

Документ подписан простой электронной подписью
 Информация о владельце:
 ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич
 Должность: Ректор
 Дата подписания: 20.08.2026 13:51:20
 Уникальный идентификатор:
 d56ba15a9b6e5c64a319a7c5ae3bb2cddb840af0

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.23 Биотехнологические реакторы

ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний

ОПК-5 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции

Заполнение таблицы по каждой компетенции всех типов заданий.

Номер задания	Содержание вопроса	Правильный ответ	Компетенция
1. Задание закрытого типа на установление соответствия (проверяет эксперт)			
1.	Установите соответствие между критериями классификации биореакторов и их примерами: 1. По режиму работы. 2. По рабочему объёму. 3. По способу подвода энергии. 4. По материалу конструкции. Варианты ответов: А. Пластик, стекло, нержавеющая сталь. Б. Периодические, непрерывные, полунепрерывные. В. Лабораторные, пилотные, промышленные. Г. Механическое, пневматическое, циркуляционное перемешивание.	1 — Б, 2 — В, 3 — Г, 4 — А.	ОПК-4
2.	Соотнесите типы биореакторов по рабочему объёму с соответствующими диапазонами: 1. Лабораторные. 2. Пилотные. 3. Промышленные. Варианты ответов: А. 10–100 м ³ и более. Б. 0,5–100 л. В. 100 л–10 м ³ .	1 — Б, 2 — В, 3 — А.	ОПК-4
3.	Установите соответствие между типами биореакторов (по режиму работы) и их характеристиками: 1. Закрытые (периодические). 2. Открытые (непрерывные). Варианты ответов: А. Постоянная подача питательных веществ и удаление продуктов метаболизма, поддержание постоянного объёма среды. Б. Все компоненты загружаются в начале процесса, после завершения продукт выгружается, реактор стерилизуется и цикл повторяется. Примеры применения:	1 — Б, 2 — А.	ОПК-4

	• Для закрытых: лабораторные исследования, производство продуктов с ограниченным сроком хранения. • Для открытых: промышленное производство антибиотиков, ферментов.		
4.	Соотнесите группы биореакторов по способу подвода энергии с их описанием: 1. С подводом энергии к газовой фазе. 2. С подводом энергии к жидкой фазе. 3. С комбинированным подводом энергии. Варианты ответов: А. Перемешивание обеспечивается механическими устройствами или насосами. Б. Сочетают подвод энергии к газовой фазе для аэрации и к жидкой фазе для перемешивания. В. Аэрация и перемешивание осуществляются сжатым воздухом, подаваемым под давлением.	1 — В, 2 — А, 3 — Б.	ОПК-4
5.	Установите соответствие между типами биореакторов по способу подачи воздуха и микроорганизмами, для которых они предназначены: 1. Аэробные. 2. Анаэробные. 3. Комбинированные (аэробно-анаэробные). Варианты ответов: А. Анаэробные микроорганизмы, для которых кислород токсичен. Б. Аэробные микроорганизмы, которым кислород необходим для роста и метаболизма. В. Позволяют культивировать как аэробные, так и анаэробные культуры одновременно.	1 — Б, 2 — А, 3 — В.	ОПК-5
6.	Соотнесите характеристику и применение комбинированных (аэробно-анаэробных) биореакторов: 1. Одновременное протекание аэробных и анаэробных процессов. 2. Использование тепла аэробного процесса для подогрева анаэробной культуры. 3. Последовательная обработка субстрата разными типами микроорганизмов. Варианты ответов: А. Очистка сточных вод. Б. Получение биогаза. В. Биотехнологические процессы с участием нескольких видов культур.	1 — А, 2 — Б, 3 — В.	ОПК-5
7.	Установите соответствие между специализированными биореакторами и их особенностями:	1 — В, 2 — А, 3 — Г, 4 — Б.	ОПК-5

