

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

САЕ Институт «Умные материалы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор



И.А. Курзина

« 05 » 11 2024 г.

Оценочные материалы по дисциплине

**Процессы и аппараты биотехнологического производства**

по направлению подготовки

**19.03.01 Биотехнология**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Молекулярная инженерия»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

И.А. Курзина

Председатель УМК

Г.А. Воронова

## **1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих 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;

ПК-2 - Способен к реализации и управлению биотехнологическими процессами.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-4.1 - Выбирает оптимальные методы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства;

ИОПК-4.2 - Имеет представление о тенденциях развития аппаратного оформления биотехнологических производств, современных подходах к проектированию биотехнологических производств и отдельных стадий технологического процесса.

ИПК-2.1- Применяет методы управления отдельными стадиями биотехнологических процессов;

ИПК-2.2 - Демонстрирует способность к организации рабочего места и размещению технологического оборудования.

## **2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Элементы текущего контроля:

- тестирование
- реферат
- отчет по лабораторной работе

### **2.1. Тестирование (ИОПК-4.2.)**

**Примеры тестовых заданий:**

1. Ферментация в промышленной биотехнологии – это:
  - a) взаимодействие продуцента с субстратом в биореакторе, сопровождающееся его ростом и образование целевых продуктов
  - b) процесс получения ферментов из различного сырья
  - c) реакция, катализируемая ферментами
2. Непрерывная ферментация это:
  - a) выращивание микроорганизмов на протяжении нескольких часов или суток без добавления свежей питательной среды
  - b) выращивание микроорганизмов в периодической культуре с добавлением свежей питательной среды
  - c) выращивание микроорганизмов длительный период времени (несколько месяцев) с добавлением свежей питательной среды и удалением продуктов
3. Предферментационная стадия включает следующие процессы (выберите все верные ответы)
  - a) Сепарирование культуральной жидкости
  - b) Получение чистой культуры продуцента
  - c) Взаимодействие микроорганизма с субстратом с образованием продукта
  - d) Приготовление и стерилизация питательной среды
  - e) Масштабирование культуры для инокулята
  - f) Очистка и стабилизация продукта
  - g) Стерилизация ферментера
  - h) Подготовка технологической воды и воздуха

4. Метод культивирования, при которой постоянство концентрации клеточной биомассы в ферментере поддерживается с помощью изменения концентрации питательного субстрата называется:
  - a) Периодический
  - b) Хемостатный
  - c) Отъемно-доливной
5. В микробиологическом производстве экономическая эффективность процесса оценивается прежде всего через
  - a) скорость роста микроорганизма в биореакторе
  - b) количество продукта, получаемого из данного количества субстрата
  - c) скорость потребления субстрата микроорганизмом в биореакторе
  - d) количество потребленного субстрата микроорганизмом в ходе ферментации
6. В эрлифитных биореакторах перемешивание осуществляется
  - a) с помощью механической мешалки
  - b) с помощью потока воздуха через среду
  - c) с помощью потока воздуха через среду и механической мешалки
7. Дайте определение конвективному теплообмену (теплоотдаче):
  - a) теплообмен между двумя подвижными средами;
  - b) сложный теплообмен между твердой поверхностью тела и окружающей средой;
  - c) сложный теплообмен между двумя подвижными средами при наличии твердой разделяющей перегородки.
8. Какие процессы получили название массообменных процессов?
  - a) процессы, связанные с удалением влаги из твердых, жидких или газообразных веществ;
  - b) процессы, связанные с переносом вещества из одной фазы в другую в различных агрегатных состояниях;
  - c) процессы, связанные с конденсацией паров отдельных веществ.
9. Лиофильная сушка – это:
  - a) сушка из замороженного состояния под вакуумом
  - b) сушка с помощью адсорбентов
  - c) сушка с помощью нагревания токами высокой частоты
  - d) сушка при высоком давлении
10. Флотация основана на:
  - a) отделении клеток от культуральной жидкости на пористой перегородке
  - b) осаждении клеток под действием силы тяжести
  - c) отделении клеток от культуральной жидкости под действием центробежных сил
  - d) всплыванию клеток в результате их низкой смачиваемости

*Критерии оценивания.*

Оценка «зачтено» выставляется в случае, если студент корректно выполнил 60% тестовых заданий.

