Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 05.08.2026 16:48:43
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан
/ А.С. Соколов /
«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы биотехнологии»

Направление подготовки
19.03.01 «Биотехнология»

Профиль **«Промышленная биотехнология и биоинженерия»**

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва 2026 г.

Разработчик(и):

Профессор д. б. н., профессор  /Т.И. Громовых/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «ХимБиотех»,

д. с-х. н. доцент  /Н.В. Мясищева/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины 5
3.3. Содержание дисциплины 7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 10
3.5. Тематика курсовых работ 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 12
4.2. Основная литература 12
4.3. Дополнительная литература 13
4.4. Электронные образовательные ресурсы 15
5. Материально-техническое обеспечение 15
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 16
7. Фонд оценочных средств 17
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 18
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 19
7.3. Оценочные средства 22
7.3.2. Промежуточная аттестация 22
7.3. Промежуточная аттестация 28

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является изучение основных направлений биотехнологии как способов получения полезных продуктов в управляемых биотехнологических процессах с использованием монокультур и ассоциаций микроорганизмов, культур клеток растений, животных и ферментов.

К задачам изучения дисциплины следует отнести приобретение студентом практических знаний и навыков, необходимых будущему специалисту для обоснованных решений, при организации и проведении биотехнологических процессов в будущей профессиональной деятельности.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (в соответствие с ФГОС ВО и требованиям к результатам освоения ОПОП):

общепрофессиональных (ОПК):

Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения (ОПК-7);

профессиональные (ПК):

Способен к поиску и анализу научно-технической информации и интерпретации результатов исследований (ПК-4);

Способен проводить биотехнологические процессы с использованием культур микроорганизмов, клеточных культур растений и животных (ПК-6).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы биотехнологии» относится к числу профессиональных учебных дисциплин обязательной части (Б1.1.14.2.) основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Основы биотехнологии» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___4___зачетные единиц(ы), 144_ часа.

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
				4
1	**Аудиторные занятия**	**90**		90
	В том числе:			
1.1	Лекции	36		36
1.2	Семинарские/практические занятия			
1.3	Лабораторные занятия	54		54
2	**Самостоятельная работа**			
	В том числе:			
2.1	Подготовка к занятиям	24		24
2.2	Расчеты к заданиям	30		30
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен			экзамен
	Итого	**144**		

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1. Основные направления биотехнологии	**8**	**4**				**6**
1.1	Тема 1. Определение биотехнологии, роль в решении глобальных проблем	4	2				2
1.2	Тема 2. Основные направления биотехнологии	6	2				4
2	Раздел 2. Основные элементы биотехнологических процессов.	**12**	**4**				**6**
2.1	Тема 1. Биологические объекты в биотехнологический процессах	6	2				4
2.2	Тема 2. Субстраты в биотехнологии, аппараты и технологические схемы	4	2				2

3	Раздел 3. Стадии биотехнологических процессов	**10**	**4**				**6**
3.1	Тема 1. Основные и вспомогательные стадии. Классификация процессов ферментации	6	2				4
3.2	Тема 2. Вспомогательные стадии: предферментационная и постферментационная	4	2				2
4	Раздел 4. Методы выделения и культивирования продуцентов в биотехнологических процессах	**26**	**4**			**16**	**6**
4.1	Методы выделения культур и культивирования в различных системах.	12	2			8	2
4.2	Закономерности роста продуцентов в замкнутой и непрерывной системе.	14	2			8	4
5	Контроль и управление биотехнологическими процессами	**18**	**4**			**8**	**6**
5.1	Основные критерии контроля биотехнологических процессов:	6	2				4
5.2	Удельная скорость роста и удельная продуктивность продуцентов.	12	2			8	2
6	Использование метаболизма микроорганизмов в биотехнологических процессах	**26**	**4**			**16**	**6**
6.1	Брожения умикроорганизмов. Использование брожений в биотехнологических процессах:	14	2			8	4
6.2	Неполные аэробные окисления. Использование в биотехнологи-ческих технологиях	12	2			8	2
7	Математическое моделирование и оптимизация биотехнологических процессов	**24**	**4**			**4**	**6**
7.1	Модели удельной скорости роста, убыли субстрата. Булевы модели	10	2			6	2
7.2	Методы оптимизации биотехнологических процессов.	16	4			8	4
8	Клеточные культуры в биотехнологических процессах Культивирование клеток животных и растений	**10**	**4**				6
8.1	Выделение и культивирование клеток животных.	4	2				2
8.2	Выделение и культивирование клеток растений	6	2				4
9	Новейшие перспективные методы в биотехнологии	**10**	**4**				6

9.1	Ключевые генетические технологии. Методы протеомики.	6	2				4
9.2	Достижения биотехнологии в различных практических областях	4	2				2
Итого		**144**	**36**			**54**	**54**

Аудиторные занятия проводятся в виде лекционных занятий с обучающимися, которые заранее предварительно знакомятся с материалом с использованием рекомендуемой литературой. Лабораторные занятия проводятся в лаборатории биотехнологии. При проведении занятий студенты готовятся с использованием соответствующей методической литературой.