	1. Для клеточных культур (RTS-1 и RTS-1C). 2. Анаэробный (UASB). 3. Биореактор с фиксированной твёрдой фазой. 4. Мембранный (МБР). Варианты ответов: А. Герметичные условия, отсутствие кислорода, используются для очистки сточных вод и получения биогаза. Б. Сочетание биологической очистки с глубокой фильтрацией через мембраны, применяется в очистке сточных вод. В. Системы контроля температуры, pH, кислорода, возможности неинвазивного мониторинга биомассы и метаболической активности. Г. Клетки закрепляются на неподвижной подложке, минимизируется риск повреждения культуры из-за механического стресса или пузырьков газа.		
8.	Соотнесите понятия, связанные с массообменом в биореакторе, с их описанием: 1. Массообмен в биореакторе. 2. Вещества, участвующие в массообмене. 3. Факторы, влияющие на массообмен. Варианты ответов: А. Кислород из газовой фазы в жидкую (для аэробных процессов). Б. Процесс переноса веществ между различными фазами (газ–жидкость, жидкость–клетки) для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов. В. Интенсивность перемешивания, аэрация, температура, pH, концентрация веществ.	1 — Б, 2 — А, 3 — В.	ОПК-5
2. Задание закрытого типа на установление последовательности (проверяет эксперт)			
9.	Установите правильную последовательность факторов, влияющих на скорость массопереноса кислорода в культуральной среде (от наиболее значимых к менее значимым): А. Интенсивность перемешивания. Б. Температура среды. В. Вязкость культуральной жидкости. Г. Концентрация растворённого кислорода. Д. Давление в системе. Е. Размер пузырьков воздуха.	А, Е, В, Г, Б, Д.	ОПК-4
10.	Расположите этапы экспериментального определения коэффициента массопередачи KLa в правильной последовательности: А. Расчёт значения KLa по формуле на основе полученных данных. Б. Построение графика зависимости концентрации кислорода от времени. В. Насыщение среды кислородом до максимального уровня.	Е, Г, В, Д, Б, А.	ОПК-4

	Г. Измерение начальной концентрации растворённого кислорода. Д. Отключение подачи кислорода и фиксация снижения его концентрации. Е. Установка датчиков растворённого кислорода в биореакторе.		
11.	Установите последовательность последствий недостаточного массообмена для роста микроорганизмов (цепочка причинно-следственных связей): А. Снижение скорости роста культуры. Б. Накопление токсичных метаболитов. В. Ограничение доступа кислорода к клеткам. Г. Нарушение метаболических процессов. Д. Уменьшение выхода целевого продукта.	В, Г, Б, А, Д.	ОПК-4
12.	Расположите уровни интенсивности аэрации в порядке увеличения массообмена (и соответствующего ориентировочного расхода воздуха): А. Высокая аэрация: 2–3 об./об./ч (объём воздуха на объём среды в час). Б. Умеренная аэрация: 1–2 об./об./ч. В. Низкая аэрация: 0,5–1 об./об./ч. Г. Чрезмерная аэрация: более 3 об./об./ч (риск повреждения клеток).	В, Б, А, Г.	ОПК-4
13.	Установите правильную последовательность внедрения конструктивных элементов биореактора для улучшения массообмена (по степени их влияния): А. Барботёр для подачи воздуха. Б. Диффузор для распределения пузырьков. В. Механическая мешалка. Г. Эрлифтная система (газлифт). Д. Охлаждающие змеевики с турбулизирующими вставками.	В, А, Б, Г, Д.	ОПК-5
14.	Расположите методы контроля уровня растворённого кислорода в биореакторе в порядке их внедрения (от традиционных к современным): А. Оптические датчики (люминесцентные). Б. Полярографические датчики (Кларка). В. Химические методы (йодометрическое титрование — метод Винклера). Г. Цифровые системы онлайн-мониторинга с обратной связью.	В, Б, А, Г.	ОПК-5
15.	Установите последовательность изучения параметров гидродинамики биореакторов (от базовых к комплексным): А. Распределение скоростей потоков. Б. Время перемешивания. В. Турбулентность и число Рейнольдса. Г. Градиенты давления. Д. Объёмная циркуляция среды.	Б, Д, А, Г, В.	ОПК-5

