

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра ботаники и микробиологии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев
«19» мая 2023 г.

Рабочая программа
«Основы культивирования микроорганизмов и клеток»

Направление подготовки
06.03.01 Биология

Направленность (профиль)
«Биоинженерия и биотехнология»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
протокол № 9 от «18» апреля 2023 года

Программа одобрена
НМК факультета биологии и экологии
протокол № 8 от «28» апреля 2023 года

Ярославль

Основная часть рабочей программы дисциплины

1. Цели освоения дисциплины «Основы культивирования микроорганизмов и клеток» приобретение базовых знаний и практических навыков, необходимых для проведения биотехнологического процесса с использованием культур микроорганизмов, клеточных культур растений и животных, вирусов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы Дисциплина «Основы культивирования микроорганизмов и клеток» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Для ее изучения необходимы базовые знания по химии, альгологии микологии, микробиологии и вирусологии, математическим методам в биологии, генетики, а также навыки работы с чистыми культурами микроорганизмов.

Знания, полученные в курсе «Основы культивирования микроорганизмов и клеток» необходимы для последующего изучения дисциплины «Основы биотехнологии и биоинженерии», для прохождения учебной практики – научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы), производственных практик – по профилю профессиональной деятельности и преддипломной практики, в том числе выполнения научно-исследовательской работы, а также для продолжения обучения в магистратуре по направлению «Биология» или профессиональной деятельности на предприятиях пищевой, фармацевтической, косметической промышленности или надзорных органах.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

| Формируемая компетенция (код и формулировка) | Индикатор достижения компетенции (код и формулировка) | Перечень планируемых результатов обучения |
|---|---|---|
| Профессиональные компетенции | | |
| ПК-1 Способен осуществлять работы на биотехнологических производствах и в научных учреждениях медицинского, пищевого и природоохранного (экологического) биотехнологического профиля. | ИД-ПК-1.1. Применяет знания теории и методов осуществления биотехнологических процессов при решении научно-исследовательских и практических задач в научных учреждениях медицинского, пищевого и экологического профиля. | Знать: - теоретические основы и методы культивирования микроорганизмов и клеток; - математические модели периодического и непрерывного роста клеточных культур; - способы определения и вычисления параметров материально-энергетического баланса. Уметь: - подготавливать оборудование, питательные среды и расходные материалы для процесса культивирования микроорганизмов; - реализовывать процесс культивирования клеточных культур; - измерять контролируемые показатели |

| | | |
|--|---|---|
| | | <p>материального баланса;</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить кривые роста и вычислять на их основе кинетические параметры роста культур. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками подготовки питательных сред, инокулята, оборудования и расходных материалов для культивирования; - опытом экспериментального определения кинетических параметров роста биомассы. |
| | <p>ИД-ПК-1.2. Осуществляет поиск научной информации, составляет аналитические научные обзоры, выбирает технические средства и методы для решения поставленных научно-исследовательских задач</p> | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - планировать и совершенствовать процесс культивирования микроорганизмов и клеток с целью получения максимального выхода биомассы. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - системой приемов, позволяющих получать необходимую информацию из интернет-ресурсов и баз данных, проводить анализ и обобщение полученной информации; - навыками написания аналитических обзоров по разрабатываемой теме. |
| <p>ПК-2 Способен исследовать молекулярные основы функционирования природных и искусственных биосистем, проводить биотехнологический процесс с использованием клеточных культур.</p> | <p>ИД-ПК-2.1. Применяет знания и навыки исследования функционирования природных и искусственных биосистем, владеет методами ведения и использования клеточных культур в биотехнологиях.</p> | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности функционирования микроорганизмов в природных и искусственных биосистемах; - биопотенциал микроорганизмов и его использование для решения биотехнологических и экологических задач; - методы ведения и использования клеточных культур в биотехнологиях. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - культивирования клеточных культур; - самостоятельного выбора способа культивирования в соответствии с поставленной задачей. |

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 ак. часа.

| № п/п | Темы (разделы) дисциплины, их содержание | Семестр | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах) | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии) |
|-------|---|---------|---|--------------|--------------|--------------|--------------------------|------------------------|---|
| | | | Контактная работа | | | | | | |
| | | | лекции | практические | лабораторные | консультации | аттестационные испытания | самостоятельная работа | |
| 1 | Предмет и задачи культивирования микроорганизмов, клеток растений и животных, вирусов. Значение в жизни общества. | 6 | 4 | 1 | 1 | 1 | | 4 | Письменный опрос входного контроля знаний |
| 2 | Питательные среды и метаболизм микроорганизмов и клеток эукариот. | 6 | 4 | 1 | 5 | 1 | | 5 | Фронтальный опрос, задания для СРС, тест для самоконтроля по теме, отчет по лабораторному занятию 1* |
| | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i> | | | | | | | 2 | <i>Тест для самоконтроля по теме 2 в ЭУК в LMS Moodle</i> |
| 3 | Физико-химические условия культивирования микроорганизмов, клеток, вирусов. | 6 | 4 | 1 | 1 | 1 | | 6 | Фронтальный опрос, |
| 4 | Кинетические параметры роста биомассы. | 6 | 2 | 2 | 8 | 1 | | 7 | Фронтальный опрос, задания для СРС, тестовый контроль по теме, отчет по лабораторным занятиям 2-3* |
| | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i> | | | | | | | 2 | <i>Тест для самоконтроля по теме 4,6 в ЭУК в LMS Moodle</i> |
| 5 | Периодическое и непрерывное культивирование. | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | | 7 | Фронтальный опрос |
| 6 | Математические модели периодического и непрерывного роста культур. | 6 | 4 | 2 | 10 | 1 | | 7 | Фронтальный опрос, задания для СРС, решение задач, тестовый контроль по |

