

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 27.08.2026 14:50:31
Уникальный программный ключ:
d56ba45a9b6e5c64a319e2c5ae3bb2c1db840af0

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Пермская государственная фармацевтическая академия»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН
решением кафедры
«___»___20___ г.,
протокол № ____

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.23 Биотехнологические реакторы

(наименование дисциплины)

Уровень образования _____ высшее образование _____

Программа _____ бакалавриата _____

Направление подготовки _____ 19.03.01 Биотехнология _____

Квалификация выпускника _____ Бакалавр _____

Год начала подготовки – 2026

Пермь, 2026 г.

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Контролируемые темы дисциплины	Контролируемые компетенции	Наименование оценочного средства / назначение оценочного средства (текущий контроль (ТК)/промежуточная аттестация (ПА))
1.	Классификация биореакторов.	ОПК-4 ОПК-5	Опрос
2.	Массообмен в биореакторах.		Опрос
3.	Гидродинамика в биореакторах.		Опрос
4.	Кинетика культивирования и биосинтеза в биореакторах.		Опрос
5.	Математическое моделирование процессов, происходящих в биореакторах		Опрос
6.	Стерилизация в биореакторах.		Опрос
7.	Очистка биореакторов.		Опрос
8.	Квалификационные испытания биореакторов на производстве. Подходы к валидации процессов перемешивания и очистки биореакторов.		Опрос
9.	Биореакторы для очистки воздуха.		Опрос
10.	Биореакторы для компостирования и анаэробного сбраживания.		Опрос
11.	Мембранные биореакторы.		Опрос
12.	Условия оснащённости производства для реакторного культивирования биообъектов		Опрос
13.	Биореакторы для культивирования, ферментации, для получения продуктов метаболизма, для фракционирования плазмы.		Опрос

14.	Биореакторы в различных отраслях промышленности		Опрос
15.	Промежуточная аттестация- экзамен	ОПК-4, ОПК-5	Тест

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ
Оценочные средства: опрос
СПЕЦИФИКАЦИЯ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
ОПРОС

1. Характеристика оценочного средства.

Опрос – это средство контроля, проводимое с целью выявления уровня усвоения материала обучающимися по дисциплине.

Оценочное средство «Опрос» соответствует:

- Федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС) по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология» (уровень бакалавриата), утверждённому приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 10 августа 2021 г. №736
- основной профессиональной образовательной программе по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология»;
- рабочей программе дисциплины Б1.О.23 Биотехнологические реакторы, реализуемой по соответствующей основной профессиональной образовательной программе.

При помощи данного оценочного средства осуществляется контроль и управление процессом приобретения обучающимися необходимых знаний, умений и владений, определенных ФГОС по соответствующему направлению подготовки в качестве результатов освоения учебной дисциплины.

2. Система оценивания результатов.

С целью текущего контроля и оценки результатов освоения тематических разделов дисциплины на практических занятиях применяется опрос обучающихся. Он реализуется в двух форматах:

В индивидуальном — вопросы задаются конкретному студенту, что позволяет выявить уровень его персональных достижений; при индивидуальном формате ответ оценивается по пятибальной шкале:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопрос, правильном использовании терминологии, уверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопрос, наличии ошибок в терминологии, неуверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся при неполном ответе на вопрос, наличии ошибок в терминологии, неуверенных ответах на дополнительные вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся при отсутствии ответа.

В коллективном — вопросы адресуются всей учебной аудитории, что даёт возможность оперативно оценить общую динамику усвоения материала группой. При коллективном опросе оценивание ответа по пятибальной шкале не проводится.

3. Комплект оценочных средств.

Для каждой темы должны быть разработаны вопросы, дающие возможность опросить всех студентов.

КОМПЛЕКТ вопросов для ОПРОСА

по дисциплине Б1.О.23 Биотехнологические реакторы

ВОПРОСЫ

1. Классификация биореакторов

1. Перечислите основные критерии классификации биореакторов (не менее 5).
2. Как делятся биореакторы по рабочему объёму? Укажите диапазоны для лабораторных, пилотных и промышленных моделей.
3. В чём отличие закрытых (периодических) и открытых (непрерывных) биореакторов? Приведите примеры применения.
4. Назовите три группы биореакторов по способу подвода энергии и кратко опишите каждую.
5. Какие типы биореакторов выделяют по способу подачи воздуха? Для каких микроорганизмов они предназначены?
6. Что такое комбинированные (аэробно-анаэробные) биореакторы? В каких процессах их используют?
7. Приведите примеры специализированных биореакторов (для клеточных культур, анаэробных процессов и т. п.) и объясните их особенности.

2. Массообмен в биореакторах

1. Что понимается под массообменом в биореакторе? Какие вещества участвуют в обмене?
2. Какие факторы влияют на скорость массопереноса кислорода в культуральной среде?
3. Что такое коэффициент массопередачи KLa ? Как его определяют экспериментально?
4. Почему недостаточный массообмен может ограничивать рост микроорганизмов?
5. Как интенсивность аэрации влияет на массообмен? Приведите количественные ориентиры (например, объём воздуха на объём среды в час).
6. Какие конструктивные элементы биореактора улучшают массообмен (не менее 3)?
7. Как контролируют уровень растворённого кислорода в биореакторе? Назовите методы и датчики.

3. Гидродинамика в биореакторах

1. Что изучает гидродинамика биореакторов? Какие параметры она описывает?
2. Как перемешивание влияет на однородность среды в биореакторе?
3. Перечислите типы мешалок, применяемых в биореакторах, и укажите их преимущества/недостатки.
4. Что такое циркуляционный контур в биореакторе? Как он формируется?
5. Как вязкость среды влияет на гидродинамику потока? Приведите примеры вязких субстратов.
6. Что такое зона застоя? Почему её стремятся минимизировать?
7. Как моделируют гидродинамику биореактора (методы, ПО, критерии подобия)?

4. Кинетика культивирования и биосинтеза в биореакторах

1. Что такое кинетика роста микроорганизмов? Какие фазы роста выделяют?
2. Запишите уравнение Моно для удельной скорости роста μ . Объясните смысл параметров.
3. Как концентрация субстрата влияет на скорость роста? Что такое ингибирование субстратом?
4. В чём отличие кинетики роста от кинетики биосинтеза продукта?
5. Как температура и pH влияют на кинетические параметры процесса?
6. Что такое выход биомассы (YX/S)? Как его рассчитывают?
7. Приведите пример кинетической модели для продуцента антибиотиков или ферментов.