16.	Расположите этапы влияния перемешивания на однородность среды в биореакторе в логической последовательности: А. Устранение застойных зон. Б. Выравнивание концентрации субстрата. В. Снижение градиента температуры. Г. Обеспечение равномерного распределения кислорода. Д. Достижение гомогенности среды.	А, В, Б, Г, Д.	ОПК-5
3. Задание открытого типа с развернутым ответом/ задача (проверяет эксперт)			
17.	перечислите типы мешалок, применяемых в биореакторах, и укажите их преимущества и недостатки. В ответе приведите не менее четырёх типов мешалок. Для каждой: • назовите тип мешалки; • кратко опишите принцип её работы или характер создаваемого потока; • укажите одно ключевое преимущество; • укажите один существенный недостаток.	1. Турбинная мешалка • Принцип работы: создаёт интенсивный радиальный поток за счёт вращения турбинного колеса с лопатками. • Преимущество: обеспечивает эффективное перемешивание и диспергирование газа в жидкости, подходит для сред средней вязкости. • Недостаток: высокое энергопотребление и возможное повреждение чувствительных клеток (например, млекопитающих) из-за сильных сдвиговых напряжений. 2. Якорная мешалка • Принцип работы: форма якоря повторяет профиль стенок биореактора, создаёт слабый осевой поток. • Преимущество: предотвращает образование осадка на стенках и дне реактора, идеальна для высоковязких сред. • Недостаток: низкая интенсивность перемешивания в центральной части реактора, недостаточная аэрация. 3. Спиральная мешалка • Принцип работы: спиральная форма создаёт сильный осевой поток, направляя жидкость вверх или вниз по оси реактора. • Преимущество: минимизирует сдвиговые напряжения, подходит для культивирования чувствительных клеток (клеток млекопитающих, растительных тканей). • Недостаток: менее эффективна для диспергирования газа, требует сочетания с барботёром. 4. Лопастная мешалка • Принцип работы: плоские или наклонённые лопасти создают слабый радиальный или осевой поток в зависимости от угла наклона. • Преимущество: простота конструкции, низкое энергопотребление, подходит для низковязких сред и мягких условий перемешивания. • Недостаток: неэффективна для	ОПК-4

		высоковязких сред и интенсивного массопереноса кислорода.	
18.	что такое циркуляционный контур в биореакторе? Подробно ответьте на вопросы: • Дайте чёткое определение циркуляционного контура. • Опишите, как он формируется в биореакторе (какие элементы конструкции и процессы участвуют). • Объясните, какую роль он играет в обеспечении массообмена и теплообмена. • Приведите пример биореактора, в котором циркуляционный контур особенно важен (например, эрлифтный биореактор), и поясните, почему.	Циркуляционный контур — это замкнутый путь движения жидкости внутри биореактора, обеспечивающий равномерное распределение субстрата, кислорода и тепла. Формирование циркуляционного контура: • создаётся за счёт работы мешалки, которая задаёт направление потока; • усиливается за счёт барботёра (подача воздуха формирует восходящий поток пузырьков); • поддерживается конструктивными элементами: отражательными перегородками, диффузорами, эрлифтными трубами. Роль в массообмене и теплообмене: • Массообмен: циркуляция улучшает перенос кислорода из пузырьков воздуха в культуральную среду, равномерно распределяет субстрат и удаляет продукты метаболизма. • Теплообмен: перемешивание предотвращает локальный перегрев или переохлаждение, обеспечивая эффективный отвод тепла через охлаждающие змеевики. Пример: эрлифтный биореактор В эрлифтном биореакторе циркуляционный контур формируется за счёт разницы плотностей в аэрируемой и неаэрируемой зонах: • в зоне с подачей воздуха плотность жидкости снижается из-за пузырьков, что создаёт восходящий поток; • в соседней зоне жидкость опускается, замыкая контур. Это позволяет: • минимизировать сдвиговые напряжения (подходит для чувствительных культур); • снизить энергозатраты на перемешивание; • обеспечить стабильный массоперенос кислорода.	ОПК-4
19.	как вязкость среды влияет на гидродинамику потока в биореакторе? Разверните ответ по пунктам: • Объясните, как увеличение вязкости влияет на: ○ скорость потока; ○ интенсивность перемешивания; ○ энергозатраты на	Влияние вязкости на гидродинамику: • Скорость потока: увеличивается гидравлическое сопротивление, что снижает скорость потока при тех же энергозатратах. • Интенсивность перемешивания: высокая вязкость затрудняет турбулентное перемешивание, приводя к ламинарному течению и образованию застойных зон. • Энергозатраты: для достижения той же степени перемешивания требуется больше энергии (мощность на валу мешалки растёт	ОПК-4

