

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»**

**ФИЛИАЛ МГУ В Г. ГРОЗНОМ**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заместитель директора филиала – руководитель  
образовательных программ**

**А.С. Воронцов**



**« 20 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**

**Современные методы анализа в биотехнологии**

---

**Уровень высшего образования:**

**Специалитет**

---

**Специальность:**

**06.05.02 Фундаментальная и прикладная биология**

---

**Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:**

**Биотехнология**

---

**Форма обучения:**

**Очная**

---

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 06.05.02 «ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ БИОЛОГИЯ» (образовательная программа специалитета «Биотехнология»).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова 20.01.2022 года.

Год приема на обучение 2024.

### 1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП ВО, раздел учебного плана: Вариативная часть, блок: «Дисциплины специализации», реализуется в 6 семестре.

Дисциплина введена в учебный план с целью получения базовых теоретических знаний в области современных технологий геномного редактирования – о научных основах внесения генетических конструкций и методах отбора продуктивных штаммов. Рассмотрены научные достижения, лежащие в основе современных технологий геномного редактирования в получении штаммов продуцентов для решения инновационных задач промышленных и пищевых биотехнологий.

Разработанная программа дисциплины «Современные методы анализа в биотехнологии» предназначена для подготовки специалистов-биологов. Эта дисциплина формирует у будущего специалиста-биолога компетенцию в области применения фундаментальных знаний в научно-исследовательской деятельности в сфере анализа эффективности и оптимизации биотехнологических процессов.

### 2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

**ЗНАТЬ:** основы клеточной биологии, генетики, биохимии, биофизики, микробиологии и биотехнологии

**ВЛАДЕТЬ:** современными информационно-коммуникационными технологиями.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

| Компетенция  | Индикатор достижения компетенции  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций   |
|--|---|--|
| <b>СПК-1.</b><br>Способен осуществлять критический анализ информации в области генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях, для применения в практической деятельности | <b>СПК-1.1.</b><br>Анализирует стратегии развития генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях, с учётом возможностей и современных требований | <b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные параметры роста культур: время генерации, удельная скорость роста, выход биомассы, экономический коэффициент;</li> <li>• методы оптимизации питательных сред;</li> <li>• закономерности</li> </ul> |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  |   | <p>роста культур микроорганизмов, эукариотных клеток и тканей;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы математического моделирования и оптимизации биотехнологических процессов;</li> <li>• принципы масштабирования процессов ферментации.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить оценку биологической ценности сырья для биосинтеза;</li> <li>• составлять материальный и энергетический балансы процесса биосинтеза;</li> <li>• проводить термодинамические расчеты биохимических реакций</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками работы с биологическими базами данных</li> </ul> |
| <p><b>СПК-2</b><br/>Владение методами базовых лабораторных исследований в области биотехнологий, способность применять их в практической деятельности.</p> | <p><b>СПК-2.1.</b><br/>Применяет методы базовых лабораторных исследований в области биотехнологий в практической деятельности</p> | <p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы и теорию методов выделения белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов;</li> <li>• современное состояние методов анализа продуктов биосинтеза;</li> <li>• математические модели, учитывающие гидродинамику и массообмен в процессах культивирования;</li> </ul>   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выполнять анализ уровней экспрессии белка; анализировать данные секвенирования;</li> <li>• определять удельные скорости роста биомассы, биосинтеза продукта и потребления субстратов;</li> <li>• применять математические модели и методы планирования эксперимента при исследовании биотехнологических процессов</li> <li>• <b>Владеет:</b> навыками работы в области выделения продуктов биосинтеза; микроскопическими методами анализа</li> </ul> |
|--|--|--|

#### 4. Объем дисциплины

Объем дисциплины - 2 з.е. (72 ак.ч), из них 36 ак.ч - контактная работа обучающихся с преподавателем на занятиях семинарского типа (семинары - 36 ч). Самостоятельная работа обучающихся – 36 ак.ч. Форма промежуточной аттестации – зачет (6 семестр).

