

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 20.01.2026 18:02:08

Уникальный программный ключ: «Пермская государственная фармацевтическая академия»
d56ba45a9b6e5c64a319e2c5ae3bb2cddfb8d0af0
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии

УТВЕРЖДЕНА
решением кафедры

Протокол № 4 от «19» октября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.22 Процессы и аппараты биотехнологии

(индекс, наименование дисциплины, в соответствии с учебным планом)

Б1.О.22 ПиАБТ

(индекс, краткое наименование дисциплины)

19.03.01 Биотехнология

(код, наименование направления подготовки (специальности)

Фармацевтическая биотехнология

(направленность(и) (профиль (и)/специализация(ии)

Бакалавр

(квалификация)

Очная

(форма(ы) обучения)

Год набора - 2026

Пермь, 2025 г.

Авторы–составители:

д-р. фармацевт. наук, заведующий кафедрой промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии, профессор Орлова Е.В.

канд. фармацевт. наук, доцент кафедры промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии Мальгина Д.Ю.

Заведующий кафедрой промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии, д-р. фармацевт. наук, профессор Орлова Е.В.

Согласовано Центральным методическим советом ФГБОУ ВО ПГФА Минздрава России
протокол от 05.12.2025 г. № 2.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2.	Объем и место дисциплины в структуре ОПОП.....	5
3.	Содержание и структура дисциплины	5
4.	Фонд оценочных средств по дисциплине.....	7
5.	Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины.....	10
6.	Учебная литература для обучающихся по дисциплине	10
7.	Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы	10

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы

1.1. Дисциплина Б1.О.22 Процессы и аппараты биотехнологии обеспечивает овладение следующими компетенциями:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-4	Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ИДОПК-4.1	Владеет базовыми инженерными навыками для решения задач в области профессиональной деятельности	– сформированы знания: об общих теоретических закономерностях гидромеханических, тепло- массообменных процессов, о принципах действия и устройстве основных аппаратов в фармацевтической технологии;
ОПК-5	Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	ИДОПК-5.1	Применяет знания теоретических основ ведения биотехнологических процессов при эксплуатации технологического оборудования, выполнении технологических операций	– сформированы умения: определять по справочным данным основные характеристики механических, гидромеханических, тепловых, массообменных процессов;

2. Объем и место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.22 Процессы и аппараты биотехнологии, относится к базовой части ОПОП, 3 курс, 5 и 6 семестр ее освоения в соответствии с учебным планом, общая трудоемкость дисциплины 252 ч /7 зачётных единиц (з. е.).

Количество академических часов, выделенных на контактную работу с преподавателем: 160 ч, из них лекций - 52 ч, лабораторных занятий – 108 ч, самостоятельной работы – 56 ч.

Форма промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом - экзамен – 36 ч.

3. Содержание и структура дисциплины

3.1. Структура дисциплины.

№ п/п	Наименование тем	Объем дисциплины, час.			Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации		
		Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий	СР			
Очная форма обучения							
Семестр №5							
1.	Введение в процессы и аппараты биотехнологии. Классификация процессов.	5	2	2	1		
2.	Гидромеханические процессы. Перемешивание в жидких средах.	5	2	2	1		
3.	Процесс диспергирования	7	2	4	1		
4.	Псевдоожижение	7	2	4	1		
5.	Отстаивание под действием гравитационного поля	7	2	4	1		
6.	Осаждение под действием центробежной силы	7	2	4	1		
7.	Фильтрование. Оборудование для фильтрования	7	2	4	1		
8.	Центрифугирование. Оборудование для центрифугирования	7	2	4	1		
9.	Газовые дисперсные системы. Разделение неоднородных газовых систем	7	2	4	1		
10.	Система вентиляции, фильтрация воздуха	6,5	2	4	0,5		
11.	Вентиляция производственных объектов	6,5	2	4	0,5		
Итого за семестр №5:		72	22	40	10		
Семестр №6							
12.	Основы мембранных процессов	10	2	4	4		
13.	Баромембранные процессы	10	2	4	4		
14.	Механические процессы	10	2	4	4		
15.	Тепловые процессы. Нагрев, охлаждение. Организация процессов стерилизации/депирогенизации в биотехнологии. Валидация стерилизации	10	2	4	4		
16.	Процесс замораживания-оттаивания. Про-	16	4	8	4		