	перемешивание; ○ массоперенос кислорода. • Приведите 3–4 примера вязких субстратов, используемых в биотехнологических процессах (например, среды с высоким содержанием полисахаридов, крахмальные суспензии, среды для культивирования мицелиальных грибов и т.п.). • Укажите, какие конструктивные или технологические решения помогают компенсировать негативное влияние высокой вязкости.	пропорционально вязкости). • Массоперенос кислорода: снижается коэффициент массопередачи KLa из-за уменьшения турбулентности и увеличения размера пузырьков. Примеры вязких субстратов: • крахмальные суспензии (производство этанола); • среды с альгинатом или ксантаном (инкапсуляция клеток); • культуральные среды для мицелиальных грибов (<i>Aspergillus</i>, <i>Penicillium</i>); • растворы с высоким содержанием белков или полисахаридов (производство ферментов). Решения для компенсации: • использование якорных или спиральных мешалок для высоковязких сред; • ступенчатая подача субстрата для снижения вязкости в начале процесса; • подогрев среды (снижение вязкости при повышении температуры); • применение эрлифтных систем для минимизации механического перемешивания.	
20.	что такое зона застоя? Почему её стремятся минимизировать? Раскройте следующие аспекты: • Дайте определение зоны застоя. • Объясните, где и почему такие зоны обычно образуются. • Перечислите не менее трёх негативных последствий их наличия для биотехнологического процесса. • Предложите 2–3 способа устранения или минимизации зон застоя.	Зона застоя — область в биореакторе с минимальным или нулевым движением жидкости, где накапливаются метаболиты и снижается концентрация субстрата/кислорода. Места образования: углы реактора, зоны у дна, области рядом с креплениями датчиков или змеевиками охлаждения — из-за неудачной геометрии или низкой скорости перемешивания. Негативные последствия: 1. Неравномерный рост культуры (часть клеток голодает, часть отравляется метаболитами). 2. Снижение выхода целевого продукта из-за гибели клеток в застойных зонах. 3. Риск контаминации — застойные зоны благоприятны для развития посторонних микроорганизмов. 4. Локальные перегревы из-за плохого теплоотвода. Способы устранения: • установка отражательных пластин для разрушения застойных зон; • оптимизация формы дна (коническое дно вместо плоского); • увеличение скорости перемешивания (с учётом чувствительности клеток); • использование комбинированных систем перемешивания (механическое + пневматическое).	ОПК-4
21.	как моделируют	Методы моделирования:	ОПК-5