5. Математическое моделирование процессов в биореакторах

1. Какие процессы в биореакторе поддаются математическому описанию (перечислите 4–5)?
2. Что включает система дифференциальных уравнений для моделирования роста культуры?
3. Как учитывают массоперенос кислорода в модели биореактора?
4. Какие программные пакеты используют для моделирования биореакторных процессов?
5. Что такое масштабирование модели? Какие критерии подобия применяют?
6. Как верифицируют математическую модель биореактора (этапы, данные, критерии)?
7. Приведите пример упрощённой модели для периодического культивирования.

6. Стерилизация в биореакторах

1. Какие элементы биореактора подлежат стерилизации? Перечислите.
2. Опишите метод SIP (Sterilization in Place). Какие параметры режима (температура, время, давление)?
3. Чем отличается SIP от CIP (Cleaning in Place)?
4. Как контролируют эффективность стерилизации биореактора? Назовите 2–3 метода.
5. Какие индикаторы используют для валидации стерилизации?
6. Почему важно удалять остатки стерилизующих агентов перед засевом культуры?
7. Как стерилизуют датчики и трубопроводы биореактора?

7. Очистка биореакторов

1. Какие загрязнения накапливаются в биореакторе после цикла культивирования?
2. Перечислите этапы CIP-очистки биореактора.
3. Какие моющие растворы применяют (кислотные, щелочные, ферментные)? Для чего каждый тип?
4. Как контролируют полноту очистки (критерии, методы анализа)?
5. Что такое остаточные белки и эндотоксины? Почему их удаляют?
6. Как очищают внутренние поверхности сложной геометрии (углы, сварные швы)?
7. Какие меры предотвращают коррозию биореактора при очистке?

8. Квалификационные испытания биореакторов на производстве. Подходы к валидации процессов перемешивания и очистки

1. Что включает квалификация биореактора (DQ, IQ, OQ, PQ)? Опишите каждый этап.
2. Какие параметры проверяют при IQ (Installation Qualification)?
3. Что тестируют на этапе OQ (Operational Qualification)? Приведите 3–4 примера.
4. Как валидируют процесс перемешивания (методы, критерии, индикаторы)?
5. Что такое микс-тест? Как его проводят?

6. Как подтверждают равномерность температуры и pH в объёме биореактора?
7. Какие документы оформляют по итогам квалификации и валидации?

9. Биореакторы для очистки воздуха

1. В каких процессах применяют биореакторы для очистки воздуха? Приведите 2–3 примера.
2. Какие микроорганизмы используют для биodeградации летучих загрязнителей?
3. Как устроен биофильтр для очистки воздуха? Назовите основные компоненты.
4. Что такое биоскруббер? Чем он отличается от биофильтра?
5. Какие параметры контролируют при биоочистке воздуха (не менее 4)?
6. Как поддерживают влажность и температуру в биореакторе для очистки воздуха?
7. Приведите пример промышленного применения биореакторов для очистки выбросов.

10. Биореакторы для компостирования и анаэробного сбраживания

1. В чём отличие аэробного компостирования от анаэробного сбраживания?
2. Какие продукты получают в анаэробных биореакторах?
3. Какие субстраты подходят для анаэробного сбраживания (перечислите 4–5)?
4. Как контролируют pH и щелочность в метантенке? Почему это важно?
5. Что такое гидролизно-кислотная фаза и метаногенная фаза? Какие микроорганизмы в них участвуют?
6. Как удаляют биогаз из анаэробного биореактора? Какие системы сбора применяют?
7. Приведите пример крупномасштабного биореактора для переработки отходов.

11. Мембранные биореакторы

1. В чём особенность мембранного биореактора (МБР) по сравнению с обычным?
2. Какие мембраны применяют в МБР (типы, материалы, размеры пор)?
3. Как мембрана влияет на удержание биомассы и очистку пермеата?
4. Каковы преимущества МБР для очистки сточных вод?
5. Какие проблемы (забивание пор, биообрастание) возникают в МБР? Как их решают?
6. Как регенерируют мембраны в МБР? Назовите 2–3 метода.
7. Приведите пример применения МБР в фармацевтической или пищевой промышленности.

12. Условия оснащённости производства для реакторного культивирования биообъектов

1. Какие инженерные системы обязательны для биореакторного цеха (не менее 5)?
2. Как обеспечивают подачу стерильного воздуха и газов?
3. Какие системы контроля и автоматизации используют (датчики, контроллеры, SCADA)?
4. Как организуют холодоснабжение и нагрев биореакторов?
5. Какие требования к чистоте помещений (классы чистоты) для разных стадий культивирования?
6. Как проектируют трубопроводы и арматуру для стерильных процессов?
7. Что включает резервное электроснабжение и аварийные системы биореакторного производства?

13. Биореакторы для культивирования, ферментации, для получения продуктов метаболизма, для фракционирования плазмы

1. Чем отличаются биореакторы для культивирования клеток от ферментеров для синтеза метаболитов?
2. Какие особенности биореакторов для культивирования животных/растительных клеток?

3. Как поддерживают низкий уровень shear stress в биореакторах для чувствительных клеток?
4. Какие биореакторы применяют для получения вторичных метаболитов (антибиотиков, ферментов)?
5. В чём специфика биореакторов для фракционирования плазмы крови?
6. Как разделяют продукт и биомассу в биореакторной системе (методы, оборудование)?
7. Приведите пример биореактора для непрерывного получения рекомбинантного белка.

14. Биореакторы в различных отраслях промышленности

1. Какие типы биореакторов преобладают в фармацевтической промышленности (STR, одноразовые системы)?
2. Как используют биореакторы в пищевой промышленности (производство ферментов, аминокислот, пробиотиков)?
3. В чём особенности биореакторов для производства биотоплива (биоэтанол, биодизель)?
4. Какие биореакторы применяют в экологической биотехнологии (очистка сточных вод, переработка отходов)?
5. Приведите примеры инновационных применений биореакторов (культивирование мяса in vitro, производство биопластиков).