3.3. Содержание дисциплины

1. *Определение биотехнологии. Основные направления биотехнологии*

Материал темы включает определение термина «биотехнология», возникновение науки и отраслей биотехнологии. Особенности развития биотехнологии в эмпирический, этиологический и биотехнический периоды. Новейший период развития биотехнологии. Основные положения проблемы развития биотехнологии в РФ.

Основные направления биотехнологии. Программа развития биотехнологии в России. Цель и задачи Комплексной программы развития биотехнологий в Российской Федерации.

2. *Основные элементы биотехнологических процессов. Биологические объекты, субстраты, аппараты*

Продуценты биотехнологических процессов: прокариоты, эукариоты, ферментные препараты, культуры клеток и тканей растений и животных. Особенности метаболизма микроорганизмов в биотехнологических процессах. Основные характеристики микроорганизмов, используемых в биотехнологических процессах. Характеристика культур клеток растений для биотехнологических процессов. История выделения и получения полезных продуктов с использованием суспензионных культур клеток и тканей растений. Характеристика культур клеток животных, используемых в биотехнологиях.

Субстраты биотехнологии: I, II, III-го поколений. Аппаратура для биотехнологических процессов. Классификация аппаратов для ферментации.

3. *Стадии биотехнологических процессов*

Главная и вспомогательные стадии. Особенности проведения работ на различных стадиях биотехнологического процесса. Предферментационная стадия. Стадия ферментации как основная стадия. Классификация процессов ферментации. Постферментационная стадия: способы отделения биомасс, очистки целевых продуктов.

4. Методы выделения и культивирования продуцентов в биотехнологических процессах

Краткий исторический очерк поиска и скрининга природных штаммов для биотехнологии. Методы выделения культур и требования к промышленным штаммам. Методы генетической трансформации продуцентов: мутации и рекомбинации.

Закономерности роста продуцентов в замкнутой системе. Кривая роста. Особенности роста в различных стадиях продуцентов прокарит, эукариот, мицелиальных форм, клеточных культур растений и животных. Принципы сокращения лаг-фазы. Непрерывные процессы культивирования продуцентов. Особенности процесса непрерывного культивирования: преимущества и недостатки в сравнении с периодическими процессами. Основные показатели биотехнологических процессов.

5. Контроль и управление биотехнологическими процессами

Основные показатели биотехнологических процессов: удельная скорость роста и удельная продуктивность продуцентов. Экономический коэффициент. Непродуктивные затраты. Методы повышения удельной продуктивности и снижения непродуктивных затрат.

Микробиологический контроль предприятий биотехнологии. Основы биологической безопасности биотехнологических производств: микробиологические, медицинские, экологические. Инженерно-технологическое обеспечение безопасности биотехнологических производств.

6. Использование метаболизма микроорганизмов в биотехнологических процессах

Метаболизм микроорганизмов, процессы катаболизма брожение, дыхание, фотофосфорилирование. Определение брожения, типы брожений, Использование брожений в биотехнологических процессах: спиртовое

брожение, молочнокислое брожение, пропионовокислое брожение, маслянокислое брожение.

Использование аэробных и анаэробного дыхания микроорганизмов в биотехнологических процессах. Полное и неполное аэробное дыхание: получение уксусной и лимонной кислот. Карбонатное дыхание, использование для получения биогаза, пути образования метана.

7. Математическое моделирование и оптимизация биотехнологических процессов

Основные направления моделирования процессов. Требования, предъявляемые к математическим моделям в биотехнологии. Блочные принцип математического моделирования биотехнологических систем. Модели зависимости удельной скорости роста от концентрации субстрата и продукта. Булевы модели для описания интегрального состояния биотехнологической системы. Кинетические и макрокинетические модели биотехнологических процессов.

Оптимизация и масштабирование биотехнологических процессов: цели оптимизации биотехнологических процессов. Задачи и параметры для оптимизации биотехнологических процессов. Принципы и методы масштабирования биотехнологий. Планирование экспериментов биотехнологических процессов. Задачи математического планирования экспериментов.

8. Клеточные технологии. Культивирование клеток животных и растений

Значение культур клеток животных как продуцентов биотехнологии. Краткий исторический очерк культивирования клеток животных. Введение клеток в культуру, их происхождение и свойства. Этапы выделения клеточных культур и линий.

Характеристика растительных объектов, используемых в биотехнологии. История клеточной инженерии растений. Основные принципы культивирования клеток и тканей высших растений. Изолированные протопласты: условия и цели получения. Получение культивируемых тканей растений: каллусогенез. Суспензионные культуры клеток растений, особенности и свойства.

9. Перспективные методы в развитии биотехнологии. Достижения биотехнологии в различных практических областях

Возможности генетической инженерии в создании продуцентов. Генетические методы создания штаммов-продуцентов для биотехнологии: методы трансформации клеток. Принципы генетической манипуляции клеток. Бактериальная трансформация.