#### 5. Формат обучения

Очный с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

#### 6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов, и виды учебных занятий

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего ак.ч. | В том числе |
|---|-------------|-------------|
| Форма промежуточной аттестации по дисциплине                |             |             |

|   |    | Контактная работа<br>(работа во<br>взаимодействии с<br>преподавателем)<br>Виды контактной работы,<br>ак. ч. |       | Самостоятельная<br>работа<br>обучающегося,<br>ак.ч. |
|---|----|---|-------|---|
|   |    | Занятия<br>семинарского<br>типа<br>(семинары)   | всего |   |
| Тема 1. Характеристика<br>биообъектов для<br>биотехнологии.     | 10 | 2   | 2     | 8   |
| Тема 2. Методы выделения,<br>очистки и анализа<br>биополимеров. | 30 | 16  | 16    | 14  |
| Тема 3. Культивирование и<br>метаболизм.                        | 28 | 14  | 14    | 14  |
| Промежуточная аттестация –<br>зачет                             | 4  |   |       |   |
| Итого:  | 72 | 36  |       | 36  |

## 6.1. Содержание дисциплины по разделам (темам)

### Тема 1. Характеристика биообъектов для биотехнологии.

Понятие биотехнологии как технологического приема получения модифицированных биообъектов с целью придания им новых свойств и/или способности производить новые вещества. Принципы классификации прокариотных и эукариотных микроорганизмов. Правила номенклатуры и идентификации. Методы классификации на основе определения последовательности 16S рРНК, ДНК-ДНК гибридизации. Применение нуклеотидных микрочипов для обнаружения и идентификации микроорганизмов. Микроскопические методы изучения микроорганизмов, дрожжей, мицелиальных грибов, микроформ водорослей, простейших, культур клеток и тканей.

### Тема 2. Методы выделения, очистки и анализа биополимеров.

Основные методы анализа белков: электрофорез, секвенирование, аналитическое ультрацентрифугирование, спектроскопия, кристаллография. Биосенсоры. Типы биосенсоров для анализа белков и их обнаружения. Иммунологические методы (Western blot, ELISA). Масс-спектрометрический анализ. Анализ *in silico* (биоинформационный). Первичное выделение, концентрация и методы лизиса и солюбилизации. Зависимость методов очистки от конечных целей использования препарата. Определение «чистоты» препарата. Стадии очистки и выделения белков. Выбор сырья для выделения и оптимизация условий культивирования, концентрация и грубое фракционирование. Преципитация, варианты методов хроматографического разделения белков. Электрофоретические методы разделения и анализа структуры белков. Центрифугирование и ультрафильтрация. Подходы к первичной очистке и концентрации разбавленных растворов и смесей. Ультрафильтрация и адсорбция. Методы диализа. Гель фильтрация, ионообменная хроматография, гидрофобные взаимодействия, разновидности аффинной хроматографии. Варианты метода электрофореза в

акриламидном геле, изоэлектрофокусировки. Двумерное разделение белков и пептидов.

Нуклеиновые кислоты. Методы выделения и очистки нуклеиновых кислот. Методы выделения ДНК и РНК. Особенности выделения ДНК из прокариотических и эукариотических организмов. Методы количественного и качественного анализа нуклеиновых кислот. Методы определения нуклеотидной последовательности в нуклеиновых кислотах. Современные технологии секвенирования. Химико-ферментативный синтез олиго- и полинуклеотидов.

Липиды. Методы изучения липидов. Анализ состава, типов и локализации липидов в клетках различного происхождения. Методы изучения строения биологических мембран. Липосомы, получение и применение.

Углеводы. Моносахариды. Структурный анализ олиго- и полисахаридов.