ОТВЕТЫ:

1. Классификация биореакторов

1. Биореакторы классифицируют по рабочему объёму, способу культивирования, способу перемешивания, способу подачи воздуха, конструкции, назначению и типу культивируемых микроорганизмов.
2. По рабочему объёму биореакторы делят на: лабораторные (от 0,5 до 10 л), пилотные (от 10 до 1 000 л или от 100 л до 10 м³) и промышленные (от 10 м³ и больше, часто 10–100 м³).
3. В закрытых (периодических) биореакторах все компоненты загружают сразу, процесс идёт до завершения, потом выгружают продукт. Их используют, например, для производства антибиотиков. В открытых (непрерывных) биореакторах питательную среду подают постоянно и одновременно отбирают культуру — так делают при получении этанола или кормовых дрожжей.
4. По способу подвода энергии биореакторы бывают:
 - с механическим перемешиванием (используют мешалки для интенсивного перемешивания среды);
 - барботажные (энергия передаётся за счёт потока воздуха, который проходит через жидкость);
 - циркуляционные (используют внешний насос или эрлифт, чтобы создать мягкий режим перемешивания — это важно для чувствительных клеток).
5. По способу подачи воздуха выделяют:
 - биореакторы без подводки воздуха — для анаэробных микроорганизмов (например, клостридий или метаногенов);
 - биореакторы с подводкой стерильного воздуха — для аэробных микроорганизмов (дрожжей, актиномицетов, грибов).
6. Комбинированные (аэробно-анаэробные) биореакторы совмещают зоны с доступом кислорода и без него. Их используют, например, при получении биогаза: тепло, выделяющееся в аэробной зоне, подогревает анаэробную зону.
7. Примеры специализированных биореакторов:
 - для клеточных культур — имеют мягкое перемешивание, чтобы не повредить клетки;
 - анаэробные метантенки — применяют для переработки органических отходов и получения биогаза;
 - фотобиореакторы — оснащены подсветкой для выращивания микроводорослей;
 - одноразовые биореакторы (из полимерных мешков) — используют в биофармацевтике, так как они не требуют стерилизации.

2. Массообмен в биореакторах

1. Массообмен — это перенос веществ между разными фазами внутри биореактора, например, из газа в жидкость или из жидкости в клетку. В обмене участвуют кислород, углекислый газ, питательные вещества (глюкоза, аминокислоты) и продукты метаболизма.
2. На скорость массопереноса кислорода влияют: интенсивность перемешивания, скорость подачи воздуха, вязкость среды, размер пузырьков воздуха, температура, давление и форма биореактора.
3. Коэффициент массопередачи KLa показывает, насколько эффективно кислород переходит из воздуха в жидкость. Чтобы определить его экспериментально, отключают подачу воздуха и замеряют, как быстро падает концентрация кислорода в среде.
4. Если массообмен недостаточен, клетки получают мало кислорода, им сложнее дышать и расти. Из-за этого рост биомассы замедляется, а метаболизм может перейти на менее эффективный режим брожения.
5. Чем сильнее аэрация, тем лучше кислород поступает в среду. Обычно подают от 0,5 до 2 объёмов воздуха на один объём среды в час. Если подавать слишком много воздуха, появляется много пены, а клетки могут повредиться.
6. Улучшить массообмен помогают: турбинная мешалка, барботер (устройство для подачи воздуха), отражательные перегородки (дефлекторы), эрлифтная труба и диффузоры.
7. Уровень растворённого кислорода контролируют с помощью специальных датчиков — полярографических или оптических. Они передают данные в систему управления биореактором.

3. Гидродинамика в биореакторах

1. Гидродинамика изучает, как движется жидкость внутри биореактора: как распределяются скорость и давление, насколько сильна турбулентность. Она описывает такие параметры, как число Рейнольдса (Re), градиент скорости сдвига, время перемешивания и зоны застоя.
2. Перемешивание делает среду более однородной: выравнивает концентрацию питательных веществ, кислорода, pH и температуру по всему объёму. Это помогает избежать зон с недостатком питания или кислорода.
3. Типы мешалок:
 - турбинные (Раштона) — создают сильную турбулентность, но могут повреждать чувствительные клетки из-за высокого shear stress;
 - пропеллерные — работают мягче и тратят меньше энергии;
 - ленточные или скребковые — подходят для вязких сред и помогают очищать стенки биореактора.
4. Циркуляционный контур — это замкнутый поток жидкости внутри биореактора. Он возникает из-за разницы давлений или плотностей и создаётся мешалкой или эрлифтом.
5. Вязкая среда (например, с лигноцеллюлозой или альгинатом) замедляет движение жидкости, снижает турбулентность и ухудшает массообмен. Для таких сред нужны специальные мешалки.
6. Зона застоя — это область, где жидкость почти не движется. В ней накапливаются продукты метаболизма, а рост клеток замедляется. Такие зоны стараются уменьшить, правильно подбирая мешалку и дефлекторы.
7. Гидродинамику моделируют с помощью компьютерных программ (например, ANSYS Fluent или COMSOL). Используют критерии подобия: число Рейнольдса (Re), число Фруда (Fr) и число Шервуда (Sh).

4. Кинетика культивирования и биосинтеза в биореакторах

1. Кинетика роста микроорганизмов — это то, как быстро растёт биомасса в зависимости от условий. Выделяют четыре фазы: лаг-фазу (клетки адаптируются), экспоненциальную (быстрый рост), стационарную (рост останавливается) и фазу отмирания.
2. Уравнение Моно: $\mu = K_s + S_{\mu max} \cdot S$. Здесь μ — удельная скорость роста (насколько быстро растут клетки), μ_{max} — максимально возможная скорость роста, S — концентрация питательного вещества (субстрата), K_s — константа насыщения (концентрация субстрата, при которой скорость роста равна половине максимальной).

3. При низкой концентрации субстрата рост клеток пропорционален его количеству. При высокой концентрации рост выходит на плато. Ингибирование субстратом — это когда слишком много субстрата (например, глюкозы больше 200 г/л) начинает мешать росту клеток.
4. Рост биомассы обычно идёт в экспоненциальной фазе, а синтез продукта (например, антибиотика) — в стационарной. То есть сначала клетки размножаются, а потом начинают производить нужный продукт.
5. Температура и pH сильно влияют на работу ферментов в клетках. Оптимальные значения: температура 28–37 °C, pH 6,5–7,5. Если условия отклоняются от оптимальных, рост клеток и синтез продукта замедляются.
6. Выход биомассы YX/S показывает, сколько грамм биомассы получается из одного грамма субстрата. Его рассчитывают по формуле: $YX/S = \Delta S / \Delta X$, где ΔX — прирост биомассы, а ΔS — количество потреблённого субстрата.
7. Пример кинетической модели для продуцента пенициллина включает две фазы: рост клеток (описывается скоростью μ) и синтез антибиотика (описывается скоростью qP). Модель учитывает, что избыток глюкозы или накопление продуктов метаболизма могут замедлять процесс.