№ п/п	Наименование тем	Объем дисциплины, час.			Форма тек- ущего контроля успеваемо- сти, про- межуточ- ной атте- стации
		Всего	Контактная ра- бота обучаю- щихся с препо- давателем по видам учеб- ных занятий	СР	
		Л	ЛЗ	ПЗ	
	цесс плавления- отверждение				
17.	Массообменные процессы. Сорбционные процессы (абсорбция, адсорбция)	14	2	8	4
18.	Процесс перегонки (ректификации)	14	2	8	4
19.	Процесс экстракции	10	2	4	4
20.	Процесс растворения, кристаллизации	10	2	4	4
21.	Процесс сушки	10	2	4	4
22.	Сублимационная сушка	16	4	8	4
23.	Частные процессы и аппараты биотехнологии. Культивирование микроорганизмов. Приготовление питательных сред	14	4	8	2
24.	Промежуточная аттестация	36			
Итого за семестр №6		180	30	68	46
Всего:		252	52	108	56

3.2 Содержание дисциплины

5 семестр.

Введение в процессы и аппараты биотехнологии. Классификация процессов.

Гидромеханические процессы. Перемешивание в жидких средах.

Процесс диспергирования

Образование дисперсных систем. Дисперсионные среды. Дисперсные фазы.

Псевдоожижение

Псевдоожижение зернистого слоя

Отстаивание под действием гравитационного поля

Методы разделения неоднородных систем. Оборудование для отстаивания.

Осаждение под действием центробежной силы

Методы разделения неоднородных систем. Оборудование для осаждения.

Фильтрование. Оборудование для фильтрования

Разделение неоднородных жидкостных систем. Фильтры, методы испытаний

Центрифугирование. Оборудование для центрифугирования

Центрифуги промышленные. Методы испытаний.

Газовые дисперсные системы. Разделение неоднородных газовых систем

Разделение неоднородных газовых систем. Фильтры очистки воздуха общего назначения

Система вентиляции, фильтрация воздуха

Фильтры тонкой очистки воздуха

Вентиляция производственных объектов

Изучение воздушных потоков в помещениях.

6 семестр

Основы мембранных процессов

Классификация мембран. Движущие силы мембранных процессов.

Баромембранные процессы

Ультрафильтрация, обратный осмос

Механические процессы

Измельчение, классификация, прессование.
Тепловые процессы. Нагрев, охлаждение. Процесс конденсации, парообразования (кипение, выпаривание, сгущение)
Организация процессов стерилизации/депирогенизации в биотехнологии
Оборудование для стерилизации и депирогенизации. Валидация стерилизации
Процесс замораживания-оттаивания. Процесс плавления- отверждение
Применение холодильного и морозильного оборудования в биотехнологическом производстве
Массообменные процессы. Сорбционные процессы (абсорбция, адсорбция)
Сорбенты в биотехнологическом производстве.
Процесс перегонки (ректификации)
Оборудование для ректификации. Ректификационные колонны
Процесс экстракции
Оборудование для экстракции. Экстракторы. Экстрагенты.
Процесс растворения, кристаллизации
Процесс сушки (ч.1)
Сушка термостабильных веществ
Процесс сушки (ч.2)
Сублимационная сушка термолабильных биотехнологических продуктов.
Частные процессы и аппараты биотехнологии. Культивирование микроорганизмов. Приготовление питательных сред

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Формы и материалы текущего контроля.

4.1.1 В ходе реализации дисциплины Б1.О.22 Процессы и аппараты биотехнологии используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся: опрос. Форма промежуточной аттестации – экзамен, оценочное средство- тест. Материалы приведены в ФОС.

4.1.2 Оценочные средства.

Оценка результатов выполнения заданий оценочных средств осуществляется на основе их соотнесения с планируемыми результатами обучения по дисциплине и установленными критериями оценивания сформированности закрепленных компетенций.

Опрос:

Вопросы по темам семестра 5.

1. Введение в процессы и аппараты биотехнологии. Классификация процессов

1. Что такое биотехнология с точки зрения инженерной практики?
2. По каким ключевым критериям классифицируют процессы в биотехнологии?
3. Перечислите 6 основных групп технологических процессов в биотехнологии и кратко охарактеризуйте каждую.
4. В чём принципиальное отличие биохимических процессов от химических?
5. Приведите по 2 примера для каждой группы процессов (гидромеханические, тепловые, массообменные, химические, биохимические, механические).
6. Чем отличаются периодические, непрерывные и полупериодические процессы? Приведите примеры из биотехнологии.
7. Какова основная цель промышленных биотехнологических процессов?