	гидродинамику биореактора? В развёрнутом ответе: • Перечислите основные методы моделирования. • Назовите распространённое ПО для вычислительной гидродинамики (CFD). • Укажите 2–3 ключевых критерия подобия, применяемых при масштабировании, и кратко поясните их смысл. • Кратко опишите, как результаты моделирования используются на практике.	• экспериментальные (PIV, LDV для измерения полей скоростей); • численные (CFD — решение уравнений Навье-Стокса); • аналитические (упрощённые модели на основе теории подобия). ПО для CFD: • ANSYS Fluent (турбулентные потоки, многофазные системы); • COMSOL Multiphysics (сопряжённые процессы: гидродинамика + массоперенос); • OpenFOAM (гибкие расчёты с возможностью кастомизации). Критерии подобия: • Число Рейнольдса ($Re = \mu \rho \cdot v \cdot L$) — определяет режим течения (ламинарный/турбулентный), важно для масштабирования перемешивания. • Число Фруда ($Fr = g \cdot L \cdot v^2$) — соотношение инерционных и гравитационных сил, критично для процессов с разделением фаз. • Число Эйлера ($Eu = \rho \cdot v^2 \Delta p$) — влияние перепадов давления на поток, используется при моделировании аэрации. Практическое применение: • выбор типа мешалки и её расположения; • расчёт мощности привода; • прогнозирование распределения кислорода и температуры; • оптимизация подачи субстрата и отвода продуктов.	
22.	что такое кинетика роста микроорганизмов? Раскройте вопрос подробно: • Дайте определение кинетики роста микроорганизмов. • Перечислите и кратко охарактеризуйте фазы роста в периодической культуре (лаг-фаза, экспоненциальная фаза, стационарная фаза, фаза отмирания). Для каждой фазы укажите: ○ динамику изменения концентрации биомассы; ○ физиологическое состояние клеток; ○ ключевые факторы, определяющие переход к	Кинетика роста микроорганизмов — количественное описание изменения биомассы во времени под влиянием условий среды. Фазы роста в периодической культуре: 1. Лаг-фаза: ○ биомасса почти не меняется; ○ клетки адаптируются, синтезируют ферменты; ○ переход — при завершении адаптации к среде. 2. Экспоненциальная фаза: ○ максимальный рост биомассы с постоянной скоростью $\mu_{\max}$; ○ клетки активны, деление синхронизировано; ○ переход — при исчерпании субстрата или накоплении ингибиторов. 3. Стационарная фаза: ○ биомасса постоянна (рост = отмирание); ○ активируются стрессовые ответы, синтез вторичных метаболитов; ○ переход — из-за лимита субстрата, недостатка O_2, накопления токсинов. 4. Фаза отмирания:	ОПК-5

	следующей фазе. • Объясните, чем отличается кинетика роста в периодических и непрерывных культурах.	○ экспоненциальное снижение биомассы из-за автолиза; ○ выделяются питательные вещества из лизированных клеток; ○ могут сохраняться покоящиеся формы (споры). Отличия периодической и непрерывной культуры: • в периодической — фазы сменяют друг друга, процесс завершается; • в непрерывной (хемостат, турбидостат) — поддерживается стационарное состояние за счёт подачи субстрата и отвода биомассы.	
23.	какие продукты получают в анаэробных биореакторах? Подробно опишите основные продукты, укажите, в каких процессах и из каких субстратов они образуются, а также приведите 2–3 примера практического применения каждого продукта.	В анаэробных биореакторах получают несколько ключевых продуктов в результате последовательных биохимических процессов разложения органических веществ без доступа кислорода. Основные продукты: 1. Биогаз • Состав: преимущественно метан (CH_4, 60–80 %) и углекислый газ (CO_2, 20–40 %), в небольших количествах — аммиак (NH_3), сероводород (H_2S), водород (H_2) и др. • Процесс образования: формируется на этапе метаногенеза, когда метаногенные археи преобразуют уксусную кислоту, водород и углекислый газ в метан. • Субстраты: навоз, пищевые отходы, сточные воды, растительные остатки, отходы пищевой промышленности. • Применение: ○ источник энергии для выработки тепла и электроэнергии (когенерационные установки); ○ топливо для транспорта (после очистки и сжатия); ○ сырьё для химической промышленности (получение метанола, аммиака и др.). 2. Биоудобрения (дигестат, твёрдый осадок) • Состав: органическое вещество, макро- и микроэлементы (азот, фосфор, калий), гуминовые кислоты; отсутствие патогенов и семян сорняков. • Процесс образования: остаётся после завершения анаэробного сбраживания как твёрдый остаток. • Субстраты: те же, что и для биогаза (навоз, растительные отходы и т.д.). • Применение: ○ органическое удобрение для повышения плодородия почвы; ○ компонент почвенных смесей в тепличном хозяйстве; ○ средство рекультивации нарушенных земель	ОПК-5