### **Тема 3. Культивирование и метаболизм.**

Сырье для биосинтеза и оценка его биологической ценности. Методы оптимизации питательных сред. Полунепрерывные и периодические процессы культивирования. Кинетическое описание периодического культивирования. Удельные скорости роста биомассы, биосинтеза продукта и потребления субстратов. Понятие о C-моле биомассы. Влияние затрат субстрата на поддержание жизнедеятельности, на величину кажущегося экономического коэффициента. Определение основных параметров роста культур: время генерации, удельная скорость роста, выход биомассы, экономический коэффициент. Закономерности роста чистых культур при периодическом выращивании. Рост микроорганизмов при непрерывном культивировании. Синхронные культуры, способы получения и значение. Смешанные культуры, консорциумы, принципы их культивирования. Сырье для ферментаций, его биологическая ценность и экономическая оценка. Источники углерода, азота, фосфора, микроэлементов, используемые в биотехнологии.

Модели кинетики биосинтеза продуктов метаболизма в зависимости от удельной скорости роста, возраста культуры, концентрации субстратов и метаболитов в среде. Принципы масштабирования процессов ферментации. Критерии масштабного перехода. Методы контроля специфических параметров процесса ферментации.

Материальный и энергетический балансы процесса биосинтеза. Стехиометрия микробиологического синтеза. Методы расчета стехиометрических коэффициентов. Порядок составления материального баланса биосинтеза.

Термодинамические расчеты биохимических реакций. Теплота и свободные энергии, влияние температуры, pH и природы растворителей. Основные понятия термодинамики необратимых процессов: степень полноты реакции, некомпенсированная теплота и сродство. Сопряженные реакции. Обмен энергией и энтропией между клеткой и средой.

Математическое моделирование и оптимизация биотехнологических процессов. Методы математического моделирования. Кинетика и стехиометрия процессов культивирования. Типы моделей, адекватность и ее критерии. Математическое описание периодической, турбидостатной и хемостатной культуры. Кинетическое описание смешанных культур. Кинетика гибели микроорганизмов. Кинетическое описание биосинтеза продуктов микроорганизмами. Кинетика образования продуктов метаболизма. Математические модели, учитывающие гидродинамику и массообмен в процессах культивирования. Применение математических моделей и методов планирования эксперимента при исследовании биотехнологических процессов. Использование компьютеров для управления биотехнологическими процессами.

## 7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень оценочных средств

| Компетенция  | Результат обучения по дисциплине (модулю)  | Оценочные средства  |
|--|--|---|
| <p><b>СПК-1.</b><br/>Способен осуществлять критический анализ информации в области генетических технологий, используемых в промышленных биотехнологиях, для применения в практической деятельности</p> | <p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные параметры роста культур: время генерации, удельная скорость роста, выход биомассы, экономический коэффициент;</li> <li>• методы оптимизации питательных сред;</li> <li>• закономерности роста культур микроорганизмов, эукариотных клеток и тканей;</li> <li>• методы математического моделирования и оптимизации биотехнологических процессов;</li> <li>• принципы масштабирования процессов ферментации.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить оценку биологической ценности сырья для биосинтеза;</li> <li>• составлять материальный и энергетический балансы процесса биосинтеза;</li> <li>• проводить термодинамические расчеты биохимических реакций</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками работы с</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вопросы и задания для текущей и промежуточной аттестации</li> <li>• Доклады</li> </ul> |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | биологическими базами данных;  |  |
| <p><b>СПК-2</b><br/> Владение методами базовых лабораторных исследований в области биотехнологий, способность применять их в практической деятельности.</p> | <p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы и теорию методов выделения белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов;</li> <li>• современное состояние методов анализа продуктов биосинтеза;</li> <li>• математические модели, учитывающие гидродинамику и массообмен в процессах культивирования;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выполнять анализ уровней экспрессии белка; анализировать данные секвенирования;</li> <li>• определять удельные скорости роста биомассы, биосинтеза продукта и потребления субстратов;</li> <li>• применять математические модели и методы планирования эксперимента при исследовании биотехнологических процессов;</li> <li>• <b>Владеет:</b> навыками работы в области выделения продуктов биосинтеза; микроскопическими методами анализа.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вопросы и задания для текущей и промежуточной аттестации;</li> <li>• Доклады</li> </ul> |