2. Гидромеханические процессы. Перемешивание в жидких средах

1. Что понимается под гидромеханическими процессами? На каких законах они основаны?
2. Дайте определение перемешивания в жидких средах. Каковы его основные цели?
3. Перечислите и кратко опишите 3 способа перемешивания.
4. В чём отличие механического перемешивания от пневматического?

5. Для чего применяют перемешивание в трубопроводах? Какие устройства используют?
6. Как циркуляционное перемешивание отличается от других видов?
7. Приведите пример промышленного аппарата для перемешивания и опишите его принцип работы.

3. Процесс диспергирования

1. Что означает термин «диспергирование»? Каково его происхождение?
2. Какие конечные продукты получают в результате диспергирования?
3. В каких биотехнологических процессах применяют диспергирование?
4. От чего зависит степень дисперсности получаемой системы?
5. Какие факторы влияют на эффективность диспергирования жидкостей?
6. Приведите пример оборудования для диспергирования твёрдых тел.
7. Каковы основные технологические параметры процесса диспергирования?

4. Псевдоожижение

1. Что представляет собой процесс псевдоожижения?
2. Чем псевдоожижение отличается от сжижения?
3. Какие материалы можно переводить в псевдоожженное состояние?
4. Какие физические явления лежат в основе псевдоожижения?
5. Где применяется псевдоожижение в биотехнологических производствах?
6. Какие параметры контролируют при псевдоожижении?
7. Каковы преимущества использования псевдоожженного слоя в биореакторах?

5. Отстаивание под действием гравитационного поля

1. Что такое отстаивание? На каком физическом законе оно основано?
2. Опишите механизм процесса отстаивания в жидкой среде.
3. Что показывает закон Стокса применительно к отстаиванию?
4. Для каких систем отстаивание является наиболее эффективным методом разделения?
5. В каких аппаратах проводят отстаивание? Назовите 2–3 типа.
6. Каковы основные цели отстаивания в биотехнологическом производстве?
7. Какие факторы влияют на скорость отстаивания?

6. Осаждение под действием центробежной силы

1. В чём суть процесса осаждения под действием центробежной силы?
2. Запишите формулу центробежной силы и объясните значение каждого параметра.
3. Почему скорость осаждения в центробежном поле выше, чем в гравитационном?
4. Перечислите два основных способа создания поля центробежных сил.
5. В каких промышленных аппаратах реализуют осаждение под действием центробежной силы?
6. Сравните эффективность отстаивания и центрифугирования.
7. Приведите пример биотехнологического процесса, где применяют центрифугирование.

7. Фильтрование. Оборудование для фильтрования

1. Что такое фильтрование? Каков его основной принцип?
2. Какую роль играет разность давлений в процессе фильтрования?
3. Что образуется на фильтрующей перегородке в ходе процесса?
4. От чего зависит производительность фильтра и чистота фильтрата?
5. Перечислите 4 типа промышленного фильтровального оборудования.
6. В чём особенности барабанного вакуум-фильтра?
7. Как выбирают материал фильтрующей перегородки для биотехнологических процессов?

8. Центрифугирование. Оборудование для центрифугирования

1. Что представляет собой центрифугирование? Какие фазы образуются в результате?
2. Назовите основной конструкционный элемент любой центрифуги.
3. Чем отличаются отстойные и фильтрующие центрифуги?
4. Что такое сепарация? Приведите пример процесса сепарации.
5. Каковы преимущества гидроциклонов перед центрифугами?
6. Перечислите основные типы центрифуг по конструкции ротора.

7. Какие параметры контролируют при центрифугировании биомассы?

9. Газовые дисперсные системы. Разделение неоднородных газовых систем

1. Что понимают под газовыми дисперсными системами?
2. Перечислите 5 методов очистки газовых потоков от взвешенных частиц.
3. Для чего предназначены пылеосадительные камеры?
4. Как работают отстойные газоходы с отбойными перегородками?
5. В чём принцип действия циклонов?
6. Когда применяют мокрые скруббера?
7. Как происходит осаждение частиц в электрическом поле?

10. Система вентиляции, фильтрация воздуха

1. Что включает понятие «вентиляция» в промышленном контексте?
2. Перечислите 3 метода фильтрации воздуха.
3. Какие загрязнители удаляют при фильтрации воздуха в биотехнологических производствах?
4. Чем отличается механическая фильтрация от электростатической?
5. Для чего нужна мембранные фильтрация воздуха?
6. Какие требования предъявляют к воздуху в чистых помещениях биотехнологических производств?
7. Как контролируют эффективность систем вентиляции и фильтрации?