| | | | | | | | | | |
|---|--|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|---|
| | | | | | | | | | теме, отчет по лабораторным занятиям 4-5* |
| | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i> | | | | | | | 2 | <i>Тест для самоконтроля по теме 4.6 в ЭУК в LMS Moodle</i> |
| 7 | Культивирование клеток в иммобилизованном состоянии. | 6 | 4 | 2 | 4 | 1 | | 7 | Фронтальный опрос, отчет по лабораторной работе |
| 8 | Оптимизация, контроль и управление культивированием микроорганизмов, клеток растений, вирусов. | 6 | 6 | 2 | 2 | 1 | | 7 | Фронтальный опрос, реферат |
| | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i> | | | | | | | 2 | <i>СРС в в ЭУК в LMS Moodle</i> |
| | | | | | | 2 | | 9,7 | Зачет |
| | ИТОГО всего за 6 семестр 144 ч | | 30 | 13 | 32 | 10 | 0,3 | 59,7 | |
| | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i> | | | | | | | 8 | |

Примечание: лабораторные работы пронумерованы в соответствии с нумерацией в УМП Шеховцова Н.В. Культивирование микроорганизмов и клеток / Н.В. Шеховцова, Ю.В. Зайцева. - Ярославль: ЯрГУ, 2019. - 60 с.; объем (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Основы культивирования микроорганизмов и клеток» в LMS Moodle), определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.

4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки

| № п/п | Темы (разделы) дисциплины, их содержание | Семестр | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах) | | | | | | Место проведения занятий в форме практической подготовки |
|-------|---|---------|---|--------------|--------------|--------------|--------------------------|------------------------|--|
| | | | Контактная работа | | | | | | |
| | | | лекции | практические | лабораторные | консультации | аттестационные испытания | самостоятельная работа | |
| 1 | Предмет и задачи культивирования микроорганизмов, клеток растений и животных, вирусов. Значение в | 6 | | 1 | 1 | | | | Факультет биологии и экологии |

| | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|-----------|-----------|--|--|--|-------------------------------|
| | жизни общества. | | | | | | | | |
| 2 | Питательные среды и метаболизм микроорганизмов и клеток эукариот. | 6 | | 1 | 5 | | | | Факультет биологии и экологии |
| 3 | Физико-химические условия культивирования микроорганизмов, клеток, вирусов. | 6 | | 1 | 1 | | | | Факультет биологии и экологии |
| 4 | Кинетические параметры роста биомассы. | 6 | | 2 | 8 | | | | Факультет биологии и экологии |
| 5 | Периодическое и непрерывное культивирование. | 6 | | 2 | 1 | | | | Факультет биологии и экологии |
| 6 | Математические модели периодического и непрерывного роста культур. | 6 | | 2 | 10 | | | | Факультет биологии и экологии |
| 7 | Культивирование клеток в иммобилизованном состоянии. | 6 | | 2 | 4 | | | | Факультет биологии и экологии |
| 8 | Оптимизация, контроль и управление культивированием микроорганизмов, клеток растений, вирусов. | 6 | | 2 | 2 | | | | Факультет биологии и экологии |
| | ИТОГО | | | 13 | 32 | | | | |

5. Общие вопросы

Содержание разделов дисциплины

1. Предмет и задачи культивирования микроорганизмов, клеток растений и животных, вирусов. Значение в жизни общества.

1.1. Природа микробной культуры, историческое развитие. Природа культур растений и животных.

1.2. Культивирование микроорганизмов, история разработки приемов культивирования микроорганизмов, культур клеток растений и животных, вирусов.

2. Питательные среды и метаболизм микроорганизмов и клеток эукариот.

2.1. Потребности прокариот и эукариотных клеток в источниках углерода и энергии. Способы существования организмов.

2.2. Принципы определения состава лабораторных питательных сред. Классификации питательных сред по составу, физическому состоянию и назначению.

2.3. Соединения биогенных элементов, макро- и микроэлементов, доступные для организмов. Определение факторов роста микробиологическими методами.

2.4. Потребности клеточных культур в азоте, витаминах и гормонах, фосфоре, калии и натрии, магнии, сере. Микроэлементы. Удаление микроэлементов из сред. Связывание в хелаты ионов металлов. Подбор среды для культивирования.

3. Физико-химические условия культивирования микроорганизмов, клеток, вирусов.

3.1. Потребность клеток в кислороде. Растворимость кислорода. Измерение количества растворенного кислорода. Окислительно-восстановительный потенциал. Транспорт кислорода. Транспорт O_2 из газовой фазы в жидкую и к биомассе. Измерение значений K_{La} при отсутствии биомассы. Измерение значений K_{La} во время развития культуры.

3.2. Методы аэрации и перемешивания. Различные устройства для повышения степени аэрации и перемешивания жидкости: отбойники, вихревое перемешивание, вортекс, «эрлифт». Конструкция мешалки. Влияние скорости перемешивания. Влияние распыления подаваемого воздуха.

3.3. Влияние температуры и вязкости. Влияние поверхностно-активных веществ и углеводов. Влияние биомассы. Потребность в мощности. Пенообразование. Системы аэрирования и перемешивания в лабораторных ферментерах. Аэрация в колбах на качалках. Факторы, влияющие на скорость растворения кислорода при перемешивании на качалках. Аэрация в глубинных культурах без перемешивания (стационарные культуры).

3.4. Влияние кислорода на культуры микроорганизмов и клеток. Лимитация роста кислородом. Влияние напряжения растворенного кислорода на скорость потребления O_2 растущей биомассой. Влияние условий роста на скорость дыхания покоящихся клеток. Влияние напряжения растворенного O_2 на содержание дыхательных и катаболических ферментов в клетках. Переходы от аэробного к анаэробному метаболизму у факультативных анаэробов. Влияние напряжения растворенного кислорода на прочие функции. Заменители кислорода. Ингибирование кислородом. Анаэробный рост.

4. Кинетические параметры роста биомассы.