Новейшие методы биотехнологии. Ключевые технологии, используемые в протеомике. Посттрансляционные модификации белков. Метаномика.

Технология нокаута генов. Современные достижения в области использования биотехнологий.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.1. Методы выделения культур и культивирования в различных системах: биохимические, биофизические методы выделения микроорганизмов. Выделение азотфиксаторов, продуцентов пигментов и кислот.
3.2. Методы оценки жизнеспособности продуцентов. Микробиологические и спектрофотометрические методы оценки численности клеток в суспензионных культурах. Построение калибровочной кривой плотности популяции.
3.3. Закономерности роста продуцентов в замкнутой системе. Изучение кривой роста: определение фаз роста.
3.4. Контроль и управление биотехнологическими процессами роста и биосинтеза биологически активных соединений. Удельная скорость роста и удельная продуктивность продуцентов. Определение модели удельной скорости роста в зависимости от концентрации субстрата. Планирование эксперимента для получения моделей Моно, Перта, Андрюса.
3.5. Использование метаболизма микроорганизмов в биотехнологических процессах. Процессы брожения. Изучение процесса спиртового, маслянокислого и молочнокислого брожения. Выделение возбудителей маслянокислого брожения, определение продуктов брожения. Изучение спиртового брожения, постановка брожения, оценка эффективности и энергии брожения.
3.6. Управление процессом получения спирта и глицерина с использованием продуцентов спиртового брожения по Нейбергу.
3.7. Использование неполного аэробного окисления получения лимонной кислоты в условиях глубинного культивирования в перемешиванием.
3.8. Математическое планирование многофакторного эксперимента получения ферментных препаратов в условиях твердофазного культивирования мицелиальных микромицетов.
3.9. Проведение оптимизации по методу Бокса-Уилсона получения продуктов, синтезируемых при твердофазном и жидкофазном культивировании продуцентов. Полный факторный эксперимент и метод «крутого восхождения-спуска».

3.5. Тематика курсовых работ

1. Биотехнология лимонной кислоты: технологическая схема, продуценты, практическое применение

2. Биотехнология антибиотика грамицидина С: технологическая схема, продуценты, практическое применение
3. Биотехнология антибиотика полимиксина: технологическая схема. продуценты, практическое применение
4. Биотехнология антибиотика низина: технологическая схема, продуценты, практическое применение.
5. Биотехнология антибиотика хлортетрациклина: продуценты, практическое применение.
6. Биотехнология антибиотика цефалоспорина: продуценты, практическое применение.
7. Биотехнология получения витамина B_{12}: продуценты, практическое применение.
8. Биотехнология витамина B_2: технологическая схема, продуценты, практическое применение.
9. Биотехнология получения витамина D: технологическая схема продуценты, практическое применение.
10. Биотехнология глутаминовой кислоты: технологическая схема продуценты, практическое применение.
11. Биотехнология аминокислоты триптофана: продуценты, практическое применение.
12. Микробиологический синтез и биотехнология ферментного препарата амилосубтилина.
13. Микробиологический синтез и биотехнология ферментного препарата протосубтилина.
14. Биотехнология получения склерогликанов: продуценты, источники субстрата
15. Биотехнология этанола на сахаро- и крахмалосодержащем сырье: технологическая схема, продуценты
16. Биотехнология этанола на целлюлозосодержащем сырье: Технологическая схема, продуценты, применение
17. Биотехнология биомасс пекарских дрожжей: Технологическая схема продуценты, практическое применение.
18. Биотехнология биомасс кормовых дрожжей: Технологическая схема продуценты, практическое применение
19. Биотехнология биоинсектицидов: технологическая схема продуценты, практическое применение
20. Биотехнология биофунгицидов: технологическая схема, продуценты, практическое применение
21. Биотехнология микробиологических препаратов биоремедиации почв от нефтяных загрязнений: технологическая схема, продуценты.
22. Биотехнология бутанола на крахмалосодержащем и целлюлозосодержащем сырье: технологическая схема, продуценты

23. Биотехнология уксусной кислоты: технологическая схема, продуценты, практическое применение
24. Биотехнология молочной кислоты: технологическая схема, продуценты, практическое применение
25. Биотехнология биполимеров левана и декстрана: технологическая схема, продуценты, практическое применение
26. Биотехнология бактериальной целлюлозы: технологическая схема, продуценты, практическое применение
27. Биотехнология полиоксибутирата: технологическая схема, продуценты, практическое применение
28. Технологическая схема получение биогаза одностадийным способом: продуценты, использование
29. Технологическая схема получение биогаза двухстадийным способом: продуценты, использование
30. Биотехнология биомассы фототрофных продуцентов: технологическая схема, продуценты, практическое применение

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» – Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 23 с.
2. ГОСТР 54731- 2011. ДРОЖЖИ ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ ПРЕССОВАННЫЕ. Технические условия. Москва Стандартинформ, 2013 - 15 с.