5. Математическое моделирование процессов в биореакторах

1. Математическому описанию поддаются: рост биомассы, потребление питательных веществ, накопление целевого продукта (например, антибиотика или фермента), перенос кислорода из воздуха в жидкость и выделение тепла в процессе жизнедеятельности микроорганизмов.
2. Система дифференциальных уравнений включает уравнения для изменения концентрации биомассы (X), субстрата (S), продукта (P) и растворённого кислорода (C) во времени. Например: скорость роста биомассы зависит от концентрации субстрата, скорость потребления субстрата — от биомассы и т.д.
3. Массоперенос кислорода учитывают через коэффициент KLa и разность концентраций: сколько кислорода может перейти в жидкость (C^*) и сколько его уже есть (C). В уравнение добавляют слагаемое $KLa \cdot (C^* - C)$, которое показывает, насколько быстро кислород поступает в среду.
4. Для моделирования используют: MATLAB/Simulink (для кинетических моделей), COMSOL Multiphysics и ANSYS Fluent (для гидродинамики и массообмена), Aspen Plus (для технологических процессов), BioSep (специализированное ПО для биореакторов).
5. Масштабирование модели — это перенос оптимальных условий с маленького биореактора (лабораторного) на большой (промышленный). Критерии подобия: одинаковая мощность перемешивания на единицу объёма, одинаковый коэффициент массопередачи кислорода (KLa) и одинаковая скорость сдвига (чтобы не повредить клетки).
6. Верификация модели проходит в несколько этапов: сначала собирают данные на реальном биореакторе (измеряют биомассу, субстрат, кислород), затем сравнивают их с расчётными значениями из модели. Модель считают хорошей, если расхождение не превышает 10 %.
7. Упрощённая модель для периодического культивирования: биомасса растёт со скоростью μ , которая зависит от концентрации субстрата по уравнению Моно. Уравнения выглядят так:

$$\frac{dX}{dt} = \mu \cdot X, \frac{dS}{dt} = -YX/S \cdot X,$$
где $\mu = \mu_{max} \cdot S / (K_s + S)$, YX/S — выход биомассы на единицу потреблённого субстрата.

6. Стерилизация в биореакторах

1. Стерилизуют все элементы, контактирующие с культурой: сосуд биореактора, трубопроводы, датчики (pH, DO), клапаны, фильтры подачи воздуха, крышки и уплотнения.
2. SIP (Sterilization in Place) — стерилизация прямо в установке, без разборки. Обычно используют пар под давлением: температура 121 °C, время 30–60 мин, давление около 2 бар.
3. SIP — это стерилизация (уничтожение всех микроорганизмов), а CIP (Cleaning in Place) — очистка (удаление загрязнений). Сначала очищают (CIP), потом стерилизуют (SIP).
4. Эффективность стерилизации контролируют: посевом на питательные среды (нет роста — значит, стерильно), с помощью биоиндикаторов (споры бактерий погибают при правильной

стерилизации), а также температурными датчиками (проверяют, что во всех точках достигнута нужная температура).

5. Для валидации используют химические индикаторы (меняют цвет при нужной температуре/времени) и биологические индикаторы (споры *Bacillus stearothermophilus* — их гибель подтверждает уничтожение термостойких форм).

6. Остатки стерилизующих агентов (например, формальдегида или перекиси водорода) могут быть токсичны для культуры и подавлять рост клеток, поэтому их тщательно смывают стерильной водой перед засевом.

7. Датчики и трубопроводы стерилизуют паром (SIP) или химическими агентами (перекись водорода, формалин), после чего промывают стерильным буфером или водой, чтобы удалить остатки химикатов.

7. Очистка биореакторов

1. После культивирования накапливаются: остатки клеток и биомассы, белки, липиды, полисахариды, продукты метаболизма (органические кислоты, токсины), минеральные осадки, биоплёнки на стенках.

2. Этапы CIP-очистки:

- предварительное ополаскивание водой;
- циркуляция щелочного раствора (удаляет органические загрязнения);
- ополаскивание;
- циркуляция кислотного раствора (удаляет минеральные отложения);
- финальное ополаскивание стерильной водой;
- стерилизация (SIP) или обработка дезинфицирующим раствором.

3. Моющие растворы:

- щелочные (NaOH) — растворяют белки и жиры;
- кислотные (азотная или фосфорная кислота) — удаляют минеральные соли и накипь;
- ферментные (протеазы, липазы) — мягко разрушают органические остатки, не повреждая поверхности.

4. Полноту очистки контролируют: визуально (нет видимых загрязнений), по тесту на белок (биуретовая реакция), тесту на жир (Судан III), а также анализом смывов на отсутствие микроорганизмов.

5. Остаточные белки и эндотоксины (токсины грамотрицательных бактерий) могут вызывать иммунные реакции или ингибировать рост новой культуры, поэтому их обязательно удаляют перед следующим циклом.

6. Поверхности сложной геометрии очищают усиленной циркуляцией моющего раствора, ультразвуком (для сварных швов) или механически (мягкими щётками), а также используют пенные моющие системы, проникающие в углы.

7. Чтобы предотвратить коррозию, используют нержавеющую сталь (AISI 316L), избегают агрессивных кислот в высоких концентрациях, добавляют ингибиторы коррозии в моющие растворы и тщательно ополаскивают после очистки.

8. Квалификационные испытания биореакторов на производстве

1. Квалификация включает:

- DQ (Design Qualification) — проверка проекта на соответствие требованиям;
- IQ (Installation Qualification) — проверка монтажа и комплектации;
- OQ (Operational Qualification) — проверка работы всех систем (перемешивание, нагрев, стерилизация);
- PQ (Performance Qualification) — подтверждение, что биореактор стабильно даёт нужный результат (рост культуры, выход продукта).

2. При IQ проверяют: соответствие материалов (марка стали), правильность установки датчиков, трубопроводов, мешалки, герметичность соединений, наличие сертификатов на компоненты.

3. На этапе OQ тестируют:

- равномерность нагрева и охлаждения (термокарты);

- работу мешалки на разных скоростях;
 - эффективность стерилизации (температурные профили);
 - точность датчиков pH и DO.
4. Валидацию перемешивания проводят с помощью «микс-теста»: добавляют краситель или соль и замеряют время, за которое концентрация выравнивается по всему объёму. Критерии — однородность за 30–120 с.
5. Микс-тест: в биореактор с водой добавляют небольшое количество красителя (метиленовый синий) или соли (NaCl), включают мешалку и отбирают пробы из разных точек. Время выравнивания концентрации фиксируют кондуктометром или спектрофотометром.
6. Равномерность температуры проверяют термодатчиками в разных зонах, а pH — с помощью pH-зондов. Строят карты распределения: разница не должна превышать $\pm 0,2$ единицы pH и $\pm 0,5$ °C.
7. По итогам оформляют протоколы IQ, OQ, PQ, отчёты о валидации, сертификаты соответствия, журналы стерилизации и очистки, а также валидационные мастер-планы.