4.1. Параметры роста биомассы. Удельная скорость роста, время генерации и время удвоения. Справедливость закона экспоненциального роста.

4.2. Экономический и метаболический коэффициенты. Влияние концентрации субстрата на скорость роста. Значение константы насыщения K_s .

4.3. Определение длительности лаг-периода. Предельные границы максимальной концентрации биомассы.

4.4. Определение понятия мертвых и покоящихся клеток. Скорость отмирания. Отмирание клеток во время деления. Влияние отмирания клеток на их рост.

5. Периодическое и непрерывное культивирование.

5.1. Открытые и закрытые системы. Простая периодическая культура. Фазы периодического роста клеточных культур. Оценка роста по одной точке. Модификации периодических культур.

5.2. Культура полного вытеснения (тубулярная культура). Общая характеристика. Применение культуры полного вытеснения.

5.3. Хемостатная культура. Способ реализации. Возможности хемостата для управляемого культивирования, для изучения кинетических, стехиометрических и биоэнергетических механизмов поведения клеточных культур. Модификации хемостата. Специальные цели хемостатной культуры. Турбидостат. Хемостат с возвратом биомассы. Батарей хемостатов, их применение.

6. Математические модели периодического и непрерывного роста культур.

6.1. Математическая модель простой периодической культуры Ж.Моно. Модификации кривых роста простой периодической культуры.

6.2. Математическое описание поведения культуры полного вытеснения, его сходство с периодической культурой.

6.3. Теория хемостата. Зависимость стационарных значений биомассы и субстрата от скорости подачи питательной среды и концентрации субстрата. Критическая скорость разбавления. Математическая модель Ж.Моно. Отклонения от теории хемостата. Длительность переходных процессов после резкого изменения скорости роста.

7. Культивирование клеток в иммобилизованном состоянии.

7.1. Рост колоний микроорганизмов на поверхности плотных сред. Модель роста колонии. Экспериментальное изучение характера роста бактериальных колоний и колоний грибов.

7.2. Глубинный рост в виде погруженных пленок или шариков биомассы. Погруженные пленки биомассы. Культуры клеток, развивающиеся на наполнителе в колонке. Рост в виде погруженных шариков биомассы.

7.3. Математические модели автосинтеза биомассы. Взаимозависимые синтезы. Автоматическая подстройка к изменению окружающих условий. Степень воздействия внешней среды на скорость роста. Альтернативные циклы взаимозависимых синтезов.

8. Оптимизация, контроль и управление культивированием микроорганизмов, клеток растений, вирусов.

8.1. Определение количества ассимилированного углерода. Энергетические траты на поддержание жизнедеятельности. Влияние энергетических затрат на поддержание. Выход биомассы в расчете на выход АТФ. Условия, влияющие на метаболическую судьбу источников углерода и энергии. Потребление двух и более источников углерода и энергии. Снабжение культур CO₂. Равновесие диоксид углерода – карбонаты в растворах. Влияние парциального давления CO₂ на рост и метаболизм. Углеводороды как источник углерода и энергии. Диспергирование углеводородов в жидкой среде.

8.2. Отношение скорости роста к скорости образования продукта. Скорость распада продукта. Образование продукта в периодической культуре. Образование продукта в хемотратной культуре. Регулирование затухания биосинтетической активности. Влияние окружающих условий на образование продуктов метаболизма клеток.

8.3. Действие химических ингибиторов и активаторов роста. Конкурентное, неконкурентное ингибирование. Ингибирование продуктов в хемотратной культуре. Ингибитор, влияющий на экономический коэффициент. Субстратное ингибирование роста. Активаторы роста.

6. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия. Лекции читаются с использованием мультимедийных презентаций. Они предполагают последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Учебный курс базируется на сочетании лекционных и лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Практическое занятие (семинар) – форма учебно-практических занятий, при которой обучающиеся обсуждают сообщения, доклады и рефераты, выполненные ими по результатам изучения учебной или научной литературы под руководством преподавателя. Преподаватель в этом случае является координатором обсуждений темы семинара, подготовка к которому является обязательной. Поэтому тема семинара и основные источники обсуждения предъявляются до обсуждения для детального ознакомления, изучения. Цели обсуждений направлены на формирование профессиональных компетенций и закрепление обсуждаемого материала.

Лабораторное занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний при выполнении заданий практического характера в лабораторных условиях. Лабораторные занятия посвящены освоению рутинных методов работы с микроорганизмами, определению нормированных микробиологических показателей микробиологического мониторинга природной среды. Предусмотрено проведение фронтальных опросов и контрольных работ по темам занятий; использование живых организмов для исследований на лабораторных работах; обсуждение экспериментальных результатов по итогам каждого задания.

Самостоятельная работа студентов включает использование библиотечного фонда и электронно-библиотечной системы, подготовку ответов на контрольные вопросы по темам и заданий для самостоятельной работы. В период самостоятельной подготовки студенты имеют возможность обсудить заданные вопросы с преподавателем.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Основы культивирования микроорганизмов и клеток» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены презентации по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

7. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- операционные системы семейства Microsoft Windows;
- программы Microsoft Office;
- программа Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.

8. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Алешина Е.С., Дроздова Е.А., Романенко Н.А. Культивирование микроорганизмов как основа биотехнологического процесса. - Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. - 192 с. <http://www.iprbookshop.ru/71282.html>
2. Шеховцова Н.В., Зайцева Ю.В. Культивирование микроорганизмов и клеток. - Ярославль: ЯрГУ, 2019. - 60 с.
3. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов / Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Академия, 2005. - 603 с.