4.2. Основная литература

1. Музафаров Е.Н. Биотехнология. Основы биотехнологии. https://e.lanbook.com/book/193279

4.3. Дополнительная литература

1. Слюняев, В.П., Плошко, Е.А. Основы биотехнологии. Научные основы биотехнологии: учебное пособие [Электронный ресурс]/В.П.Слюняев.- Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, 2012.- 112с.-URL:https://e.lanbook.com/book/4531

4.4. Электронные образовательные ресурсы

Универсальные:

1. www.elibrary.ru – научная электронная библиотека
2. http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru - РОСПАТЕНТ
3. http://patft.uspto.gov/ - United States Patent and Trademark Office Бесплатная патентная база.
4. www.molbiol.ru - Учебники, научные монографии, обзоры, лабораторные

практикумы в свободном доступе на сайте практической молекулярной биологии.

5. www.scopus.com (Scopus) – единая реферативная и наукометрическая база данных (индекс цитирования) (доступ в библиотеке МАМИ)
6. www.scincedirect.com/ (Архивные коллекции журналов издательства Elsevier) – архивные коллекции различных тематик, в том числе Biochemistry, Engineering and Technology.

Варианты контрольных заданий по дисциплине представлены на сайтах: http://i-exam.ru, http:// fepo.ru.

7. Разработан электронный образовательный курс СДО Политех:

Название ЭОР	
Основы биотехнологии	Курс: Основы биотехнологии | СДО Московского Политеха

ЭОР включает тренировочные и итоговые тесты.

2. Материально-техническое обеспечение

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для реализации рабочей программы используются:

Лекционная аудитория кафедры «ХимБиотех» Ав5504. (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1 (корпус 5)), оборудованная: столы учебные со скамьями, аудиторная доска, мультимедийный комплекс (переносной проектор, ноутбук). Рабочее место преподавателя: стол, стул.

Аудитория для семинарских и практических занятий кафедры «ХимБиотех» Ав5404а (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1), оборудованная: столы учебные со скамьями, аудиторная доска, мультимедийный комплекс(переносной проектор, ноутбук). Рабочее место преподавателя: стол, стул.

Лаборатория кафедры «ХимБиотех» Ав5405б (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1 (корпус 5)), оборудованная: Лабораторные столы, вытяжной шкаф, весы прецизионные KERN, весы аналитические Vibra, магнитные мешалки, спектрофотометр ПВЭ-5300, pH-метр Эконикс, химическая мойка, химические реактивы, стеллажи с научной литературой, химическая посуда.

Лаборатория кафедры «ХимБиотех» Ав5406а (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1 (5 корпус)), оборудованная: лабораторные столы, биореактор, установка баромембранной фильтрации, вакуумный сушильный шкаф, шейкер-инкубатор микробиологический, фотобиореактор, установка для культивирования фототрофов.

Реализация учебной программы должна обеспечиваться доступом каждого студента к информационным ресурсам – библиотечному фонду и сетевым

ресурсам Интернет.

3. Методические рекомендации

3.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое или лабораторное занятие и указания на самостоятельную работу.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучаемой на занятии. Студенты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу зачетной сессии, упускают возможность получить положенные баллы за работу в соответствующем семестре.

3.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Общая биотехнологии» предусматривает лекции и практические/лабораторные занятия каждую неделю. Изучение дисциплины завершается экзаменом. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических и лабораторных занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо:

перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические/лабораторные занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии,

аргументации и защиты выдвигаемых положений, навыков практической работы в лаборатории биотехнологии, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому/лабораторному занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим/лабораторным занятиям студентам необходимо:

приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

до очередного практического/лабораторного занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; повторить проведенные инструктажи по технике безопасности;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;

на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

4. Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- выполнение курсовой работы «Технология получения биотехнологического продукта в соответствии с его применением и требованиями к показателям качества» (индивидуально для каждого обучающегося);
- устный опрос по темам лабораторных занятий;
- защита курсовой работы: «Технология получения биотехнологического продукта в соответствии с его применением и требованиями к показателям качества».

Курсовая работа представляет собой работу, посвященную разработке ряда вопросов жизненного цикла, наработки образцов для испытаний, биологических исследований в объеме, предусматривающем реализацию теоретических и практических навыков, обучающихся по направлению.

Примерная тема курсовой работы, выполняемого обучающимися «Биотехнология получения лимонной кислоты с использованием продуцента Aspergillus niger» для конкретного типа продукции (технического, пищевого, ветеринарного, медицинского др. назначения).

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов, курсового проекта.

Образцы тестовых заданий, заданий курсовых работ, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в разделе.

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

Методика преподавания дисциплины предусматривает проведение групповых аудиторных и практических занятий.

Текущий контроль успеваемости и промежуточной аттестации проводятся следующими средствами:

- **доклад** и обсуждение на практических занятиях, проводимых в форме коллоквиума;
- самоконтроль;
- тестирование.

Форма итоговой аттестации – экзамен.