9. Биореакторы для очистки воздуха

1. Биореакторы для очистки воздуха применяют:
 - на очистных сооружениях — для удаления запахов и сероводорода;
 - на птицефабриках и свинофермах — для очистки выбросов от аммиака и органических соединений;
 - на лакокрасочных производствах — для разложения летучих органических соединений (ЛОС).
2. Для биodeградации используют микроорганизмы: бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus* и грибы *Aspergillus*, *Trichoderma*. Они разлагают ЛОС до CO₂ и воды.
3. Биофильтр состоит из:
 - корпуса (металлического или пластикового);
 - фильтрующей загрузки (торф, компост, древесная щепа с иммобилизованными микроорганизмами);
 - системы увлажнения (оросители);
 - воздухораспределительной системы (трубы, вентиляторы).
4. При биоочистке воздуха контролируют:
 - температуру (оптимум 20–40 °C);
 - влажность (80–100 %);
 - pH среды (6–8);
 - концентрацию загрязнителей на входе и выходе (эффективность очистки).
5. Влажность поддерживают орошением загрузки водой или питательным раствором. Температуру регулируют подогревом воздуха перед подачей или утеплением корпуса биофильтра.
6. Пример промышленного применения: биофильтры на очистных сооружениях канализации Москвы и Санкт-Петербурга удаляют сероводород и аммиак из вентиляционных выбросов, снижая запах на 90–95 %.

10. Биореакторы для компостирования и анаэробного сбраживания

1. Аэробное компостирование идёт с доступом кислорода, выделяет много тепла (до 60–70 °C), быстро разлагает органику до стабильного гумуса. Анаэробное сбраживание происходит без кислорода, даёт биогаз (метан) и дигестат, протекает медленнее и при более низких температурах (30–55 °C).
2. В анаэробных биореакторах получают:
 - биогаз (50–75 % метана) — топливо;
 - дигестат — органическое удобрение;
 - жидкие биоудобрения (после сепарации).
3. Подходят субстраты:
 - навоз КРС и свиней;
 - птичий помёт;

- отходы пищевой промышленности (жом, барда);
 - растительные отходы (солома, трава);
 - осадки сточных вод.
4. pH и щелочность контролируют датчиками и титрованием. Оптимально pH 6,8–7,4. Низкий pH (кислый) тормозит метаногенез, щелочность (бикарбонаты) буферизует систему и поддерживает стабильный pH.
5. Гидролизно-кислотная фаза — сложные полимеры (целлюлоза, белки) разлагаются до кислот и спиртов бактериями *Clostridium*, *Bacteroides*. Метаногенная фаза — кислоты и H₂ превращаются в метан археями *Methanobacterium*, *Methanosarcina*.
6. Биогаз удаляют через газосборник (купол метантенка) и трубу с гидрозатвором. Системы сбора: газгольдеры (мягкие мешки или стальные купола), компрессоры и газопроводы с датчиками давления.
7. Пример: крупные метантенки в агрокомплексах (например, в Белгородской области) перерабатывают до 100 т навоза в сутки, дают биогаз для когенерационных установок и удобрения для полей.

11. Мембранные биореакторы (МБР)

1. Особенность МБР — наличие мембраны (микро- или ультрафильтрационной), которая отделяет биомассу от очищенной воды прямо в биореакторе. В обычных системах биомассу отделяют в отдельном блоке (отстойнике или центрифуге).
2. Применяют:
 - микрофильтрационные мембраны (поры 0,1–10 мкм, материалы — полисульфон, керамика);
 - ультрафильтрационные (поры 1–100 нм, материалы — полиэфирсульфон, поливинилиденфторид);
 - плоские или половолоконные модули.
3. Мембрана задерживает клетки и хлопья активного ила, не пропуская их в фильтрат. Пермеат (очищенная вода) выходит практически без взвесей, с низким ХПК и БПК.
4. Преимущества МБР:
 - высокая степень очистки (до норм сброса в водоёмы);
 - компактность (не нужен вторичный отстойник);
 - высокое содержание биомассы в реакторе (повышает скорость очистки);
 - устойчивость к залповым нагрузкам.
5. Проблемы:
 - забивание пор частицами и коллоидами;
 - биообрастание (биоплёнка на мембране).
 Решают усиленной аэрацией, обратной промывкой, химическими чистками (NaOCl, лимонная кислота), оптимизацией гидродинамики.
6. Регенерация мембран:
 - обратная промывка водой или пермеатом;
 - химическая очистка (растворы NaOH, HCl, NaOCl);
 - ультразвуковая обработка (для снятия биоплёнки).
7. Пример применения: в фармацевтической промышленности МБР очищают стоки от антибиотиков, предотвращая загрязнение окружающей среды. В пищевой промышленности — очищают стоки молокозаводов и мясокомбинатов от жиров и белков.

12. Условия оснащённости производства для реакторного культивирования биообъектов

1. Обязательные инженерные системы:
 - подача стерильного воздуха и газов;
 - система водоподготовки (деионизация, обратный осмос);
 - холодоснабжение и нагрев (чиллеры, бойлеры);
 - электроснабжение с резервом (ИБП, дизель-генераторы);
 - вентиляция и кондиционирование (контроль температуры и влажности).

2. Стерильный воздух получают фильтрацией через НЕРА-фильтры (0,3 мкм), стерилизацией паром (SIP) и контролем давления (избыток в чистых зонах). Трубопроводы и фильтры проверяют на целостность (тест на утечку).
3. Системы контроля:
 - датчики pH, DO, температуры, давления, расхода;
 - программируемые контроллеры (PLC) для управления процессами;
 - SCADA-системы для визуализации, архивирования данных и сигнализации.
4. Холодоснабжение — чиллеры с гликолевым контуром, теплообменники в рубашке биореактора. Нагрев — пар или горячая вода в рубашке, электрические ТЭНы (для малых объёмов).
5. Требования к чистоте:
 - класс A/ISO 5 — зоны асептического розлива и посевов;
 - класс B/ISO 7 — помещения подготовки сред и стерилизации;
 - класс C/D/ISO 8 — вспомогательные зоны.
6. Трубопроводы проектируют с минимальным числом стыков, из нержавеющей стали (AISI 316L), с полировкой внутренней поверхности ($Ra \leq 0,8$ мкм). Арматура — мембранные клапаны, без застойных зон, с SIP/CIP.
7. Резервное электроснабжение: ИБП на 15–30 мин для плавного останова, дизель-генератор на несколько часов. Аварийные системы: сигнализация о сбоях, аварийный сброс давления, резервные насосы и компрессоры.