б) дополнительная литература

1. Загоскина, Н.В. Биотехнология: теория и практика: учеб. пособие для вузов / Н.В. Загоскина, Л.В. Назаренко, Е.А. Калашникова, Е.А. Живухина; Под ред. Н.В. Загоскиной, Л.В. Назаренко. - М.: Изд-во Оникс, 2009. - 496 с.
2. Минкевич, И.Г. Материально-энергетический баланс и кинетика роста микроорганизмов / И.Г. Минкевич. - Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика; Институт компьютерных исследований, 2005. - 352 с.
3. Мухачев, С. Г. Методика лабораторного культивирования аэробных микроорганизмов и определение энергетических параметров микробного роста: учебное пособие / С. Г. Мухачев. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. - 78 с. <http://www.iprbookshop.ru/61984.html>
4. Нетрусов, А.И. Введение в биотехнологию: учебник для студ. учреждений высш. образования / А.И. Нетрусов. - М.: Академия, 2014. - 281 с.
5. Нетрусов, А. И. Микробиология: теория и практика в 2 ч. Ч. 1: учебник для бакалавриата и магистратуры / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - С. 114–129. <https://biblio-online.ru/viewer/B78A1E41-7F18-4559-A20E-F3AFF52C9DAF>
6. Нетрусов, А.И. Микробиология: теория и практика в 2 ч. Ч. 2: учебник для бакалавриата и магистратуры / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - 312 с. <https://biblio-online.ru/book/9BFAB8C4-38B2-4590-B1D2-BB0428C6CDD2>
7. Перт, С.Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток / С.Дж Перт. - М.: Мир, 1978. - 333 с.
8. Сиделев, С. И., Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию: учеб. пособие / С.И. Сиделев. - Ярославль, ЯрГУ, 2012, - 138 с.
9. Шмид, Р., Наглядная биотехнология и генетическая инженерия / Р. Шмид; пер. с нем. А.А. Виноградовой, А.А. Синюшина; под. ред. Т.П. Мосоловой, А.А. Синюшина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 324 с.

10. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;

- учебные аудитории для проведения лабораторных работ и практических занятий;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (персональный компьютер, мультимедийная установка, настенный проекционный экран).

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.

Для проведения лабораторных работ используются: световые микроскопы, с набором инструментов, реактивов и расходных материалов, дистиллятор ДЭ-4-02 ЭМО, бокс микробиологической безопасности класс II (тип А2) БАВп-01-"Ламинар-с"-1,2, весы лабораторные, плитка электрическая 1-конфорочная, стерилизатор паровой DGM-200 и др.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Автор:

Зав. кафедрой
ботаники и микробиологии, к.б.н.



Н.В. Шеховцова

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
«Основы культивирования микроорганизмов и клеток»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Примерные задания для оценки сформированности компетенций (их элементов)

Примерный перечень вопросов для обсуждения на практических занятиях

Вопросы входного контроля знаний (письменный опрос)

- 1) Что называют словом «культивирование»?
- 2) Какие организмы являются микроорганизмами?
- 3) Какие задачи можно решить с помощью культивирования микроорганизмов?
- 4) Какие культуры микроорганизмов и клеток Вы знаете?
- 5) Что понимают под термином «рост микроорганизмов»?
- 6) Чем отличается периодическое культивирование от непрерывного?
- 7) Назовите известные Вам математические параметры роста микробных культур.
- 8) Какие факторы определяют рост микробных культур?
- 9) Как узнать пищевые потребности микроорганизмов? Какие способы жизни реализуют микроорганизмы?
- 10) Особенности культивирования аэробов и анаэробов.
- 11) Особенности культивирования психро-, мезо- и термофилов.
- 12) Особенности культивирования алкало-, нейтро- и ацидофилов.
- 13) Особенности культивирования авто- и гетеротрофов.
- 14) Особенности культивирования фото- и хемотрофов.
- 15) Какие аппараты (приборы) используют для культивирования микроорганизмов, клеточных культур растений и животных?

Тема 1. Предмет и задачи культивирования микроорганизмов, клеток растений и животных, вирусов. Значение в жизни общества.

1. Разнообразие культур клеток.
2. Простые и сложные культуры.
3. Гомогенные и гетерофазные культуры.
4. Культуры бактерий, их особенности.
5. Культуры грибов, их особенности.
6. Культуры простейших, их особенности.
7. Культуры клеток растений, их особенности.
8. Культуры клеток животных, их особенности.
9. Особенности культивирования вирусов.
10. Вирусология культивирования культур клеток.
11. История развития теории культивирования клеточных культур: работы Каньяр де Латура, Л. Пастера, М. Ролэна, Ж. Моно и др.

Тема 2. Питательные среды и метаболизм микроорганизмов и клеток эукариот.

1. Источники питания, необходимые организмам. Питательные среды, их классификация.
2. Определение факторов роста микробиологическими методами.
3. Потребности клеточных культур в биогенных элементах в т.ч. азоте, сере фосфоре.
4. Потребности клеточных культур в ионах металлов: калии, натрия и магнии.
5. Потребности клеточных культур в микроэлементах.
6. Потребности клеточных культур в факторах роста, в т.ч. витаминах и гормонах.
7. Удаление микроэлементов из сред. Связывание в хелаты ионов металлов.
8. Подбор среды для культивирования. Минимальные среды.
9. Обеспечение стабильности среды для культивирования.
10. Классификация организмов по источникам энергии, донорам и акцепторам электронов.
11. Определение количества ассимилированного углерода.
12. Энергетические траты на поддержание жизнедеятельности. Поддержание как эндогенный расход биомассы.
13. Величина энергии поддержания и ее контроль.
14. Зависимость между скоростью роста и концентрацией энергетического субстрата.
15. Рост хемостатной культуры и траты на поддержание.
16. Рост периодической культуры и траты на поддержание.
17. Выход биомассы в расчете на выход АТФ.
18. Условия, влияющие на метаболическую судьбу источников углерода и энергии. Потребление двух и более источников углерода и энергии.
19. Снабжение культур CO_2 .
20. Равновесие диоксид углерода – карбонаты в растворах.
21. Влияние парциального давления CO_2 на рост и метаболизм.
22. Углеводороды как источник углерода и энергии.
23. Диспергирование углеводородов в жидкой среде.