		(например, карьеров, полигонов ТБО). 3. Жидкая фракция (жидкое биоудобрение) • Состав: растворённые питательные вещества (азот в аммонийной форме, фосфор, калий, микроэлементы), биологически активные соединения. • Процесс образования: выделяется в ходе анаэробного брожения как жидкая фаза после разделения твёрдой и жидкой фракций. • Субстраты: органические отходы с высоким содержанием влаги (сточные воды, навозная жижа, отходы переработки овощей и фруктов). • Применение: ○ подкормка сельскохозяйственных культур через системы капельного орошения; ○ основа для приготовления жидких органо-минеральных удобрений; ○ стимулятор роста растений при замачивании семян.	
24.	как концентрация субстрата влияет на скорость роста микроорганизмов? Разверните ответ: • Опишите общую зависимость скорости роста от концентрации субстрата (используя уравнение Моно). • Что такое ингибирование субстратом? Дайте определение и объясните механизм. • Приведите конкретный пример микроорганизма и субстрата, для которых характерно ингибирование субстратом. • Укажите, как на практике учитывают эффект ингибирования субстратом при проектировании биотехнологических процессов.	Зависимость скорости роста от S (по уравнению Моно): • при низких S рост пропорционален концентрации ($\mu \sim S$); • при высоких S скорость выходит на плато ($\mu \rightarrow \mu_{\max}$). Ингибирование субстратом — подавление роста при очень высоких концентрациях субстрата из-за: • осмотического стресса; • токсического действия промежуточных метаболитов; • ингибирования ферментов. Пример: дрожжи <i>Saccharomyces cerevisiae</i> при высоких концентрациях глюкозы (>150 г/л) снижают скорость роста из-за накопления этанола и осмотического давления. Практические решения: • ступенчатая подача субстрата (поддерживает S на оптимальном уровне); • использование хемостатов с контролируемой подачей; • подбор штаммов, устойчивых к высоким концентрациям субстрата.	ОПК-5
4. Задания открытого типа с кратким ответом/ вставить термин, словосочетание....., дополнить предложенное (проверяет эксперт)			
25.	В чём отличие кинетики роста от кинетики	кинетика роста описывает изменение биомассы во времени (например, через удельную скорость	ОПК-4

	биосинтеза продукта? Дайте ответ в 2–3 предложениях.	роста μ), а кинетика биосинтеза — скорость образования целевого продукта (например, антибиотика или фермента). Эти процессы могут не совпадать по фазам: биосинтез часто активен в стационарной фазе, а рост — в экспоненциальной.	
26.	Как температура и pH влияют на кинетические параметры процесса? Кратко опишите влияние каждого фактора (1–2 предложения на фактор).	• Температура: влияет на активность ферментов; отклонение от оптимума снижает скорость роста (μ) и биосинтез. Крайние значения вызывают денатурацию белков. • pH: определяет ионизацию субстратов и ферментов, транспорт веществ через мембрану. Отклонение от оптимума замедляет рост и биосинтез, может нарушать стабильность клеток.	ОПК-4
27.	В каких процессах применяют биореакторы для очистки воздуха? Приведите 2–3 примера.	• очистка выбросов на полигонах ТБО и мусороперерабатывающих заводах (разложение органических загрязнителей); • удаление зловонных газов (сероводорода, аммиака) на животноводческих фермах и скотобойнях; • очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности (коптильни, маслобойни) от летучих органических соединений и запахов.	ОПК-4
28.	Какие микроорганизмы используют для биodeградации летучих загрязнителей?	бактерии (<i>Acidithiobacillus thiooxidans</i> , <i>Pseudomonas</i> spp.), грибы (<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>), дрожжи. Они разлагают ЛОС, сероводород, аммиак и другие соединения до углекислого газа и воды	ОПК-4
29.	Как устроен биофильтр для очистки воздуха? Назовите основные компоненты.	• корпус/камера с фильтрующей загрузкой; • фильтрующая среда с биопленкой (торф, компост, кора, кокосовое волокно, вулканическая лава); • система увлажнения (разбрызгиватели для поддержания влажности 60–100 %); • вентилятор для прокачки воздуха; • дренажная система для отвода избыточной влаги.	ОПК-5
30.	Что такое биоскрubber? Чем он отличается от биофильтра?	биоскрubber — система очистки воздуха, где загрязнители сначала абсорбируются в жидкой фазе (воде или растворе), а затем разлагаются микроорганизмами в отдельном биореакторе. Отличия от биофильтра: • двухстадийный процесс (абсорбция + биodeградация); • выше стоимость и сложность эксплуатации; • эффективнее для высокорастворимых в воде загрязнителей; • быстрее запускается (меньше времени на акклиматизацию микробов); • не накапливает токсичные продукты в фильтрующем слое.	ОПК-5

