3.2 Знает правила работы в микробиологической лаборатории; правила асептической работы с микроорганизмами		ТО				К32
Освоенные умения						
У.1 Уметь определять основные параметры развития культуры микроорганизмов при ферментации; оценивать эффективность и производительность ферментации; применять полученные знания, умения и навыки для реализации и управления процессами культивирования микроорганизмов и культур клеток.			ОЛР2	КР2 КР3		К33
У.2 Уметь проводить подготовку экспериментов и сам процесс культивирования с соблюдением правил			ОЛР1			

техники безопасности и санитарии						
Приобретенные владения						
В.1 Владеть приемами поверхностного и глубинного культивирования микроорганизмов в лабораторных условиях.		КР1	ОЛР3			
В.2 Владеть приемами пересевов микроорганизмов; методами стерилизации питательных сред, инструментов и посуды.			ОЛР1			

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета в 5 семестре и экзамена в 6 семестре, проводимые с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме проводимого семинара. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в

книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации. Творческая активность студента на практических занятиях оценивается в баллах по каждому разделу учебного модуля.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме контрольных работ, защиты отчетов по лабораторным работам.

2.2.1. Защита отчетом по лабораторным работам

Рубежный контроль для комплексного оценивания освоенных знаний, умений и приобретенных владений осуществляется в виде защиты отчета по лабораторным работам. Лабораторные работы предусмотрены РПД в 6 семестре. Всего запланировано 3 лабораторные работы, темы и количество отведенных часов приведены в РПД. Отчеты выполняет индивидуально каждый студент и сдает преподавателю для проверки.

Таблица 2.2.1. Шкала и критерии оценки защиты лабораторных работ

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
5	Максимальный уровень	<i>Задание по лабораторной работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</i>
4	Средний уровень	<i>Задание по лабораторной работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к лабораторной работе не полностью соответствует требованиям</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил задание к лабораторной работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в лабораторной работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</i>

2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не выполнил все задания лабораторной работы и не может объяснить полученные результаты.</i>
---	----------------------------------	--

Результаты защиты лабораторных работ по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Тематика примерных тем лабораторных работ:

1. Определение концентрации абсолютно сухой биомассы. Зависимость концентрации биомассы от оптической плотности культуры
2. Определение концентрации белка
3. Имобилизация микробных биокатализаторов включением в гели

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Контрольные работы предусмотрены по блокам тем при изучении дисциплины. В 5 семестре предусмотрены две контрольных работы, в 6 семестре предусмотрена одна контрольная работа.

Типовые задания контрольных работ №1, №2, №3:

1. Оптимизация рН питательной среды позволила изменить время удвоения культуры с 55 до 48 мин. Как вы оцените с помощью экспоненциальной модели роста, насколько изменится время достижения плотности популяции 108 кл/мл, если концентрация инокулята 105 кл/мл (изменением концентрации субстрата можно пренебречь)?

2. При аэробном росте культуры экономический коэффициент по субстрату равен 0,5, начальная концентрация источника углерода 1,8 мас. %. Какая максимальная концентрация биомассы может быть достигнута в ходе культивирования (начальной концентрацией клеток можно пренебречь)?

3. Культура растет на глюкозе с параметрами уравнения Моно $V_{max} = 0,045$ мин⁻¹, $K_m = 10-4$ моль/л. При каких концентрациях глюкозы могут быть достигнуты скорости роста, составляющие соответственно 30, 50 и 80 % от максимальной?

4. В условиях предыдущей задачи как вы оцените, при какой степени превращения глюкозы ($S_0 = 1,5$ мас. %) скорость роста популяции уменьшится вдвое, если рост тормозится продуктом с константой $K_p = 10-3$ моль/л?

5. В ряде случаев удобно использовать понятие удельной скорости метаболизма q , определяемой как скорость потребления субстрата, отнесенная к концентрации биомассы. Как вы объясните связь этой величины с удельной скоростью роста и удельной скоростью образования продуктов, связанных с ростом?

Шкала и критерии оценки результатов контрольной работы приведены в таблице 2.2.2.

Таблица 2.2.2. Шкала и критерии оценки результатов контрольной работы

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
5	Максимальный уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также неспособен пояснить полученный результат.</i>

Результаты контрольных работ по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача творческого задания, теста и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации в 5 семестре без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения текущего и рубежного контроля по данной дисциплине.

2.4.2. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций в 5 семестре

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в*

рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Оценка освоения знаний вносится в оценочный лист как интегральный результат текущего контроля, оцениваемого в ходе работы на практических занятиях и как итог оценивания контрольной работы №1. Оценка освоения умений вносится в оценочный лист как итог оценивания по 4-балльной шкале результатов выполнения контрольной работы №2. Оценка освоения владений вносится в оценочный лист как итог оценивания контрольной работы №1. По трем оценкам, внесенным в оценочный лист, вычисляется среднеарифметическое значение по 4-балльной шкале и после округления определяется отметка на зачете по дисциплине.

Оценочный лист по дисциплине «Культивирование микроорганизмов»

№ п/п	Фамилия. И.О.	Оценка				Зачет по дисциплине
		Знания (ТО, КР1)	Умения (КР2)	Владения (КР1)	Среднее арифметическое	

В случае среднеарифметической отметки 3,7 или выше ставится зачет по дисциплине, в случае отметки ниже 3,7 ставится незачет по дисциплине.

2.4.3. Процедура промежуточной аттестации в 6 семестре

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

2.4.4. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций в 6 семестре

При оценке уровня сформированности компетенций считается, что полученная оценка за компонент компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Оценка освоения знаний вносится в оценочный лист как интегральный результат ответа студента на теоретические вопросы экзаменационного билета (комплексное задание 1,2 экзамена). Оценка освоения умений вносится в оценочный

лист как итог оценивания по 4-бальной шкале результатов выполнения контрольной работы №3, защит лабораторных работ №1 и №2, результат выполнения комплексного задания экзамена (КЗ3). Оценка освоения владений вносится в оценочный лист как итог оценивания защит лабораторных работ №1 и №3. По трем оценкам, внесенным в оценочный лист, вычисляется среднеарифметическое значение по 4-бальной шкале и после округления определяется отметка на экзамене по дисциплине.

Оценочный лист по дисциплине «Культивирование микроорганизмов и клеток»

№ п/п	Фамилия И.О.	Оценка				Оценка по дисциплине	
		Знания		Умения	Владения		Среднее арифметическое
		КЗ1	КЗ2				