Тема 3. Физико-химические условия культивирования микроорганизмов, клеток, вирусов.

1. Определение потребности клеток в кислороде.
2. Определение доступности кислорода для клеток.
3. Окислительно-восстановительный потенциал.
4. Транспорт O_2 из газовой фазы в жидкую и к биомассе, измерение значений K_{La} .
5. Методы аэрации и перемешивания, их аппаратное воплощение.
6. Влияние скорости перемешивания, распыления подаваемого воздуха, температуры и вязкости на скорость растворения кислорода.
7. Влияние поверхностно-активных веществ и углеводов, биомассы на K_{La} . Потребность в мощности. Пенообразование. Системы аэрирования и перемешивания в лабораторных ферментерах. Аэрация в колбах на качалках.
8. Зависимость скорости растворения кислорода при перемешивании на качалках от формы сосуда, объема жидкости, скорости и амплитуды качания, биомассы, скорости диффузии газа через ватную пробку.
9. Аэрация в пробирках на качалке. Аэрация в глубинных культурах без перемешивания (стационарные культуры).
10. Лимитация роста кислородом.
11. Влияние напряжения растворенного кислорода на скорость потребления O_2 растущей биомассой.
12. Влияние условий роста на скорость дыхания покоящихся клеток.
13. Влияние напряжения растворенного O_2 на содержание дыхательных и катаболических ферментов в клетках.

14. Переходы от аэробного к анаэробному метаболизму у факультативных анаэробов. Влияние напряжения растворенного кислорода на прочие функции.
15. Заменители кислорода. Ингибирование кислородом.
16. Методы анаэробного культивирования. Пределы E_h для анаэробного роста. Максимальные концентрации кислорода для анаэробного роста.

Тема 4. Кинетические параметры роста биомассы.

1. Удельная скорость роста и время удвоения биомассы.
2. Степень размножения и обратное время удвоения.
3. Справедливость закона экспоненциального роста.
4. Экономический коэффициент.
5. Метаболический коэффициент.
6. Влияние концентрации субстрата на скорость роста, константа насыщения K_s .
7. Определение длительности лаг-периода.
8. Предельные границы максимальной концентрации биомассы.
9. Скорость отмирания. Отмирание клеток во время деления. Влияние отмирания клеток на их рост.

Тема 5. Периодическое и непрерывное культивирование.

1. Открытые и закрытые системы.
2. Фазы роста простой периодической культуры.
3. Оценка роста по одной точке.
4. Математическая модель простой периодической культуры.
5. Модификации кривых роста простой периодической культуры.
6. Культура полного вытеснения (тубулярная культура).
7. Сравнение культуры полного вытеснения с периодической культурой.
8. Периодическая культура с добавлением питательной среды.
9. История разработки хемостатного культивирования.
10. Теория хемостата.
11. Производительность хемостата.
12. Распределение времени удержания в хемостате.
13. Отклонения от теории хемостата.
14. Изучение переходных процессов в хемостате.
15. Специальные цели хемостатной культуры.
16. Турбидостат.
17. Хемостат с возвратом биомассы. Батареи хемостатов, их применение.

Тема 6. Математические модели периодического и непрерывного роста культур

1. Математическая модель роста периодической культуры.
2. Математическое описание поведения культуры полного вытеснения.
3. Теория хемостата. Математическая модель хемостатного роста.
4. Математическое описание определения критической скорости разбавления.
5. Отклонения от теории хемостата, преобразование базовой хемостатной модели.
6. Описание переходных состояний после резкого изменения скорости роста хемостатной культуры.

Тема 7. Культивирование клеток в иммобилизованном состоянии.

1. Рост колоний микроорганизмов на поверхности плотных сред. Модель роста колонии.
2. Закон линейного роста колоний.
3. Влияние глубины агара на скорость роста колонии.

4. Лимитация кислородом роста колоний, токсичность кислорода.
5. Влияние удельной скорости роста на радиальную скорость роста колоний.
6. Неравномерность краевого роста колоний.
7. Особенности роста колоний грибов.
8. Рост в виде погруженных пленок или шариков биомассы биомассы.
9. Культуры клеток, развивающиеся на наполнителе в колонке: потребление лимитирующего рост субстрата, образование биомассы, лимитация кислородом.
10. Рост в виде погруженных шариков биомассы: лимитация диффузией субстрата, причины образованием мицелием шариков.
11. Взаимозависимые синтезы биомассы.
12. Автоматическая подстройка синтеза биомассы к изменению окружающих условий. Степень воздействия внешней среды на скорость роста.
13. Альтернативные циклы взаимозависимых синтезов биомассы.

Тема 8. Оптимизация, контроль и управление культивированием микроорганизмов, клеток растений, вирусов.

1. Основные этапы разработки ферментационных процессов.
2. Отношение скорости роста к скорости образования продукта, связанного с ростом.
3. Отношение скорости роста к скорости образования продукта, несвязанного с ростом.
4. Скорость распада продукта.
5. Образование продукта в периодической культуре в процессе роста.
6. Образование продукта в периодической культуре при снижении синтетической активности.
7. Образование продукта в хемостатной культуре.
8. Регулирование затухания биосинтетической активности.
9. Влияние окружающих условий на образование продуктов метаболизма клеток.
10. Конкурентное ингибирование при периодическом и непрерывном культивировании.
11. Неконкурентное ингибирование при периодическом и непрерывном культивировании.
12. Ингибирование продуктом.
13. Конкурентное ингибирование продуктом в хемостатной культуре.
14. Неконкурентное ингибирование продуктом в хемостатной культуре.
15. Ингибитор, влияющий на экономический коэффициент.
16. Субстратное ингибирование роста при периодическом и непрерывном культивировании.
17. Активаторы роста.

Задания для самостоятельной работы

Тема 2. Питательные среды и метаболизм микроорганизмов и клеток эукариот.