11. Вентиляция производственных объектов

1. Какие два основных типа систем вентиляции различают?
2. Перечислите три вида вентиляции по направлению воздушного потока.
3. Какие факторы учитывают при проектировании вентиляции производственных помещений?
4. Что контролируют при инструментальных измерениях воздушной среды?
5. Как определяют необходимую производительность вентиляционной системы?
6. В чём особенность вентиляции асептических зон?
7. Какие нормативные документы регламентируют параметры вентиляции в биотехнологических производствах?

Вопросы по темам семестра 6.

1. Основы мембранных процессов

1. Что такое мембрана с технической точки зрения? Сформулируйте определение.
2. Какие ключевые свойства присущи всем мембранам? Перечислите 4–5 свойств.
3. Каков основной принцип мембранныго разделения? Опишите механизм.
4. Какие фазы разделяет мембрана в двухфазной системе?
5. В чём преимущества мембранных процессов перед традиционными методами разделения (фильтрация, дистилляция)?
6. Приведите 3 примера применения мембранных технологий в биотехнологии.
7. Что такое пермеат и ретентат? Как они формируются в процессе мембранныго разделения?

2. Классификация мембран. Движущие силы мембранных процессов

1. По каким основным критериям классифицируют мембранны? Перечислите не менее 4 критериев.
2. Чем отличаются пористые мембранны от непористых? Приведите примеры материалов.
3. Что означают термины «симметричная» и «асимметричная» мембрана? В чём их конструктивные различия?
4. Перечислите типы мембранны по агрегатному состоянию.
5. Назовите 5 движущих сил мембранных процессов и укажите, для каких методов они характерны.
6. Как градиент давления влияет на мембранный процесс? Приведите пример метода, где он доминирует.
7. Почему градиент концентрации важен для диализа? Объясните механизм.

3. Баромембранные процессы

1. Что объединяет процессы в группу баромембранных? Назовите ключевую движущую силу.
2. Перечислите методы, относящиеся к баромембранным процессам.
3. Каковы типичные диапазоны давления для микрофильтрации, ультрафильтрации и обратного осмоса?
4. Почему баромембранные процессы называют «холодным разделением»? В чём их преимущество?
5. Как размер пор мембранны влияет на селективность разделения в баромембранных процессах?
6. Приведите пример промышленного применения баромембранных процессов в биотехнологическом производстве.
7. В чём отличие баромембранных процессов от термозависимых (например, дистилляции)?

4. Ультрафильтрация, обратный осмос

1. В чём принципиальное различие ультрафильтрации и обратного осмоса по механизму разделения?
2. Каковы типичные размеры пор для ультрафильтрационных мембран? Сравните с обратным осмосом.
3. Какие вещества задерживает мембрана при ультрафильтрации? Приведите примеры.
4. Какое давление применяют при обратном осмосе? Почему оно выше, чем при ультрафильтрации?
5. Что проходит через мембрану при обратном осмосе, а что остаётся в ретентате?
6. Приведите пример использования ультрафильтрации для концентрирования биомолекул.
7. В каких случаях предпочтительнее обратный осмос, а не ультрафильтрация? Обоснуйте.

5. Механические процессы: измельчение, классификация, прессование

1. Что понимают под измельчением в технологических процессах? Назовите цель.
2. Перечислите основные способы измельчения (не менее 3) и укажите их применение в биотехнологии.
3. Как классифицируют измельчённые материалы по размеру частиц? Приведите шкалу.
4. Что такая классификация (сепарация) частиц? Какие методы используют (2–3 примера)?
5. В чём суть процесса прессования? Приведите биотехнологический пример.
6. Как размер частиц влияет на скорость биохимических реакций? Объясните.
7. Какие аппараты применяют для тонкого измельчения биомассы? Опишите один из них.

6. Тепловые процессы: нагрев, охлаждение. Процесс конденсации, парообразования (кипение, выпаривание, сгущение)

1. Какие механизмы теплопередачи используют в биотехнологических процессах? Перечислите.
2. Чем отличается выпаривание от кипения? Укажите цель каждого процесса.
3. Что происходит с раствором при сгущении? Какие параметры контролируют?
4. Как регулируют интенсивность теплообмена при нагреве и охлаждении? Назовите 2–3 способа.
5. Что такое конденсация? Где её применяют в биотехнологиях?
6. Почему важно контролировать скорость нагрева/охлаждения биорастворов?
7. Приведите пример аппарата для выпаривания в биотехнологическом производстве. Опишите принцип работы.