Оценка «незачтено» выставляется в случае, если студент выполнил менее 60% тестовых заданий.

## **2.2. Примеры тем для выполнения рефератов (ИОПК-4.1., ИОПК-4.2.):**

1. Промышленное глубинное культивирование микроорганизмов – его технологические особенности и аппаратная реализация.

2. Промышленное поверхностное культивирование микроорганизмов – его технологические особенности и аппаратная реализация.
3. Непрерывное культивирование микроорганизмов – его технологические особенности и аппаратное обеспечение
4. Аппараты для крупномасштабного культивирования клеток растений, их технологические особенности
5. Аппараты для крупномасштабного культивирования клеток животных и человека, их технологические особенности
6. Аппараты для крупномасштабного культивирования культуры hairy root, их технологические особенности
7. Критерии выбора способа и аппаратуры для стерилизации питательных сред и субстратов
8. Особенности постферментационных процессов в зависимости от типа биотехнологических продуктов
9. Процессы и аппараты для разделения компонентов культуральной жидкости
10. Типы сушки и критерии выбора аппаратуры для сушки в зависимости от типа продукта
11. Современные способы мойки и стерилизации ферментеров, их технологические особенности.

*Критерии оценивания:*

Выполнение реферата должно иметь логически-обусловленную последовательность:

1. Определение темы.
2. Поиск, изучение и систематизация отобранных материалов.
3. Составление плана работы.
4. Написание текста.
5. Оформление реферата

Порядок защиты реферата:

- сообщение студента об основных положениях и результатах работы (тема, задачи, используемые методы, основные результаты, выводы и практические предложения) - до 10 минут.
- Ответы на вопросы преподавателя и присутствующих, обсуждение реферата - до 5 минут.
- Подведение итогов и выставление соответствующей оценки.

Критерий	Балл
Соответствие реферата теме	2
Глубина и полнота раскрытия темы, языковая грамотность	2
Адекватность передачи содержания первоисточника	2
Логичность, связность, доказательность текста реферата	2
Структурная упорядоченность и оформление (наличие плана, списка литературы, культура цитирования и т. д.)	2
Итого максимальный балл	10

### **2.3. Лабораторные работы (ИОПК-4.1., ИОПК-4.2., ИПК-2.1., ИПК-2.2.)**

Примерные темы лабораторных работ:

1. Особенности сушки биологически активных веществ и клеток и оборудование

для сушки

2. Способы культивирования микроорганизмов
3. Основные типы промышленных ферментеров.
4. Оборудование и процессы при приготовлении питательных сред.
5. Оборудование для стерилизации и пастеризации.

После завершения работы необходимо представить преподавателю отчет о выполнении лабораторной работы. Отчет необходимо напечатать шрифтом Times New Roman 14. После этого студент отвечает на контрольные вопросы. По итогам преподаватель выставляет полученную студентом сумму баллов, максимальное значение которой определено в рейтинг-плане дисциплины.

*Критерии оценивания:*

Правильность формулировки выводов – 5 б.

Точность и аккуратность выполнения всех записей и рисунков – 2 б.

Соблюдение правил техники безопасности при выполнении работ – 3 б.

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

**Экзамен в пятом семестре** проводится в форме тестирования. Экзаменационный тест состоит из 20 вопросов. Первая часть теста (10 вопросов) проверяют ИОПК-4.1. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора верного ответа из списка предложенных, либо выбором вариантов ответа «правда»/ «ложь»,

Вторая часть теста (10 вопросов), проверяют ИПК 2.2. Ответы на вопросы второй части даются в развернутой форме или в виде множественного выбора ответов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