13. Биореакторы для культивирования, ферментации, получения продуктов метаболизма, фракционирования плазмы

1. Биореакторы для клеток работают в мягком режиме — берегут клетки от повреждений, точно контролируют условия среды. Ферментёры для метаболитов работают интенсивнее: сильнее перемешивают и аэрируют среду, чтобы больше получить продукта (антибиотика или фермента).
2. У биореакторов для животных и растительных клеток: мягкие мешалки, низкий shear stress (чтобы не повредить клетки), точное регулирование pH и CO₂ (для культур млекопитающих), часто — одноразовые системы (чтобы снизить риск заражения).
3. Низкий shear stress поддерживают так: используют мягкие пропеллерные мешалки, волновое качание (в одноразовых мешках), эрлифт (циркуляция за счёт подачи воздуха), ограничивают скорость мешалки (обычно до 100 об/мин).
4. Для получения антибиотиков и ферментов применяют: STR-биореакторы с интенсивной аэрацией (для пенициллина), мембранные биореакторы (для ферментов), твердофазные ферментёры (для грибных антибиотиков), биореакторы с иммобилизованными клетками.
5. Биореакторы для фракционирования плазмы крови должны быть стерильными (класс A/ISO 5), сделаны из безопасных материалов (полимеры, стекло), поддерживать низкую температуру (2–8 °C) и точный pH, а также сочетаться с фильтрами и хроматографическими системами.
6. Продукт от биомассы отделяют разными способами: центрифугированием (на сепараторах), фильтрацией (микро- и ультрафильтрация), отстаиванием (седиментацией), сепарацией. Используют центрифуги, мембранные фильтры, отстойники и сепараторы.
7. Пример биореактора для непрерывного получения рекомбинантного белка — проточный биореактор с иммобилизованными клетками или ферментом. В него непрерывно подают питательную среду, а на выходе собирают раствор с целевым белком; процесс идёт без остановок, пока клетки активны.

14. Биореакторы в различных отраслях промышленности

1. В фармацевтике чаще всего используют STR-биореакторы (с мешалкой и аэрацией) и одноразовые системы из полимерных мешков. Одноразовые удобны тем, что не требуют стерилизации и снижают риск заражения.
2. В пищевой промышленности биореакторы нужны для: производства ферментов (например, амилаз и протеаз), аминокислот (лизин, глутамат), пробиотиков (лактобактерий, бифидобактерий), заквасок для сыров и йогуртов, органических кислот (лимонной, молочной).

3. Особенности биореакторов для биотоплива:

- для биоэтанола — ферментация сахаров дрожжами, с последующей дистилляцией;
- для биодизеля — биореакторы с липазами или микроводорослями, работающие при умеренных температурах и с контролем pH. Часто — большие объёмы, экономичные материалы, простота обслуживания.

4. В экологической биотехнологии применяют:

- мембранные биореакторы (МБР) — для глубокой очистки сточных вод;
- анаэробные метантенки — для переработки органики и получения биогаза;
- биофильтры и биоскрubberы — для очистки воздуха от запахов и ЛОС;
- аэробные аэротенки — для биологической очистки стоков.

5. Инновационные применения биореакторов:

- культивирование мяса *in vitro* — биореакторы с каркасом-матриксом и питательной средой для роста мышечных клеток;
- производство биопластиков (ПГА, PLA) — биореакторы с микроорганизмами, накапливающими полимеры;
- выращивание водорослей для биодизеля и нутрицевтиков;
- биореакторы для 3D-биопечати тканей и органов.

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.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Оценочные средства: тест

СПЕЦИФИКАЦИЯ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА

1. Характеристика оценочного средства.

Тест – система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Оценочное средство «Тест» соответствует:

- Федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС) по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология» (уровень бакалавриата), утверждённому приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 10 августа 2021 г. №736
- основной профессиональной образовательной программе по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология»;
- рабочей программе дисциплины Б1.О.23 Биотехнологические реакторы, реализуемой по соответствующей основной профессиональной образовательной программе.

При помощи данного оценочного средства осуществляется контроль и управление процессом приобретения обучающимися необходимых знаний, умений и владений, определенных ФГОС по соответствующему направлению подготовки в качестве результатов освоения учебной дисциплины

2. Система оценивания результатов

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине. Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в письменной форме в виде теста. Время, отводимое обучающемуся на выполнение теста - 60 минут.

Критерии и шкала оценивания:

Тестовые задания:

дифференцированная оценка:

90 -100 % правильных ответов – оценка «отлично»,

76 - 89 % правильных ответов – оценка «хорошо»,

51- 75 % правильных ответов – оценка «удовлетворительно»,

0 – 50 % правильных ответов – оценка «неудовлетворительно».

3. Комплект вопросов для экзамена

КОМПЛЕКТ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ для экзамена

по дисциплине Б1.О.23 Биотехнологические реакторы

1. К оборудованию для культивирования адгезивных культур клеток не относятся:
А) Чашки Петри
В) Роллерные установки с вращающимися цилиндрами
С) Биореактор с мешалкой с жидкой питательной средой
D) Планшеты из полистирола
е. Флаконы культуральные многоуровневые
2. Роллерные установки для культивирования адгезивных культур клеток используются с целью:
А) Получения вакцин
В) Получения активного ила
С) Переработки органических отходов
D) Получения витаминов
3. Ретентат – это:
А) Поток свежей питательной среды
В) Прошедший сквозь поры поток среды
С) Поток среды, содержащий концентрированные продукты метаболизма
D) Пермеат
4. Пермеат – это:
А) Поток свежей питательной среды
В) Прошедший сквозь поры поток среды
С) Поток среды, содержащий концентрированные продукты метаболизма
D) Пермеат
5. Единицы измерения размеров пор мембран для культивирования клеток:
А) шт/см²
В) клеток/м³
С) мкм
D) мкм²
6. Адгезивные культуры клеток нельзя охарактеризовать как:
А) культуры клеток, способных к размножению только на поверхности носителя
В) клетки млекопитающих, например, клетки почки человека
С) культуры клеток, растущих в толще или на поверхности питательной среды, например, бактерии, дрожжи, грибы.
D) клетки, которые способны расти на внутренней поверхности емкостей (флакон, чашка Петри и т.д.)
7. При культивировании культуры клеток яичников китайского хомячка (СНО):
А) не требуется аэрация питательной среды
В) требуется безпузырьковая аэрация питательной среды через полупроницаемые мембраны
С) требуется аэрация барботированием и перемешивание якорной мешалкой
D) достаточно виброперемешивания питательной среды
8. Результаты эксперимента по культивированию адгезивных культур клеток суспензионным методом (в толще питательной среды без микроносителей)

А) не могут быть взяты за основу при моделировании процесса культивирования таких клеток в половолоконных мембранных реакторах.