7. Организация процессов стерилизации/депирогенизации в биотехнологии

1. Чем отличаются стерилизация и депирогенизация? Дайте определения.
2. Перечислите методы стерилизации, применяемые в биотехнологиях (не менее 4), и кратко опишите каждый.
3. Почему депирогенизацию часто проводят при высоких температурах?
4. Какие материалы требуют депирогенизации, а не только стерилизации? Приведите примеры.
5. Как контролируют эффективность стерилизации? Назовите 2–3 метода.
6. В чём особенность стерилизации термолабильных растворов? Какие методы применяют?

7. Что такое валидация стерилизации? Какие параметры валидируют?

8. Оборудование для стерилизации и депирогенизации. Валидация стерилизации

1. Перечислите основные типы стерилизационного оборудования в биотехнологиях.
2. Как устроен паровой стерилизатор (автоклав)? Назовите ключевые компоненты.
3. Для чего применяют сухожаровые шкафы? Укажите температурный режим.
4. В чём преимущество мембранных фильтров для стерилизации жидкостей?
5. Какие параметры фиксируют при валидации стерилизации? Перечислите 5–6 параметров.
6. Что включает протокол валидации стерилизации?
7. Как часто проводят повторную валидацию стерилизационного оборудования?

9. Процесс замораживания-оттаивания. Процесс плавления-отверждения

1. Зачем применяют замораживание в биотехнологиях? Приведите 2–3 примера.
2. Что происходит с клетками при медленном замораживании? Как это влияет на их жизнеспособность?
3. Чем опасно повторное оттаивание биоматериала?
4. Как скорость замораживания влияет на сохранность биомассы?
5. Что такое стеклование? В каких процессах его используют?
6. В чём отличие плавления от отверждения? Приведите примеры для биопрепаратов.
7. Какие криопротекторы применяют при замораживании биопрепаратов? Назовите 2–3 вещества.

10. Применение холодильного и морозильного оборудования в биотехнологическом производстве

1. Какие температурные режимы используют для хранения биопрепаратов (укажите диапазоны)?
2. Чем отличаются фармацевтические холодильники от бытовых? Перечислите 3–4 отличия.
3. Зачем нужна система мониторинга температуры в холодильных камерах? Как она устроена?
4. Как организуют холодовую цепь при транспортировке биоматериалов?
5. Какие типы морозильных камер применяют в биотехпроизводствах?
6. Почему для некоторых биопрепаратов требуется ультразамораживание (-80°C и ниже)?
7. Как проверяют работоспособность холодильного оборудования? Назовите 2–3 метода.

11. Массообменные процессы. Сорбционные процессы (абсорбция, адсорбция)

1. Что такое массообмен? Приведите пример из биотехнологий.
2. В чём различие между абсорбцией и адсорбцией? Укажите механизм каждого процесса.
3. Какие материалы служат адсорбентами в биотехнологиях? Перечислите 4–5 типов.
4. От чего зависит ёмкость адсорбента? Назовите 3–4 фактора.
5. Как регенерируют адсорбенты после насыщения? Опишите метод.
6. Где применяют абсорбцию в биотехнологическом производстве?
7. Как температура влияет на сорбционные процессы? Объясните на примере.

12. Сорбенты в биотехнологическом производстве

1. Перечислите 4–5 типов сорбентов, используемых в биотехнологиях, и укажите их назначение.
2. Чем отличаются ионообменные сорбенты от неполярных? Приведите примеры.
3. Как выбирают сорбент для выделения целевого продукта? Назовите 3 критерия.
4. Что такое динамическая ёмкость сорбента? Как её измеряют?
5. Как проводят элюцию (вымывание) целевого вещества с сорбента? Опишите этапы.
6. Какие факторы влияют на селективность сорбента?
7. Приведите пример применения сорбентов для очистки биорастворов (например, антибиотиков).

13. Процесс перегонки (ректификации)

1. В чём суть ректификации? Чем она отличается от простой перегонки?
2. Что такое флегмовое число? Как оно влияет на разделение?

3. Какие компоненты уходят в дистиллят, а какие остаются в кубовом остатке?
4. Почему ректификацию часто проводят под вакуумом?
5. Как контролируют состав фракций при ректификации? Назовите 2–3 метода.
6. Приведите пример биотехнологического продукта, получаемого ректификацией.
7. Что такое азеотропная смесь? Можно ли её разделить ректификацией?