Самостоятельная работа студента предполагает проработку и углубление основных разделов теории и практики с использованием дополнительной литературы и Интернет-ресурсов. При самостоятельном выполнении различных видов заданий студент учится принимать решения, разбирать и изучать новый материал, работать с источниками научной информации.

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**
ОПК-7	способностью проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы

ПК-4	способностью к поиску и анализу научно-технической информации и интерпретации результатов исследований
ПК-6	способностью к проведению биотехнологических процессов с использованием культур микроорганизмов, клеточных культур растений и животных

7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

*Форма промежуточной аттестации: экзамен***.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации экзамену допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Основы биотехнологии» прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы, выступили с докладом и т.д.

Шкала оценивания	***Описание***
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при *оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.*

*Форма промежуточной аттестации: курсовая работа***.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме выполнения курсовой работы проводится по результатам проверки и защиты курсовой работы. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала оценивания	***Описание***
Отлично	Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей,

	либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Методические рекомендации по написанию, требования к оформлению отчетов по лабораторным работам

Лабораторная работа подразумевает самостоятельное выполнение студентом (группой студентов) практических действий по определённой теме,. Цель выполнения и написания отчета по лабораторно работе – привитие студенту навыков документирования действий и представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отчетам.

В отчете должны быть представлены:

- название и номер лабораторной работы;
- Тема и актуальность (для чего нужен данный метод);
- введение (объясняется принципов метода; ее значимость, актуальность; указываются цель и задачи мини-исследования; могут быть перечислены некоторые источники информации);
- основная часть: отражены действия по достижению поставленных задач, зафиксированы результаты, выполнены необходимые расчеты;
- заключение (краткие выводы);
- список используемой литературы (список оформляется следующим образом: Ф.И.О. автора; название работы; место и год издания).

Шрифт: Time, 14 пт. Межстрочный интервал: 1,5. Абзац: 1.25 (или 1,27). Выравнивание текста: по ширине. Перенос: автоматический.

Критерии оценки:

1) Оценкой «отлично» оценивается работа, в которой соблюдены следующие требования: обоснована актуальность избранной темы; самостоятельно выполнена практическая часть, аккуратно зафиксированы результаты, проведены расчеты и сделаны выводы, соблюдена логическая стройность работы; соблюдены все требования к оформлению и срокам сдачи отчета.

2) Оценкой «хорошо» оценивается лабораторная работа, в которой: в основном самостоятельно выполнена практическая часть; есть недостатки в оформлении и расчетах, выводы сформулированы недостаточно полно; недостаточно используется научная терминология; отчет сдан не вовремя.

3) Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии: минимальное участие в практической части; результаты не зафиксированы; ошибки в расчетах; имеются существенные недостатки в оформлении, отчет сдан не вовремя..

4) Оценка «неудовлетворительно» выставляется тогда, когда: а) работа не выполнена; б) отчет не сдан или составлен не самостоятельно (списан).

7.3. Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Перечень оценочных средств по дисциплине «Основы биотехнологии»

№ ОС	Наименование оценочного	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
2	Курсовая работа (КР)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Темыгрупповых и/или индивидуальных работ
3	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой темой дисциплины и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
4	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и	Фонд тестовых заданий

7.3.2. Промежуточная аттестация

Вопросы к устному собеседованию

Тема 1.

1. Современное состояние и перспективы развития биотехнологии в РФ.

2. Состояние и перспективы развития биотехнологии в мире.
3. Развитие генной инженерии в РФ.
4. Основные компоненты биотехнологической системы.
5. Микроорганизмы – специфический элемент биотехнологической системы.
6. Закономерности роста и развития микроорганизмов.
7. Особенности сырья для роста и развития микроорганизмов и требования к нему.

Тема 2.

1. Преимущества и недостатки непрерывных и периодических способа культивирования микроорганизмов.
2. Характеристика основных и вспомогательных процессов производства биологически активных веществ.
3. Характеристика основных и вспомогательных стадий процессов культивирования микроорганизмов.
4. Хемостатный режим культивирования.
5. Турбидостатный режим культивирования.

Тема 3.

1. Установки для поверхностного культивирования микроорганизмов.
2. Аппараты с вводом энергии только газовой фазы: барботажные аппараты, барботажные аппараты с контантными устройствами.
3. Аппараты с подводом энергии только жидкой фазы: ферментаторы с самовсасывающей мешалкой, струйные, эжекционныеферментаторы.
4. По каким параметрам оценивается эффективность различных ферментационных аппаратов.
5. Особенности аппаратов для культивирования клеток растений и животных.
6. Как влияет состав питательных сред на рост и образование продуктов метаболизма микроорганизмами.

Тема 4.

1. Назвать основные методы обеспечения асептических условий.
2. Что такое критерии стерилизации и как он определяется?
3. Как собирается стерилизующая фильтрация воздуха?
4. Термическая стерилизация и показатели эффективности этого процесса.
5. Как выбираются режимы стерилизации оборудования и коммуникации?
6. Что такое комбинированная термомембранная стерилизация?
7. Как выбрать оптимальную величину критерия асептической эффективности?