31.	Какие параметры контролируют при биоочистке воздуха (не менее 4)?	• влажность фильтрующего слоя (60–100 % для активности микробов); • температура (оптимум 20–40 °C); • pH среды (влияет на активность ферментов и рост микроорганизмов); • концентрация загрязнителей на входе/выходе (оценка эффективности очистки); • скорость воздушного потока (время контакта с биопленкой); • содержание кислорода (для аэробных процессов); • состояние биопленки (биомасса, видовой состав).	ОПК-5
32.	Какие программные пакеты используют для моделирования биореакторных процессов? Перечислите 3–4 пакета и укажите, для каких задач они применяются.	1. ANSYS Fluent — CFD-моделирование гидродинамики, массо- и теплопереноса. 2. COMSOL Multiphysics — мультифизическое моделирование (гидродинамика + кинетика роста). 3. MATLAB/Simulink — решение систем дифференциальных уравнений, анализ кинетических моделей. 4. Aspen Plus — моделирование технологических процессов, включая биореакторные стадии.	ОПК-5
5. Задания комбинированного типа с выбором одного/нескольких правильного ответа из предложенных с последующим объяснением своего выбора			
33.	Какие элементы биореактора подлежат стерилизации? Выберите все правильные варианты: А) Внутренняя поверхность реактора. Б) Мешалка и привод мешалки. В) Датчики (pH, DO и др.). Г) Трубопроводы подачи воздуха и питательных сред. Д) Внешние панели управления. Е) Уплотнения и прокладки.	А, Б, В, Г, Е. Объяснение выбора: все внутренние компоненты, контактирующие с культуральной средой или питательными растворами, должны быть стерильными для предотвращения контаминации культуры. Внешние панели управления (Д) не контактируют с внутренней средой биореактора, поэтому их стерилизация не требуется.	ОПК-4
34.	Опишите метод SIP (Sterilization in Place). Какие параметры режима используются? Выберите правильный вариант: А) Температура 80 °C, время 30 мин, атмосферное давление. Б) Температура 100 °C, время 15 мин, избыточное давление 0,5 атм. В) Температура 121 °C, время 20–30 мин, избыточное давление 1–1,5 атм. Г) Температура 140 °C, время 5 мин, вакуум.	В. Объяснение выбора: режим 121 °C при избыточном давлении 1–1,5 атм (автоклавирование) — стандартный протокол для уничтожения всех форм микроорганизмов, включая споры. Более низкие температуры (А, Б) недостаточно эффективны, а высокие температуры с вакуумированием (Г) могут повредить оборудование.	ОПК-4
35.	Чем отличается SIP от CIP (Cleaning in Place)? Выберите все верные утверждения:	Б, В. Объяснение выбора: CIP (очистка на месте) удаляет органические и	ОПК-4