14. Оборудование для ректификации. Ректификационные колонны

1. Из каких основных частей состоит ректификационная колонна? Перечислите 5 компонентов.
2. Какую роль играют контактные устройства (тарелки, насадки)? Объясните механизм.
3. Чем отличаются насадочные колонны от тарельчатых? Укажите 2–3 различия.
4. Для чего нужен дефлегматор? Как он работает?
5. Как регулируют температуру в разных зонах колонны?
6. Что такое гидравлическое сопротивление колонны

15. Процесс экстракции

1. Дайте определение процесса экстракции. Какие фазы участвуют в экстракционном равновесии?
2. Что такое коэффициент распределения? От каких факторов он зависит?
3. В чём суть принципа «подобное растворяется в подобном» применительно к экстракции?
4. Чем отличается одноступенчатая экстракция от многоступенчатой? В чём преимущество последней?
5. Что такое экстрагент и рафинат? Приведите примеры для каждого.
6. Как достигается избирательность (селективность) экстракции?
7. Приведите пример экстракции биоактивного вещества (антибиотика, фермента, витамина) и укажите используемый экстрагент.

16. Оборудование для экстракции. Экстракторы. Экстрагенты

1. Перечислите основные типы экстракторов, применяемых в биотехнологии (не менее 4).
2. Как работает смеситель-отстойник? Опишите стадии процесса.
3. В чём преимущество колонных экстракторов перед смесителями?
4. Что такое пульсационная экстракция? Какие аппараты её реализуют?
5. Какие требования предъявляют к экстрагентам в фармацевтической экстракции (не менее 5 критериев)?
6. Как регенерируют экстрагент после экстракции? Назовите 2–3 метода.
7. Как контролируют полноту экстракции? Приведите 2 аналитических метода.

17. Процесс растворения, кристаллизации

1. Что такое растворимость? Как она зависит от температуры для твёрдых веществ?
2. Какие факторы влияют на скорость растворения твёрдого вещества в жидкости (не менее 4)?
3. Что такое пересыщенный раствор? Как его получают в промышленных условиях?
4. Какие параметры контролируют при кристаллизации для получения кристаллов заданного размера?
5. Зачем проводят «затравку» при кристаллизации? Что используют в качестве затравочных кристаллов?
6. Как отделяют кристаллы от маточного раствора? Назовите 2–3 способа.
7. Приведите пример кристаллизации биотехнологического продукта (например, антибиотика или аминокислоты).

18. Процесс сушки (ч. 1). Сушка термостабильных веществ

1. Что такое сушка с точки зрения массообменных процессов? Какие фазы участвуют?
2. Перечислите основные способы сушки термостабильных материалов (не менее 4).
3. Чем конвективная сушка отличается от контактной? Приведите примеры аппаратов.
4. Что такое равновесная влажность материала? Как её определяют?
5. Какие параметры процесса (температура, скорость воздуха, время) контролируют при сушке термостабильных веществ?

6. Как влияет размер частиц на скорость сушки? Объясните механизм.
7. Приведите пример промышленного аппарата для сушки порошков и опишите его принцип работы.

19. Процесс сушки (ч. 2). Сублимационная сушка термолабильных биотехнологических продуктов

1. В чём суть сублимационной сушки (лиофилизации)? Какие фазовые переходы происходят?
2. Почему сублимационная сушка предпочтительна для термолабильных веществ (белков, вакцин, ферментов)?
3. Какие стадии включает процесс лиофилизации? Опишите каждую.
4. Какое оборудование используют для сублимационной сушки? Назовите основные узлы лиофильной установки.
5. Почему важно поддерживать низкое давление (вакуум) при сублимации?
6. Как контролируют окончание сублимационной сушки? Назовите 2 критерия.
7. Приведите пример биотехнологического продукта, который сушат сублимацией, и объясните почему.

20. Частные процессы и аппараты биотехнологии. Культивирование микроорганизмов

1. Что такое культивирование микроорганизмов? Назовите его основные цели в биотехнологии.
2. Перечислите типы биореакторов (ферментеров) по способу подачи субстрата (не менее 3).
3. Какие параметры среды контролируют при культивировании (не менее 6)? Почему каждый важен?
4. В чём отличие периодического культивирования от непрерывного? Приведите примеры применения.
5. Как обеспечивают аэрацию в биореакторах для аэробных микроорганизмов? Назовите 2–3 способа.
6. Что такая стерилизация биореактора? Какие методы применяют?
7. Как отбирают пробы при культивировании для контроля роста микроорганизмов?