Тема 5.

1. В чем состоит блочный принцип математического моделирования биотехнологических систем?
2. Как осуществляется математическое описание кинетики роста микроорганизма?

3. Какие модели для описания кинетики биосинтеза продуктов метаболизма Вы знаете?
4. Как учитывается влияние аэрации и перемешивания ни кинетику биотехнологического процесса в математических моделях?
5. Какие математические модели периодических процессов биосинтеза Вы знаете?
6. Какие математические модели непрерывных процессов биосинтеза Вы знаете?

Тема 6.

1. Опишите основные направления моделирования процессов биосинтеза.
2. Назовите основные пути интенсификации ферментационных процессов.
3. Как осуществляется постановка задач оптимизации?
4. Приведите пример метода оптимизации состава питательных сред.
5. Приведите пример математической модели, решающей задачу оптимального управления биосинтезом биологически активного вещества.
6. В чем состоит задача оптимизации непрерывных процессов?
7. Как решается задача оптимизации хемостата без ограничений.

Примеры тестовых заданий

Вопрос 1. **УКАЖИТЕ, КАКИЕ ФАКТОЫ ИСПОЛЬЗУЮТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ БИОТЕХНОЛОГИИ**

а) концентрацию микроорганизмов в окружающей среде;
б) концентрацию субстрата,
в) концентрацию биомассы и продукта в культуре,
г) pH,
д) температуру,
е) парциальное давление кислорода.
Правильный ответ: б,в,г,д,е.

Вопрос 2. **УКАЖИТЕ СУЩЕСТВУЮЩИЕ МОДЕЛИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

1) лабораторные;
2) экспериментальные;
3) математические;
4) природные
5) пилотные.
Правильные ответы: 2, 3.

Вопрос 3. **ПОЯСНИТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ «БИОТЕХНОЛОГИЯ – ЭТО НАУКА О СПОСОБАХ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ** …»

1) химического синтеза
2) биокаталитического потенциала целостных животных
3) геохимических процессов вулканов

4) использования биокаталитического потенциала микробных, растительных и животных клеток или их компонентов
5) биокаталитического потенциала целостных растений
Правильные ответы: 3, 4

Вопрос 5. **ВЫДЕЛИТЕ НАПРАВЛЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ОТНОСЯЩЕЕСЯ К БИОТЕХНОЛОГИИ**
1) Получение полимеров из природных газов
2) Получение моноклональных антител из гибридом
3) Получение лекарственных препаратов из растений
4) Получение полипропилена
5) Получение полимеров гликолевой кислоты
Правильный ответ: 2

Вопрос 6. **УКАЖИТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИНХРОННОГО РОСТА ПОПУЛЯЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ В БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**
1) Согласованное увеличение всех химических компонентов и биомассы клеток популяции
2) Поступление питательных веществ в клетки
3) Выведение метаболитов из клеток
4) Биосинтез первичных метаболитов популяцией
5) Биосинтез вторичных метаболитов популяцией
Правильный ответ: 1

Вопрос 7. **УКАЖИТЕ, В КАКИХ ФАЗАХ УДЕЛЬНАЯ СКОРОСТЬ РОСТА НЕ РАВНА УДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ ОТМИРАНИЯ КЛЕТОК**:
1) Лаг-фазе
2) Логарифмического роста
3) Стационарной
4) Линейного роста
5) Отмирания
Правильные ответы: 2, 4, 5

Вопрос 8. **УКАЖИТЕ, КАКОЙ ЭЛЕМЕНТ НЕ ВХОДИТ В БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС**
1) Продуценты
2) Субстраты
3) Продукты
4) Производственные строения
5) Технологические системы оборудования и аппаратов
Правильный ответ: 4

Вопрос 9. **УКАЖИТЕ ЧЕМ ОСНАЩЕНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПОПАДАНИЯ ПОСТОРОННЕЙ МИКРОФЛОРЫ В БИОТЕХНОЛОГИИ:**
1) Змеевиками

2) Термическими затворами
3) Барботерами
4) Вентилями
5) Датчиками КИП
Правильный ответ: 2

Вопрос 10. **УКАЖИТЕ, В КАКОЙ МОДЕЛИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УЧИТЫВАЮТСЯ ТОЛЬКО ДВА ПАРАМЕТРА: НАЧАЛЬНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СУБСТРАТА И ВЫХОД КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА БЕЗ УЧЕТА КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА:**
1) Кобозева,
2 Иерусалимского,
3) Блэкмана;
4) «Черного» ящика;
5) Моно.
Правильный ответ: 4

Задание для рубежного контроля

Тема: «Оптимизация процессов роста продуцента. Математическая модель роста»

Вариант 1

Для получения антибиотика на основе гриба *Fomitopsis oficinalis* был проведен эксперимент по плану ПФЭ приведенному в таблице Культивирование продуцента проводили в периодической замкнутой системе на среде, в которой включены источники углерода (целлюлоза), азота (пептон). При этом начальная концентрация внесенного инокулята составляет 0,5 г/л. При анализе численность (Y г/л) в течение 3-х суток составляла значения, приведенные в таблице:

Исследования проводили по плану полного факторного эксперимента первого порядка ПФЭ $2^2 = 4$. В таблице приведена матрица планирования ПФЭ типа 2^2 в кодированной форме.