#### **Перечень теоретических вопросов, выносимых на экзамен:**

1. Отличительные особенности биотехнологических производств.
2. Специфические требования к оборудованию биотехнологических производств
3. Основные группы оборудования по функциональным признакам.
4. Принципы подхода к проектированию технологических линий биотехнологических производств
5. Классификация и типы подъемно-транспортного оборудования.
6. Классификация насосов и их типы
7. Виды и устройство дозаторов.
8. Роль асептики в биотехнологических производствах. Способы создания асептических условий. Стерилизация и пастеризация.
9. Классификация аппаратов для стерилизации питательных сред и принципы их работы
10. Стерилизаторы горизонтального типа для твердых питательных сред
11. Устройство и принципы действия установок для непрерывной стерилизации жидких питательных сред.
12. Устройство и принципы действия кожухотрубных теплообменных аппаратов.
13. Устройство и принципы действия пластинчатых теплообменников.
14. Предферментационная стадия, основные процессы и аппаратура
15. Принципы и способы стерилизации воздуха, подаваемого в ферментер
16. Мойка и стерилизация ферментационного оборудования
17. Устройство и принципы действия автоматических фильтрующих комплексов.

18. Среды и субстраты, применяемые в микробиологическом производстве, технологические особенности их подготовки
19. Способы ферментации в биотехнологических производствах
20. Периодическое культивирование и его технологическая реализация
21. Периодическая культура с добавлением субстрата и ее технологическая реализация
22. Непрерывная культура и ее технологическая реализация
23. Устройство ферментера, его основные компоненты и их назначение.
24. Термостатирование и пеногашение в ходе ферментации
25. Принципы контроля процесса ферментации и аппаратура.
26. Классификация и типы биореакторов.
27. Способы перемешивания в биореакторах
28. Виды и характеристики оборудования для культивирования микроорганизмов на твердых питательных средах.
29. Устройство и принципы работы камерных растительных установок.
30. Устройство ферментера с механическим перемешиванием барботажного типа
31. Устройство и принципы работы ферментеров с пневматическим перемешиванием и аэрированием среды.
32. Кривая роста микробной культуры и использование ее закономерностей в микробиологическом производстве
33. Оценка эффективности ферментации. Факторы, влияющие на эффективность ферментации
34. Принципы оптимизации процессов ферментации
35. Постферментационная стадия, основные процессы в зависимости от типа получаемого продукта.
36. Оборудование для экстрагирования, отжима, фильтрации и флотации, назначение и принципы работы
37. Классификация оборудования для сушки, его назначение и принципы работы
38. Классификация оборудования для концентрирования сырья и продуктов, его назначение и принципы работы
39. Критерии эффективности биотехнологического производства и принципы их оптимизации.
40. Техничко-экономические характеристики, учитываемые при выборе промышленных ферментеров.

**Примеры тестовых вопросов:**

1. Продукт ферментации выделяется микроорганизмом в питательную среду. Какие из перечисленных методов возможно применить для его выделения из культуральной жидкости? (выберите все верные варианты)
  - a) флотация
  - b) адсорбция
  - c) лиофильная сушка
  - d) экстракция
  - e) ферментативная дезинтеграция
  - f) сушка в кипящем слое
  - g) осаждение
  - h) сепарирование
2. Пневматические одноступенчатые флотаторы используют для следующих целей:
  - a) концентрирование бактериальных суспензий