21. Приготовление питательных сред

1. Что такое питательная среда? Какие основные компоненты она содержит?
2. Чем отличаются синтетические среды от натуральных? Приведите примеры.
3. Какие источники углерода и азота используют в питательных средах для микроорганизмов?
4. Зачем добавляют микроэлементы и витамины в питательные среды?
5. Как стерилизуют питательные среды перед засевом? Укажите режимы для жидких и твёрдых сред.
6. Почему важно контролировать pH среды? Как его регулируют?
7. Приведите пример состава питательной среды для выращивания бактерий-продуцентов (например, *E. coli*) и объясните выбор компонентов.

Критерии и шкала оценивания результатов опроса:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся при правильном ответе на вопрос и связанные вопросы;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся при правильном ответе на вопрос, но не уверенном ответе на связанные вопросы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся при правильном ответе на вопрос, но не правильном ответе на связанные вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся при неправильном ответе на вопрос.

4.2. Формы и оценочные средства для промежуточной аттестации

4.2.1. Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

4.2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации: тест

1.	Выберите правильный ответ: Гидромеханический процесс взаимодействия твёрдых частиц дисперсной фазы с восходящим потоком дисперсионной среды (газа, жидкости), при котором твёрдые частицы приобретают подвижность друг относительно друга за счёт восприятия энергии потока – это: А. растворение. Б. фильтрование. В. псевдоожижение. Г. кипение.
2.	Выберите правильный ответ: Движущей силой процесса отстаивания является: А. Избыточное давление. Б. Кавитация. В. Гравитация. Г. Температура.
3.	Выберите правильный ответ: Бактофуга- это: А. разновидность бактерий. Б. аппарат для инактивации микроорганизмов. В. высокоскоростной сопловый сепаратор. Г. устройство Parasep.

4.2.3. Шкала оценивания

85% правильных ответов – оценка «отлично»;

75% правильных ответов – оценка «хорошо»;

65% правильных ответов – оценка «удовлетворительно»;

50 и менее правильных ответов – оценка «неудовлетворительно».

4.3. Соответствие оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине формируемым компетенциям

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Оценочные средства промежуточной аттестации	
		Тест	
ОПК-4	ОПК-4.1		+
ОПК-5	ОПК-5.1		+

4.4. Критерии оценки сформированности компетенций в рамках промежуточной аттестации по дисциплине

Код компе-	Код инди-катора до-	Структур-ные эле-	Критерии оценки сформированности компетен-ции
------------	---------------------	-------------------	---

тенции	стижения компетен- ции	менты оце- ночных средств	Не сформирована	Сформирована
ОПК-4	ИДОПК-4.1	Тест	На уровне знаний: Не знает общие теоретические закономерности гидромеханических, тепло- массообменных процессов, о принципах действия и устройстве основных аппаратов в фармацевтической технологии.	На уровне знаний: Знает общие теоретические закономерности гидромеханических, тепло- массообменных процессов, о принципах действия и устройстве основных аппаратов в фармацевтической технологии.
ОПК-5	ИДОПК-5.1	Тест	На уровне умений: Не умеет определять по справочным данным основные характеристики механических, гидромеханических, тепловых, массообменных процессов	На уровне умений: Умеет определять по справочным данным основные характеристики механических, гидромеханических, тепловых, массообменных процессов.

Компетенция считается сформированной на уровне требований к дисциплине в соответствии с образовательной программой, если по итогам применения оценочных средств промежуточной аттестации или их отдельных элементов результаты, демонстрируемые обучающимся, отвечают критерию сформированности компетенции.

5. Методические материалы по освоению дисциплины

Методические материалы для обучающихся на дисциплине Б1.О.22 Процессы и аппараты биотехнологии (полный комплект методических материалов находится на кафедре промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии).

6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" для обучающихся по дисциплине

6.1. Основная литература.

- 1.Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии ч.1: учебник для ВУЗов - М.:Химия, 1995.- 400 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии ч.2: учебник для ВУЗов - М.:Химия, 1995.- 368 с.
3. Власова, Г. В. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник / Г. В. Власова, Д. А. Чудиевич, Н. А. Пивоварова. - Москва : Инфра-Инженерия, 2022. - 188 с. - ISBN 978-5-9729-0863-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972908639.html>

6.2. Дополнительная литература.