Таблица – Матрица планирования ПФЭ типа 2^2 в кодированной форме

Опыт	X_0	Факторы			Величина $Y_{г/л}$
		X_1	X_2	X_3	
1	+	+	+	+	6,2; 7,3; 6,5
2	+	-	+	+	10.4; 10,5; 15.7
3	+	+	-	+	8.5; 9.1; 8,8
4	+	-	-	+	6,2; 5,9; 6,0

В качестве факторов выбраны концентрация лактозы (X_1) и пептона (X_2). **Фактор X_1** - концентрация целлюлозы. Центр плана – 20 г/л. Шаг варьирования – 5 г/л.

Фактор X_2 - пептон. Центр плана – 2 г/л. Шаг варьирования – 1 г/л.

Задание:

1. Определите средние значения биомассы продуцента;
2. Проведите дисперсионный анализ и определите воспроизводимость опыта;
3. Составьте уравнение регрессии.
4. Проведите оценку значимости коэффициентов регрессии.
5. Оцените адекватность полученной модели.
6. Составьте план эксперимента поиска условий оптимизации процесса по методу Бокса-Уилсона.

Вариант 2

Для получения биомассы продуцента *Saccharomyces cerevisiae* был проведен эксперимент по плану ПФЭ, приведенному в таблице Культивирование продуцента проводили в периодической замкнутой системе на среде, в которой включены источники углерода (сахароза), азота (нитрат натрия). При этом начальная концентрация внесенного инокулята составляет 1,0 г/л. При анализе численность (Y г/л) в течение 3-х суток составляла значения, приведенные в таблице:

Исследования проводили по плану полного факторного эксперимента первого порядка ПФЭ $2^2 = 4$. В таблице приведена матрица планирования ПФЭ типа 2^2 в кодированной форме.

Таблица – Матрица планирования ПФЭ типа 2^2 в кодированной форме

Опыт	X_0	Факторы			Величина $Y_{г/л}$
		X_1	X_2	X_3	
1	+	+	+	+	17,2; 18,3; 17,9
2	+	-	+	+	25.4; 24,5; 25.7
3	+	+	-	+	28.5; 29.1; 28,8
4	+	-	-	+	8,4; 7,9; 8,2

В качестве факторов выбраны концентрация лактозы (X_1) и пептона (X_2).

Фактор X_1, концентрация сахарозы. Центр плана – 40 г/л. Шаг варьирования – 10 г/л.

Фактор X_2 – концентрация нитрата натрия. Центр плана – 6 г/л. Шаг варьирования – 2 г/л.

Задание:

1. Определите средние значения биомассы продуцента;
2. Проведите дисперсионный анализ и определите воспроизводимость опыта;
3. Составьте уравнение регрессии.
4. Проведите оценку значимости коэффициентов регрессии.
5. Оцените адекватность полученной модели.
6. Составьте план эксперимента поиска условий оптимизации процесса по методу Бокса-Уилсона.

7.3. Промежуточная аттестация

Вопросы к экзамену

1. Определение биотехнологии, основные направления. Особенности биотехнологических процессов.
2. Краткий исторический очерк развития биотехнологии. Новейший этап биотехнологии. Особенности создания продуцентов нового поколения.
3. Задачи биотехнологии в решении проблем здоровья человека и человечества, энергетических проблем: перспективы получения экологически чистых источников энергии.
4. Особенности протекания биотехнологических процессов. Отличия биотехнологических процессов от химических и агротехнических.
5. Понятие типовая биотехнологическая схема биосинтеза продуктов, характеристика ее основных стадий.
6. Продуценты биотехнологических процессов: прокариоты, эукариоты, ферментные препараты, культуры клеток и тканей растений и животных.
7. Использование продуцентов прокариот для получения микробных биомасс: вакцин, пробиотиков и пищевых продуктов.
8. Понятие культуры микроорганизмов: накопительные, чистые и смешанные культуры. Элективные методы получения культур продуцентов в биотехнологии.
9. Классификация продуктов биотехнологических производств.
10. Основные группы фармацевтических препаратов, получаемых в биотехнологических процессах: антибиотики, интерфероны, абзимы, пробиотики, аминокислоты, ферменты.
11. Особенности и типы метаболизма микроорганизмов, условия культивирования микроорганизмов- автотрофов и гетеротрофов.
12. Культивирование клеток животных. Получение гибридов: цели и условия культивирования.
13. Цели и методы создания и культивирования суспензионных культур растений. Характеристика протопластов растений: цели и методы получения.
14. Дайте кинетические характеристики процесса ферментации.