1. Прочитать Приложение 4 в учебнике: Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов / Под ред. А.И. Нетрусова. - М.: Академия, 2005. - С. 569-572.
2. Выписать прописи некоторых сред, обеспечивающих рост хемоорганогетеротрофных бактерий: пептоно-дрожжевой среды с глюкозой, крахмало-аммиачной среды (КАА) и среды Чапека.
3. Проанализировать состав рекомендуемых питательных сред и ответить на вопросы относительно каждой среды:
 - 3.1. Что является источником углерода в среде?
 - 3.2. Что является источником энергии в среде?
 - 3.3. Есть ли дополнительные факторы роста?

- 3.4. Что составляет буферную систему?
 - 3.5. Включен ли в состав среды индикатор?
 - 3.6. Входят ли в состав среды ингибиторы посторонней микробиоты?
 - 3.7. К каким классификационным категориям относится питательная среда по составу, по назначению, по физическому состоянию?
 - 3.8. Для культивирования, каких групп микроорганизмов, она предназначена относительно рН, температуры и требований к кислороду?
4. Прочитать главу 4 того же источника (С. 45-55) и выбрать способ и режим стерилизации каждой из трех сред.

Тема 4. Кинетические параметры роста биомассы.

Задание для самостоятельной работы 1.

- 1) Прочитать тему 2 по УМП Шеховцова, Зайцева, 2019
- 2) Описать ход работы при определении числа жизнеспособных клеток в воде методом глубинного посева в чашки Петри.
- 3) Проанализировать полученный после подсчета колоний на плотной питательной среде протокол:

Протокол учета числа колоний на чашках Петри (n_i)

| Разведение | МПА | \bar{n} |
|----------------------|-----|-----------|
| 1:10 (10^{-1}) | 515 | |
| | 425 | |
| 1:100 (10^{-2}) | 150 | |
| | 160 | |
| 1:1000 (10^{-3}) | 37 | |
| | 43 | |

- 4) Сделать статистическую обработку результатов и выбрать то значение (разведение), по которому будет рассчитан конечный показатель.
- 5) Вычислить численность бактерий в исходном образце в КОЕ/г.

Задание для самостоятельной работы 2.

- 1) Составить протокол (ход работы) определения числа клеток в суспензионной бактериальной культуре методом прямого счета по Виноградскому-Бриду.
- 2) Рассчитать общую численность бактерий, если известно, что сторона квадрата на предметном стекле составляет 20 мм, объем нанесенной на него капли – 0,01 мл, площадь поля зрения микроскопа – 900 мкм². Суммарное число клеток в 20 полях зрения составило 1020 ед.
- 3) Пересчитать полученное значение общей численности на биомассу в мкг/мл

Примеры типовых задач по теме 6.

«Математические модели периодического и непрерывного роста культур»

1. Рассчитать время генерации, если известна удельная скорость роста и способ деления клеток.

2. Рассчитать удельную скорость роста клеточной культуры, если известен прирост биомассы за время экспозиции.
3. Построить кривую роста периодической культуры по экспериментальным данным и определить
 - 3.1. длительность лаг-фазы,
 - 3.2. удельную скорость роста,
 - 3.3. длительность стационарной фазы,
 - 3.4. удельную скорость отмирания клеток.
4. Рассчитать экономический коэффициент при росте гетеротрофных бактерий на среде определенного состава.
5. Построить кривую роста хемостатной культуры по экспериментальным данным и определить
 - 5.1. величину биомассы при стационарном состоянии;
 - 5.2. величину остаточной концентрации субстрата при стационарном состоянии;
 - 5.3. экономический коэффициент культуры.
6. Определить стационарное значение биомассы при различных начальных концентрациях субстрата.

Примеры тестовых заданий по теме 2

1. Питательные среды подразделяют на:
 1. Ферментативные
 2. Натуральные
 3. Синтетические
 4. Жидкие
 5. Сыпучие
2. Стерилизация питательных сред в автоклаве достигается за счет:
 1. Температуры внутри камеры выше 160°C
 2. Эффекта воздействия «перегретого» пара (110 - 130°C)
 3. Кипячения суспензии
 4. Воздействия пара под повышенным давлением (0,5 – 1 атм)
 5. Длительности воздействия высокой температуры (1,5 – 2 ч)
3. Для культивирования анаэробов используют:
 1. Анаэрокат
 2. Культивирование в высоком столбике МПА
 3. Биологический метод культивирования по Фортнеру
 4. Среды с добавлением окислителей
 5. Аппарат Коха
4. К биоэнергетическим процессам, которые поставляют энергию в пригодной для использования форме, относят:
 1. Фотосинтез
 2. Анаболизм
 3. Дыхание
 4. Брожение
 5. Ассимиляцию

Примеры тестовых заданий по темам 4 и 6.

1. СИМВОЛ, ОБОЗНАЧАЮЩИЙ ВЕЛИЧИНУ БИОМАССЫ КЛЕТОЧНОЙ ПОПУЛЯЦИИ

N, X, μ, Z

2. Удельная скорость роста бактерий μ :

1. Вычисляется по формуле $\mu = \ln 2 / t$

2. Может быть определена опытным путем

3. Вычисляется по формуле $\mu = (\ln B - \ln B_0) / (t - t_0)$

4. Зависит от концентрации лимитирующего субстрата

5. Величина, недостаточная для определения скорости роста

3. Назовите культуру, для роста которой справедливо следующее математическое выражение:

$$x' = Y (s_r - s') = Y \{s_r - K_s [D / (\mu_m - D)]\}.$$

Примерный перечень индивидуальных заданий (рефератов)