1. Федосеев, К.Г. Процессы и аппараты биотехнологии и химико-фармацевтической промышленности [Текст] : учебное пособие / К. Г. Федосеев. - Москва : Медицина, 1969. - 200 с.
2. Фролов, В.Ф. Методы расчёта процессов и аппаратов химической технологии: (примеры и задачи) / В.Ф. Фролов, П.Г. Романков, О.М. Флисюк. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2010. – 544 с.

7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Для проведения лекционных и практических занятий используются учебные аудитории, оснащенные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Аудитория оснащена ноутбуком, проектором. Кроме этого у студента есть возможность доступа в интернет, к базам данных электронных библиотек в компьютерном классе. Аудитория (№24) и компьютерный класс (№1) расположены в корпусе по адресу г. Пермь, ул. Крупской, 46, ауд.24.

Инвентарные номера оборудования в аудитории 24: ноутбук: 0130006446, проектор: 013006782.

АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.22 Процессы и аппараты биотехнологии

Код и наименование направления подготовки, профиля: 19.03.01 Биотехнология

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Формируемые компетенции:

Дисциплина Б1.О.22 Процессы и аппараты биотехнологии обеспечивает овладение следующими компетенциями:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-4	Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ИДОПК 4.1	Владеет базовыми инженерными навыками для решения задач в области профессиональной деятельности	— сформированы знания: об общих теоретических закономерностях гидромеханических, тепло- массообменных процессов, о принципах действия и устройстве основных аппаратов в фармацевтической технологии;
ОПК-5	Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	ИДОПК 5.1	Применяет знания теоретических основ ведения биотехнологических процессов при эксплуатации технологического оборудования, выполнении технологических операций	— сформированы умения: определять по справочным данным основные характеристики механических, гидромеханических, тепловых, массообменных процессов;

Объем и место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.22 Процессы и аппараты биотехнологии, относится к базовой части ОПОП, 3 курс, 5 и 6 семестр ее освоения в соответствии с учебным планом, общая трудоемкость дисциплины 252 ч /7 зачётные единицы (з. е.).

Форма промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом - экзамен – 36 ч.

План дисциплины:

5 семестр.

Введение в процессы и аппараты биотехнологии. Классификация процессов.

Гидромеханические процессы. Перемешивание в жидких средах.

Процесс диспергирования

Образование дисперсных систем. Дисперсионные среды. Дисперсные фазы.

Псевдоожижение

Псевдоожижение зернистого слоя

Отстаивание под действием гравитационного поля

Методы разделения неоднородных систем. Оборудование для отстаивания.

Осаждение под действием центробежной силы

Методы разделения неоднородных систем. Оборудование для осаждения.

Фильтрование. Оборудование для фильтрования

Разделение неоднородных жидкостных систем. Фильтры, методы испытаний

Центрифугирование. Оборудование для центрифугирования

Центрифуги промышленные. Методы испытаний.

Газовые дисперсные системы. Разделение неоднородных газовых систем

Разделение неоднородных газовых систем. Фильтры очистки воздуха общего назначения

Система вентиляции, фильтрация воздуха

Фильтры тонкой очистки воздуха

Вентиляция производственных объектов

Изучение воздушных потоков в помещениях.

Основы мембранных процессов

Классификация мембран. Движущие силы мембранных процессов.

Баромембранные процессы

Ультрафильтрация, обратный осмос

Механические процессы

Измельчение, классификация, прессование.

6 семестр

Тепловые процессы. Нагрев, охлаждение. Процесс конденсации, парообразования (кипение, выпаривание, сгущение)

Организация процессов стерилизации/депирогенизации в биотехнологии

Оборудование для стерилизации и депирогенизации. Валидация стерилизации

Процесс замораживания-оттаивания. Процесс плавления- отверждение

Применение холодильного и морозильного оборудования в биотехнологическом производстве

Массообменные процессы. Сорбционные процессы (абсорбция, адсорбция)

Сорбенты в биотехнологическом производстве.

Процесс перегонки (ректификации)

Оборудование для ректификации. Ректификационные колонны

Процесс экстракции

Оборудование для экстракции. Экстракторы. Экстрагенты.

Процесс растворения, кристаллизации

Процесс сушки (ч.1)

Сушка термостабильных веществ

Процесс сушки (ч.2)

Сублимационная сушка термолабильных биотехнологических продуктов.

Частные процессы и аппараты биотехнологии. Культивирование микроорганизмов. Приготовление питательных сред

Формы текущего контроля: опрос, промежуточной аттестации: экзамен