15. Дайте определение общей и удельной скорости роста микроорганизмов.
16. Способы определения удельной скорости роста по кривой роста микроорганизмов во времени. Укажите размерность удельной скорости роста и ее примерные значения для бактерий, дрожжей, грибов, микроводорослей, растительных клеток.
17. Что такое время генерации и какова его связь с удельной скоростью роста?
18. Что такое общая и удельная скорости потребления субстрата?
19. Как выражаются общая и удельная скорости биосинтеза продуктов метаболизма?
20. Питательные среды для культивирования микроорганизмов. Жидкофазное и твердофазное культивирование продуцентов.
21. Методы определения численности клеток и биомассы продуцентов.
22. Аппараты для культивирования микроорганизмов-продуцентов.
23. Классификация процессов ферментации: по фазе культивирования продуцента, по источнику углеродного питания, по способу организации процессов.
24. Основные и вспомогательные стадии биотехнологического процесса.
25. Постферментационная стадия: процессы, выполняемые в постферментационную стадию.
26. Характеристика субстратов, используемых в биотехнологии: субстраты I-го, I-гоI и II-го поколений.
27. Понятие асептика в биотехнологических процессах. Классификация процессов по условиям асептики.
28. Методы оценки чистоты культур продуцентов: культурально-морфологический, биохимический и молекулярно-генетический.
29. Условия и питательные среды для культивирования клеток и тканей растений. Понятие тотипотентность каллусных культур и возможность получения растений регенерантов.
30. Закономерности роста и развития продуцентов в условиях периодического культивирования. Кривая роста.
31. Культивирование продуцентов в открытой биотехнологической системе. Турбидостатный, оксистатный, pH-статный и хемостатный способ контроля культивирования продуцентов.
32. Постферментационная стадия: методы выделения вторичных и первичных метаболитов (сорбция, иммуносорбция).
33. Постферментационная стадия: методы отделения биомассы продуцентов от культуральной жидкости.
34. Понятие экономический и метаболический коэффициенты, метод определения по продукту.

35. Макростехиометрические коэффициенты процесса ферментации.
36. Дайте понятие о затратах субстрата на поддержание жизнедеятельности продуцентов.
37. Основные характеристики процесса роста продуцентов: скорость роста, время генерации, удельная скорость роста. Рост продуцентов в условиях глубинного и поверхностного культивирования.
38. Обобщенная технологическая схема получения биомасс продуцентов: на примере получения биомасс хлебопекарных, кормовых дрожжей и пробиотиков.
39. Дайте характеристику преимуществ и недостатков периодических процессов ферментации.
40. Дайте характеристику преимуществ и недостатков непрерывных процессов ферментации.
41. Характеристика процессов биокатализа. Ферменты энзимы, абзимы и рибозимы. Способы получения с помощью биотехнологий. Примеры использования ферментов в медицине, пищевой промышленности и тонком органическом синтезе.
42. Особенности метаболизма аэробных микроорганизмов: использование неполных аэробных окислений в биотехнологии. Получение лимонной и уксусной кислот: возбудители, условия биосинтеза кислот.
43. Характеристика энтеробактерий. Использование энтеробактерий в биотехнологии получения микробных биомасс и генно-инженерных белков.
44. Ферментные препараты в биотехнологичесих процессах, использование биокатализа в процессах биотрансформации.
45. Дайте понятие блок-схем биотехнологических производств.
46. Культивирование микроорганизмов в замкнутой системе. Фазы роста и особенности физиологии продуцентов в различных фазах роста.
47. Особенности анаэробного метаболизма микроорганизмов. Использование молочнокислого брожения и пропионовокислого брожений в биотехнологических процессах.
48. Спиртовое брожение: продуценты – эукариоты: мицелиальные и дрожжевые грибы. Использование в биотехнологических процессах.
49. Маслянокислое брожение: возбудители, особенности физиологии. Использование в процессах биотехнологии для биоэнергетики.
50. Классификация моделей и входящих в них параметров. Основные направления моделирования процессов. Физические, вещественно-математические и логико-математические модели.
51. Требования, предъявляемые к математическим моделям в биотехнологии.

52. Блочный принцип математического моделирования биотехнологических систем.
53. Многофакторные кинетические уравнения с неразделяющимися переменными; со смешанными влияющими факторами.
54. Модели, учитывающие влияние субстрата на рост популяции микроорганизмов: модель Перта, модель Андрюса.
55. Модели, учитывающие влияние субстрата на рост популяции микроорганизмов: модель Кобозева и модель Блэкмана.
56. Модели, учитывающие влияние субстрата на рост популяции микроорганизмов: модель Кобозева и модель Блэкмана, модель Моно.
57. Модели, учитывающие влияние продуктов метаболизма на скорость роста культур: модель Иерусалимского.
58. Цели, методы и задачи оптимизации биотехнологических процессов. Определение факторов оптимизации. Методы математического планирования экспериментов.
59. Оптимизация биотехнологических процессов по методу «крутого восхождения-спуска» Бокса –Уилсона.
60. Порядок определения исследований при планировании экспериментов по методу крутого восхождения-спуска в методе Бокса—Уилсон.