В) могут быть взяты за основу при моделировании процесса культивирования таких клеток в половолоконных мембранных реакторах.

С) могут быть взяты за основу при моделировании процесса культивирования таких клеток в половолоконных мембранных реакторах объемом до 1 л

Д) нет правильного ответа

9. Параметры половолоконного мембранного биореактора:

А) количество волокон

В) внутренний и внешний диаметр полого волокна

С) объем корпуса биореактора

Д) температура в биореакторе

10. После инокуляции клеток в реактор с питательной средой и взвешенными в ней микроносителями характерными являются процессы:

А) адгезия всех клеток только на поверхности микроносителей, этот период называют лаг фазой, гибель и лизис клеток не происходит

В) большая часть клеток оседает на поверхности микроносителей, оставшая же часть, оставшаяся в суспензии, вымирает с дальнейшим протеканием лизиса

С) осаждения микроносителей

Д) растворение микроносителей

11. Турбулентные пульсации при культивировании неадгезионных типов клеток необходимо создавать для:

А) для разрушения агломератов слипшихся клеток

В) для аэрации среды

С) для удаления продуктов метаболизма клеток

Д) для стимуляции синтеза вторичных метаболитов

12. Монослойный рост клеток на поверхности полых волокон характерен для:

А) эмбриональных тканей

В) клеток яичников китайского хомячка

С) дрожжей

Д) грибов

13. Для биологической очистки воздуха не применяют установки:

А) биофильтры

В) биоскрубберы

С) биореакторы с омываемым слоем

Д) многоуровневые культуральные флаконы

14. Многоуровневые культуральные флаконы используются для:

А) очистки сточных вод

В) для культивирования адгезивных культур клеток

С) для выращивания грибов

Д) для выращивания плесневых грибов

15. Какого вида биофильтров не бывает в зависимости от способа их эксплуатации и области применения:

А) фильтрующий

В) плоский рукавный

С) контейнерного типа

Д) башенный

16. Вид скруббера (мокрого пылеуловителя):

А) Посадочный

В) Осадочный

С) Насадочный

Д) Усадочный

17. Выберите правильное определение термина – это:

А) установка очистки сточных вод.

В) скруббер, в котором орошающей жидкостью (абсорбентом) служит водяная суспензия активного ила.

С) малый аэротенк

Д) биореактор для культивирования клеток почки эмбриона свиньи

18. Тип потока, образующийся в сужающемся сечении скруббера Вентури при поступлении смеси газа и орошающей жидкости:

А) Турбулентный

В) Ламинарный

С) Прямой

Д) Косой

19. Активный ил нельзя охарактеризовать как:

А) шлам, образующийся после очистки сточных вод

В) комплекс микроорганизмов, необходимых для биологического очищения стоков в специализированных очистных сооружениях

С) почва-грунт

Д) масса загрязняющих веществ в сточных водах

20. Биофильтр для очистки сточных вод – это:

А) сооружение, в котором сточные воды фильтруются через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой (биопленкой).

В) мембрана с нанесенным активным илом в виде биопленки, через которую пропускают сточные воды.

С) барботажная колонна

Д) емкость с активированным углем

21. Тело биофильтра для очистки сточных вод – это:

А) Фильтрующая загрузка, которая расположена в резервуаре, доступном для проникновения воды

В) Устройство для распределения воды, позволяющее равномерно орошать фильтрующую загрузку загрязненной водой

С) Дренаж

Д) Устройство распределения воздуха

22. Первая стадия процесса биологической очистки сточных вод.

А) аэробная стадия

В) анаэробная стадия

С) аноксидная стадия (денитрификация).

Д) глубокая биологическая доочистка с применением иммобилизованных на носителе микроорганизмов

23. Материал загрузки в биофильтрах с объемной нагрузкой:

А) асбестовые листы, синтетические ткани

В) опил, глина

С) горный щебень, керамзит, галька

Д) зерна злаков

24. В биофильтр должна поступать сточная вода с количеством взвешенных частиц:

А) менее 100 мг/л

В) менее 50 мг/л

С) менее 10 мг/л

Д) более 1000 мг/л

25. После прохождения по аэрационному бассейну смесь очищенной сточной воды с активным илом поступает в:

А) первичный отстойник

В) вторичный отстойник

- С) третичный отстойник
D) иловую камеру
26. После очистки сточной воды накопленный активный ил из иловой камеры:
A) вновь направляется исключительно в аэротенк
В) часть ила направляется в аэротенк, избыток - на регенерацию или утилизацию
С) сжигается
D) обрабатывается кислотой
27. Во сколько раз выше концентрация активного ила в регенераторе, чем в аэротенке:
А) в 2 раза
В) в 4 раза
С) в 6 раз
D) в 100 раз
28. Концентрация растворенного в жидкости кислорода в аэротенках поддерживается в пределах:
A) не более 0,001 мг/л
В) 0,5–2,0 мг/л
С) не менее 2,0 мг/л
D) не менее 100 мг/л
29. К активным минерализаторам в иле, обладающим гетеротрофным типом питания, относятся:
А) грибы и дрожжи
В) вирусы
С) бактерии
D) растения
30. Наибольшее количество индикаторных организмов в активном иле относится к типу:
A) вирусов
В) животных
С) растений
D) инфузорий
31. Укажите форму днища, наиболее распространенную при изготовлении емкостного оборудования:
A) сферическое
В) эллиптическое
С) плоское
D) коническое
32. Для крепления фланцевого соединения не используют:
A) болты
В) гайки
С) гвозди
D) уплотнительные кольца
33. Штуцеры могут располагаться:
A) на крышке аппарата
В) на обечайке
С) на днище
D) все ответы правильные.
34. Бобышка это-
А) фланец, приваренный непосредственно к корпусу аппарата
В) устройство для загрузки в реактор сырья
С) устройство для установки реактора на фундамент
D) сосуд, который надевается на корпус аппарата с зазором.
35. Рубашка это-
A) внутренняя часть мешалки
В) внутренний змеевик реактора для подогрева сред
С) наружное теплообменное устройство реактора

D) устройство для аэрации сред, загруженных в реактор

36. Биореактор- это:

A) Реактор для производства живых микроорганизмов

B) аппарат для производства ценных продуктов с помощью живых микроорганизмов или их метаболитов.

C) Аппарат для производства питательной среды

D) Аппарат для культивирования дрожжей

37. Культуральная жидкость – это:

A) Освобожденная от биомассы жидкая среда, получаемая при культивировании различных микроорганизмов in vitro, содержащая остаточные вещества питательных сред и продукты метаболизма микроорганизмов.