	А) СІР проводится после SIP. Б) SIP уничтожает микроорганизмы, СІР удаляет загрязнения. В) СІР может включать моющие средства, SIP — только пар или стерилизаны. Г) SIP выполняется при комнатной температуре, СІР — при нагреве.	неорганические загрязнения, а SIP (стерилизация на месте) уничтожает микроорганизмы. СІР часто использует моющие растворы, SIP — пар или химические стерилизаны. Утверждение А неверно: сначала выполняется СІР, затем SIP. Утверждение Г ошибочно: SIP требует высокой температуры, СІР может проводиться при разных температурах.	
36.	Как контролируют эффективность стерилизации биореактора? Выберите 2–3 метода: А) Визуальный осмотр внутренних поверхностей. Б) Посев смывов с поверхностей на питательные среды. В) Использование биологических индикаторов (споры <i>Bacillus stearothermophilus</i>). Г) Измерение температуры внутри реактора во время SIP. Д) Химический тест на остаточное содержание стерилизующего агента.	Б, В, Д. Объяснение выбора: посев смывов (Б) выявляет жизнеспособные микроорганизмы, биологические индикаторы (В) подтверждают уничтожение устойчивых спор, химические тесты (Д) контролируют полноту удаления стерилизаны. Визуальный осмотр (А) не выявляет микробиологическое загрязнение, а измерение температуры (Г) лишь фиксирует параметры процесса, но не его результат.	ОПК-4
37.	Какие индикаторы используют для валидации стерилизации? Выберите все подходящие варианты: А) Химические индикаторы (изменение цвета при достижении заданной температуры). Б) Биологические индикаторы (споры бактерий). В) Физические индикаторы (датчики давления и температуры). Г) Органолептические индикаторы (запах, цвет среды).	А, Б, В. Объяснение выбора: химические индикаторы (А) подтверждают достижение критических параметров, биологические (Б) — уничтожение устойчивых микроорганизмов, физические (В) — регистрацию температуры и давления. Органолептические показатели (Г) субъективны и ненадежны для валидации.	ОПК-5
38.	Почему важно удалять остатки стерилизующих агентов перед засевом культуры? Выберите верный ответ: А) Остатки могут ингибировать рост микроорганизмов. Б) Остатки увеличивают рН среды. В) Остатки вызывают коррозию оборудования. Г) Остатки изменяют цвет культуральной среды.	А. Объяснение выбора: остатки стерилизаны (формальдегид, перекись водорода, хлорсодержащие вещества) токсичны для клеток и подавляют их рост. Остальные варианты либо не связаны с жизнеспособностью культуры (В, Г), либо не являются универсальным эффектом (Б).	ОПК-5
39.	Как стерилизуют датчики и трубопроводы биореактора? Выберите правильные методы: А) Автоклавирование целиком.	Б, В. Объяснение выбора: датчики и трубопроводы часто стерилизуют паром (Б) в режиме SIP без демонтажа.	ОПК-5

	Б) Обработка паром в режиме SIP. В) Замачивание в растворе глутарового альдегида. Г) Облучение УФ-лампами. Д) Продувка горячим сухим воздухом.	Химическая стерилизация (В) подходит для термочувствительных элементов. Автоклавирование (А) может повредить электронику датчиков, УФ-облучение (Г) не проникает в трубопроводы, а сухой воздух (Д) менее эффективен против спор.	
40.	Какие загрязнения накапливаются в биореакторе после цикла культивирования? Выберите все варианты: А) Остатки культуральной среды (белки, углеводы). Б) Клетки микроорганизмов (целевые и посторонние). В) Продукты метаболизма (кислоты, спирты, токсины). Г) Минеральные отложения (соли кальция, магния). Д) Пыль из окружающей среды.	А, Б, В, Г. Объяснение выбора: после культивирования в биореакторе остаются органические остатки среды (А), клетки (Б), метаболиты (В), минеральные осадки (Г). Пыль (Д) попадает извне, но не является специфическим загрязнением после культивирования — её удаляют на этапе SIP.	ОПК-5