1. Применение кинетического метода при изучении экологии микроорганизмов.
2. Биотехнологии, основанные на применении микроорганизмов.
3. Биотехнологии, основанные на применении культур растений.
4. Биотехнологии, основанные на применении культур животных.
5. Биотехнологии, основанные на периодическом культивировании.
6. Биотехнологии, основанные на непрерывном культивировании.
7. Применение аэробных процессов в биотехнологиях.
8. Применение анаэробных процессов в биотехнологиях.
9. Применение иммобилизованных микроорганизмов в биотехнологиях.
10. Культивирование вирусов в культурах клеток растений и животных.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список примерных вопросов к зачету

по курсу «Основы культивирования микроорганизмов и клеток»

1. Разнообразие культур клеток: простые и сложные; гомогенные и гетерофазные культуры.
2. Культуры бактерий, их особенности.
3. Культуры одноклеточных эукариот (грибов и простейших), их особенности.
4. Культуры многоклеточных эукариот (растений и животных), их особенности.
5. История развития теории культивирования клеточных культур: работы Каньяр де Латура, Л. Пастера, М. Ролэна, Ж. Моно и др.
6. Удельная скорость роста и время удвоения биомассы, их биологический смысл.
7. Степень размножения и обратное время удвоения.
8. Справедливость закона экспоненциального роста.
9. Экономический и метаболический коэффициенты, их значение.
10. Влияние концентрации субстрата на скорость роста, константа насыщения K_s .
11. Простая периодическая культура. Фазы роста простой периодической культуры.
12. Определение длительности лаг-периода. Оценка роста по одной точке.
13. Математическая модель простой периодической культуры.
14. Модификации кривых роста простой периодической культуры.
15. Скорость отмирания. Отмирание клеток во время деления. Влияние отмирания клеток на их рост.
16. Культура полного вытеснения (тубулярная культура).
17. Сравнение культуры полного вытеснения с периодической культурой.
18. Периодическая культура с добавлением питательной среды.
19. История разработки хемостатного культивирования.

20. Теория хемостата. Производительность хемостата.
21. Распределение времени удержания в хемостате. Отклонения от теории хемостата.
22. Изучение переходных процессов в хемостате.
23. Специальные цели хемостатной культуры.
24. Турбидостат. Хемостат с возвратом биомассы. Батарей хемостатов, их применение.
25. Классификация организмов по источникам энергии, донорам и акцепторам электронов.
Определение количества ассимилированного углерода.
26. Энергетические траты на поддержание жизнедеятельности и их контроль.
27. Зависимость между скоростью роста и концентрацией энергетического субстрата.
28. Рост хемостатной культуры и траты на поддержание.
29. Рост периодической культуры и траты на поддержание.
30. Выход биомассы в расчете на выход АТФ.
31. Условия, влияющие на метаболическую судьбу источников углерода и энергии.
Потребление двух и более источников углерода и энергии.
32. Влияние CO₂ на рост и метаболизм.
33. Углеводороды как источник углерода и энергии. Диспергирование углеводородов в жидкой среде.
34. Потребности клеток в кислороде, определение доступности кислорода для клеток.
35. Окислительно-восстановительный потенциал.
36. Транспорт O₂ из газовой фазы в жидкую и к биомассе, измерение значений *K_{La}*.
37. Методы аэрации и перемешивания, их аппаратурное воплощение.
38. Зависимость скорости растворения кислорода от скорости перемешивания, распыления подаваемого воздуха, температуры и вязкости.
39. Зависимость величины *K_{La}* от наличия ПАВ и углеводов в среде.
40. Влияние формы сосуда, объема жидкости, скорости и амплитуды качания, биомассы на скорость растворения кислорода при перемешивании на качалках.
41. Скорость диффузии газа через ватную пробку. Аэрация в пробирках на качалке.
Аэрация в глубинных культурах без перемешивания (стационарные культуры).
42. Лимитация роста кислородом. Зависимость скорости потребления O₂ растущей биомассой от напряжения растворенного кислорода.
43. Влияние условий роста на скорость дыхания покоящихся клеток.
44. Влияние напряжения растворенного O₂ на содержание дыхательных и катаболических ферментов в клетках.
45. Переходы от аэробного к анаэробному метаболизму у факультативных анаэробов.
Заменители кислорода. Ингибирование кислородом.
46. Методы анаэробного культивирования. Пределы E_h для анаэробного роста.
Максимальные концентрации кислорода для анаэробного роста.
47. Источники питания, необходимые организмам. Питательные среды, их классификация.
48. Определение факторов роста микробиологическими методами.
49. Потребности клеточных культур в биогенных элементах в т.ч. азоте, сере фосфоре.
50. Потребности клеточных культур в ионах металлов: калии, натрия и магнии.
51. Потребности клеточных культур в микроэлементах.
52. Потребности клеточных культур в факторах роста, в т.ч. витаминах и гормонах.
53. Подбор среды для культивирования. Минимальные среды.
54. Обеспечение стабильности среды для культивирования.
55. Основные этапы разработки ферментационных процессов.
56. Взаимозависимость скорости роста и скорости образования продукта. Скорость распада продукта.
57. Образование продукта в периодической культуре в процессе роста и при снижении синтетической активности.
58. Образование продукта в хемостатной культуре.

59. Регулирование затухания биосинтетической активности.
60. Влияние окружающих условий на образование продуктов метаболизма клеток.
61. Ингибирование при периодическом культивировании.
62. Ингибирование при непрерывном культивировании.
63. Ингибирование продуктом. Ингибитор, влияющий на экономический коэффициент.
64. Субстратное ингибирование роста при периодическом и непрерывном культивировании. Активаторы роста.
65. Рост колоний микроорганизмов на поверхности плотных сред. Модель роста колонии.
66. Закон линейного роста колоний. Зависимость скорости роста колонии от доступности кислорода.
67. Влияние удельной скорости роста на радиальную скорость роста колоний. Неравномерность краевого роста колоний.
68. Культуры клеток, развивающиеся на наполнителе в колонке: потребление лимитирующего рост субстрата, образование биомассы, лимитация кислородом.
69. Рост в виде погруженных шариков биомассы: лимитация диффузией субстрата, причины образования мицелием шариков.
70. Автоматическая подстройка синтеза биомассы к изменению окружающих условий. Степень воздействия внешней среды на скорость роста.