B) Среда, содержащая биомассу микроорганизмов, продукты метаболизма микроорганизмов и остаточные вещества питательных сред.

C) Жидкость, содержащая только продукты жизнедеятельности микроорганизмов.

D) Жидкость, содержащая только остаточные вещества питательного субстрата.

38. По отношению к кислороду микроорганизмы классифицируют на:

A) Аэробы, аэрофобы

B) Аэрофильные, аэрофобные

C) Аэрационные, бескислородные

D) Аэробы, анаэробы

39. Биореакторы можно классифицировать по следующим параметрам:

A) -По размеру и целевому назначению; -По режиму работы; -По условиям культивирования.

B) -По объектам культивирования; -По режиму работы; -По условиям культивирования.

C) -По объектам культивирования; -По способу приведения в действие; -По условиям культивирования.

D) -По режиму работы; -Лабораторные; -Газофильные.

40. По способу ввода энергии биореакторы можно разделить на реакторы

A) -С подводом энергии к газовой фазе; -С подводом энергии к жидкой фазе; -С комбинированным подводом энергии.

B) -С подводом энергии к перемешивающему устройству; -С подводом энергии к корпусу аппарата;

C) -С подводом энергии к сжатому воздуху; -С подводом энергии к питательной среде; -С подводом энергии к перемешивающему устройству

D) -С подводом энергии к пропеллерной мешалке; -С подводом энергии к турбинной мешалке; -С подводом энергии к лопастной мешалке; -С подводом энергии к другим видам мешалок.

41. Барботер - это:

A) Устройство для распределения газа в жидкости, установленное по всей высоте биореактора

B) Устройство для распределения газа в жидкости, установленное по центру высоты биореактора

C) Устройство для распределения газа в жидкости, установленное сверху биореактора

D) Устройство для распределения газа в жидкости, установленное снизу биореактора

42. Биореакторы системы Лефрансуа – Марийе относятся к:

A) Кожухотрубчатым теплообменникам

B) Барботажным колоннам

C) Системам механического перемешивания

D) Аэрлифтным (газлифтным) биореакторам

43. К биореакторам с подводом энергии к жидкой фазе не относят:

A) Аппараты с механическим перемешиванием

B) Аппараты с самовсасывающей турбиной

C) Аппараты с барботером.

D) Аппараты с турбоэжекторными перемешивающими устройствами

44. Процесс полного смешивания можно охарактеризовать выражением:

A) Концентрация в каждой точке среды одинаковая.

B) Время пребывания каждой частицы в реакторе одинаковое

C) Концентрация и время пребывания каждой частицы в реакторе одинаковое

D) Разделение смешанных фаз невозможно

45. Интенсивность перемешивания:

A) определяется количеством энергии, подводимой в единицу времени к единице объема перемешиваемой жидкости или к единице массы перемешиваемой жидкости

B) определяется количеством питательной среды, подводимой в единицу времени к единице объема перемешиваемой жидкости или к единице массы перемешиваемой жидкости

C) определяется количеством посевного материала (инокулята), подводимой в единицу времени к единице объема перемешиваемой жидкости или к единице массы перемешиваемой жидкости

D) определяется количеством кислорода, подводимой в единицу времени к единице объема перемешиваемой жидкости или к единице массы перемешиваемой жидкости

46. Течение, при котором жидкость в сосуде движется параллельно пути, описываемому мешалкой - это:

A) Радиальное течение

B) Тангенциальное течение

C) Осевое течение

D) Аксиальное течение

47. Критерии гидродинамического подобия при процессах перемешивания - это:

A) Рейнольдса, Маха, Фруда

B) Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля

C) Эйлера, Галилея, Фруда

D) Эйлера, Рейнольдса, Фруда

48. Модель Моно при описании кинетики процессов, происходящих в биореакторе, показывает зависимость:

A) концентрации продукта от скорости роста микроорганизмов

B) удельной скорости роста от концентрации субстрата

C) удельной скорости роста от концентрации продуктов метаболизма

D) удельной скорости роста от температуры культивирования

49. SIP-станция:

A) Переносное оборудование для мойки биореактора

B) Станция нейтрализации продуктов метаболизма

C) Станция приготовления питательной среды

D) Модуль из нержавеющей стали, который обеспечивает подготовку, нагрев и циркуляцию моющих растворов внутри технологического оборудования для удаления загрязнений без необходимости его разбора

50. Максимум флуоресценции рибофлавина приходится на длину волны:

A) 400 нм

B) 470 нм

C) 565 нм

D) 700 нм

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.

Примерный перечень оценочных средств

Деловая и/или ролевая игра – совместная деятельность группы обучающихся и преподавателя под управлением преподавателя с целью решения учебных и профессионально-ориентированных задач путём игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи.

Доклад – публичное сообщение, представляющее собой развёрнутое изложение определённой темы.

Кейс-задача – проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы.

Коллоквиум – средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.

Контрольная работа – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу

Круглый стол, дискуссия – оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.

Опрос – это средство контроля, проводимое с целью выявления уровня усвоения материала обучающимися по дисциплине.

Портфолио – целевая подборка работ обучающегося, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения по дисциплине.

Презентация – продукт самостоятельной работы обучающегося, позволяющий оценить умение раскрыть, оформить и наглядно представить содержание определенного вопроса, темы или результатов самостоятельного исследования с использованием технических средств.

Проект – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Рабочая тетрадь – дидактический комплекс, предназначенный для самостоятельной работы обучающегося и позволяющий оценивать уровень усвоения им учебного материала.

Разноуровневые задачи и задания – различают задачи и задания:

а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины;

б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей;

в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Расчётно-графическая работа – средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.

Реферат – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Ситуационная задача – это оценочное средство, включающее совокупность условий, направленных на решение практически значимой ситуации с целью проверки сформированности компетенций обучающихся.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объёма знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Сообщение – это небольшое по объёму устное сообщение, в краткой форме передающее ясную и четкую суть информации.

Творческое задание – частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Тест – система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Тренажер – техническое средство, которое может быть использовано для контроля приобретённых обучающимся профессиональных навыков и умений по управлению конкретным материальным объектом.

Учебно-исследовательская работа – задания, позволяющие оценивать умение обучающихся применять на практике полученные знания и навыки для проведения самостоятельного исследования, формулировать выводы и аргументировать собственную точку зрения.

Эссе – это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем соответствующей дисциплины или самостоятельно избранная обучающимся по проблематике читаемого курса. Цель написания эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого подхода к пониманию и осмыслению проблем научного знания, возможности его прикладного использования, а также навыков письменного изложения собственных мыслей и отношения к различным явлениям.