- b) осветление культуральных жидкостей
  - c) очистка сточных вод
  - d) концентрирование дрожжевых суспензий
3. Выберите все варианты, соответствующие технологии непрерывного культивирования полного вытеснения
- a) Содержимое ферментера гомогенно, концентрация продуцента в ферментере  $[X] = \text{const}$  во всем объеме
  - b) Скорость роста продуцента не регулируется
  - c) Скорость роста продуцента регулируется только скоростью поступления субстрата S
  - d) Скорость роста продуцента регулируется скоростью поступления субстрата S, продуцента X и отведения культуральной жидкости с продуцентом и продуктами
  - e) Содержимое ферментера гетерогенно, концентрация продуцента X в разных местах ферментера неодинакова
4. К оборудованию для культивирования микроорганизмов на твердых питательных средах не относятся:
- a) установки колонного типа с объемным аэрированием
  - b) ферментаторы эрлифтного типа
  - c) механизированные растильные установки с вертикально расположенными перфорированными кюветами
  - d) ленточно-конвейерные установки циклического и непрерывного действия
5. Теплообменные аппараты типа «труба в трубе» применяются для:
- a) рекуперации тепла
  - b) охлаждения стерильных питательных сред в потоке
  - c) предварительного нагрева питательных сред перед стерилизацией
  - d) выдерживания питательных сред при температуре стерилизации
6. При увеличении концентрации субстрата скорость роста микроорганизма будет возрастать прямо пропорционально на протяжении всего культивирования
- a) Правда
  - b) Ложь
7. Что понимают под продуктивностью в микробиологическом производстве?
- a) Максимальную скорость роста микроорганизма в биореакторе
  - b) Максимальную скорость потребления субстрата микроорганизмом в биореакторе
  - c) Количество продукта, получаемого на единицу объема биореактора в единицу времени
  - d) Количество продукта, получаемого из данного количества субстрата
8. Коротко опишите как изменяются концентрации субстрата S, продуцента X и продукта P внутри ферментера в ходе периодического культивирования в log фазе. Поясните, почему так происходит.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Итоговая оценка по дисциплине, состоит из оценки за работу в течение семестра (текущий контроль), и экзамена в тестовой форме (промежуточная аттестация). По каждому из видов заданий текущего контроля выставляется оценка в баллах. Планируемое максимально возможное количество баллов оглашается заранее и соответствует 100% (максимально возможное количество правильных ответов (вопросы и задачи), разделы и их планируемое содержание. К экзамену допускаются студенты, успешно сдавшие все обязательные задания текущей аттестации и набравшие суммарно не менее 60% от максимально возможной суммы баллов. При формировании тестового экзаменационного ответа обучающимся необходимо продемонстрировать знания,

полученные как во время лекционной части курса, так и во время практических и лабораторных занятий и при самостоятельном проработке тем курса, представленных в рефератах, проектах, решении ситуационных и практических задач и ответах на вопросы текущего контроля.

Оценка «отлично» выставляется студенту, показавшему всестороннее и глубокое изучение программного материала, умение свободно выполнять задания по программе, усвоившему основную литературу, рекомендованную программой, и знакомому с дополнительной литературой, проявившему творческие способности в понимании, изложении и применении учебно-программного материала, набравшему в ходе выполнения экзаменационного теста 86-100% правильных ответов.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему полное знание программного материала, усвоившему основную литературу, рекомендованную программой, способному к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшего обучения и профессиональной деятельности, набравшему в ходе выполнения экзаменационного теста 72-85% правильных ответов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется слушателю, показавшему знание программного материала в объеме, необходимом для дальнейшего обучения и профессиональной деятельности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомому с основной литературой по программе, но допустившему погрешности в ответе на экзамене, обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, набравшему в ходе выполнения экзаменационного теста 60-71% правильных ответов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, показавшему пробелы в знании программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, набравшему в ходе выполнения экзаменационного теста менее 60% правильных ответов.

#### **4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)**

##### **Пример теоретических вопросов ( ИОПК-4.2.)**

1. Виды и характеристики оборудования для культивирования микроорганизмов на твердых питательных средах
2. Теоретические основы процессов массопередачи
3. Принципы подхода к проектированию технологических линий биотехнологических производств
4. Ферментация и ферментеры. Основные понятия. Ферментативные реакции. Ферменты. Оборудование для ферментации.
5. Классификация основных процессов в биотехнологии.
6. Оборудование для экстрагирования, отжима, фильтрации и флотации, назначение и принципы работы
7. Пастеризация и стерилизация.
8. Дезинфекция.
9. Кристаллизация и растворение.
10. Критерии эффективности биотехнологического производства и принципы их оптимизации.

##### **Информация о разработчиках**

Толузакова Светлана Юрьевна, кандидат биол. наук, доцент кафедры сельскохозяйственной биологии БИ ТГУ.