Правила выставления оценки по результатам опроса:

- *Отлично* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос с включением в содержание ответа рассказа (лекции) преподавателя, материалов учебников, дополнительной литературы без наводящих вопросов.

- *Хорошо* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос в объеме рассказа (лекции) преподавателя с включением в содержание ответа материалов учебников с четкими положительными ответами на наводящие вопросы преподавателя.

- *Удовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено более половины требуемого материала, с положительным ответом на большую часть наводящих вопросов.

- *Неудовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено менее половины требуемого материала или не озвучено главное в содержании вопроса с отрицательными ответами на наводящие вопросы, или обучающийся отказался от ответа без предварительного объяснения уважительных причин.

Правила выставления оценки по результатам тестового контроля:

Результаты теста оцениваются по арифметической шкале:

81-100% - отлично,

61-80% - хорошо

41-60 – удовлетворительно

Правила выставления оценки за самостоятельную работу:

- *Отлично* выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы, демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме.

- *Хорошо* выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Обучающийся демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме, допуская незначительные неточности.

- *Удовлетворительно* выставляется, если обучающийся в целом освоил материал, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы, обучающийся затрудняется с правильным ответом, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя.

- *Неудовлетворительно* выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала.

Правила выставления оценки за реферат:

- *Отлично* выставляется, если выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована ее актуальность, сделан анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция; сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объем; соблюдены требования к внешнему оформлению.

- *Хорошо* выставляется, если основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объем реферата; имеются упущения в оформлении.

- *Удовлетворительно* выставляется, если имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата; отсутствуют выводы.

- *Неудовлетворительно* выставляется, если тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы или реферат не представлен.

Правила выставления оценки на зачете:

Устный ответ студента на зачете оценивается по 2-х балльной системе.

Отметка «зачтено» ставится, если:

- знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы к зачету, так и на дополнительные;

- студент свободно владеет научной терминологией;

- ответ студента структурирован, содержит анализ существующих теорий, научных школ, направлений и их авторов;

- ответ студента логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную для решения;

- ответ студента характеризуется глубиной, полнотой и не содержит фактических ошибок;

- ответ студента иллюстрируется примерами, в том числе из собственной научно-исследовательской деятельности;

- студент демонстрирует умение аргументировано вести диалог и научную дискуссию;

- студент демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

Отметка «незачтено» ставится, если:

- ответ студента обнаружил незнание или непонимание сущностной части дисциплины;

- содержание вопросов не раскрыто, допускаются существенные фактические ошибки, которые студент не может исправить самостоятельно;

- на большую часть дополнительных вопросов по содержанию зачета студент затрудняется дать ответ или не дает верных ответов;

- студент не демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Основы культивирования микроорганизмов и клеток»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Для освоения теоретического материала по дисциплине студент должен внимательно прослушать лекции, самостоятельно прочитать учебник и на практических занятиях участвовать в обсуждении контрольных вопросов, а также в решениях ситуационных и практических задач. Студенту понадобится вспомнить знания по высшей математике, биохимии, микробиологии, ботанике, зоологии, цитологии и закономерностях роста популяций, которыми являются клеточные культуры. Освоение теоретического материала должно сочетаться с решением задач по биокинетике, которые применяются в биотехнологиях различного биологического и экологического профиля. Обязательное участие студента в аудиторных занятиях облегчит самостоятельное освоение практических разделов. Творческое задание будет состоять в разборе решения некоторых практических проблем на примере анализа научной статьи из журналов «Прикладная микробиология и биохимия», «Биотехнология» и др. Только регулярные усилия помогут студенту освоить необходимый материал и сдать зачёт.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Нетрусов, А.И. Микробиология: теория и практика в 2 ч. Ч. 1: учебник для бакалавриата и магистратуры / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - 333 с.

<https://biblio-online.ru/book/B78A1E41-7F18-4559-A20E-F3AFF52C9DAF>

Нетрусов, А.И. Микробиология: теория и практика в 2 ч. Ч. 2: учебник для бакалавриата и магистратуры / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - 312 с.

<https://biblio-online.ru/book/9BFAB8C4-38B2-4590-B1D2-BB0428C6CDD2>

В настоящем издании впервые достаточно подробно изложены все основные разделы микробиологии, в том числе и основы культивирования микроорганизмов. Постепенный переход от изучения строения и свойств микробных клеток к рассмотрению особенностей их обмена веществ и способов существования в природе, а затем знакомство с глобальной ролью микроорганизмов в биосфере и их хозяйственным использованием свидетельствует о последовательном и логичном изложении материала. Авторы наряду с теоретическими сведениями предложили описание методов микробиологии, примеры практических лабораторных работ разной степени сложности, а также темы семинаров. Текст сопровождается большим количеством наглядных иллюстраций, контрольных вопросов и заданий.

Фролов, С.В. Приборы, системы и комплексы медико-биологического назначения : учебное пособие : в 10 ч. / С.В. Фролов, Т.А. Фролова. - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - Ч. 3. Лабораторное оборудование для биологии и медицины. - 82 с.

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444716>

В настоящем пособии описаны приборы, системы и комплексы медико-биологического и экологического назначения; методы и технологии выполнения медицинских, экологических и эргономических исследований; автоматизированные системы обработки биомедицинской и экологической информации; системы автоматизированного проектирования и информационной поддержки биотехнических систем и технологий; системы проектирования, технологии производства и обслуживания биомедицинской

техники. Предназначено для студентов высших учебных заведений, а также аспирантов, проводящих исследования в медико-биологической области.

Также полезной для самостоятельной работы студентов является иная литература, указанная в п. 9 настоящей программы.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.