### **Примеры вопросов и заданий для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (зачет)**

1. Принципы классификации прокариотных и эукариотных микроорганизмов. Правила номенклатуры и идентификации.
2. Методы классификации на основе определения последовательности 16S рРНК, ДНК-ДНК гибридизации.
3. Микроскопические методы изучения микроорганизмов, дрожжей, мицелиальных грибов, микроформ водорослей, простейших, культур клеток и тканей.
4. Стадии очистки и выделения белков.
5. Первичное выделение и концентрация белков.
6. Центрифугирование и ультрафильтрация белков.
7. Электрофоретические методы разделения и анализа структуры белков.
8. Спектроскопия белков и аминокислот.
9. Типы биосенсоров для анализа белков и их обнаружения.
10. Современные технологии секвенирования нуклеиновых кислот.
11. Методы выделения ДНК и РНК.
12. Методы количественного и качественного анализа нуклеиновых кислот.
13. Анализ состава, типов и локализации липидов в клетках.
14. Структурный анализ олиго- и полисахаридов.
15. Определение основных параметров роста культур: время генерации, удельная скорость роста, выход биомассы, экономический коэффициент.
16. Удельные скорости роста биомассы, биосинтеза продукта и потребления субстратов. Понятие о C-моле биомассы.
17. Термодинамические расчеты биохимических реакций.
18. Кинетика и стехиометрия процессов культивирования.
19. Применение математических моделей и методов планирования эксперимента при исследовании биотехнологических процессов.
20. Математическое описание периодической, турбидостатной и хемостатной культуры.

#### **Примерные темы докладов**

1. Особенности выделения ДНК из прокариотических и эукариотических организмов.
2. Обмен энергией и энтропией между клеткой и средой.
3. Сырье для ферментаций, его биологическая ценность и экономическая оценка. Источники углерода, азота, фосфора, микроэлементов, используемые в биотехнологии.
4. Математическое моделирование и оптимизация биотехнологических процессов.

### **7.3. Описание критериев и шкал оценивания**

#### **Описание показателей и критериев оценивания выполнения задания**

| Показатель  | Баллы |
|---|-------|
| Студент выполняет менее 50% задания   | 0-20  |
| Задание студент выполняет все или большей частью, есть отдельные неточности, способен при направляющих вопросах исправить допущенные неточности | 21-32 |
| Задание выполнено студентом правильно, самостоятельно в полном объеме   | 33-40 |

### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенции | Баллы    | Оценка в 5-ти балльной шкале | Оценка на зачете |
|--------------------------------------|----------|------------------------------|------------------|
| недостаточный                        | Менее 20 | неудовлетворительно          | не зачтено       |
| базовый                              | 20-26    | удовлетворительно            | зачтено          |
| Высокий (повышенный)                 | 27-32    | хорошо                       |                  |
| Продвинутый (повышенный)             | 33-40    | отлично                      |                  |

### ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения по дисциплине (модулю)

(\*оценка сформированности компетенций дается в соответствии со шкалой выше)

| Оценка / Рез-т обучения                                  | 2<br>(не зачтено)                                 | 3<br>(зачтено)                                 | 4<br>(зачтено)   | 5<br>(зачтено)  |
|--|---|--|--|---|
| Знания<br>(приведены в п.3.)                             | Отсутствие знаний                                 | Фрагментарные знания                           | Общие, но не структурированные знания  | Сформированные систематические знания                           |
| Умения<br>(приведены в п.3.)                             | Отсутствие умений                                 | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера) | Успешное и систематическое умение                               |
| Навыки /владения/опыт деятельности<br>(приведены в п.3.) | Отсутствие навыков (владений, опыта деятельности) | Наличие отдельных навыков                      | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме                               | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |

## 8. Ресурсное обеспечение:

### 8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### Основная литература

1. Альбертс Брюс, Брей Деннис, Хопкин Карен, Джонсон Александр, Льюис Джулиан, Рэфф Мартин, Робертс Кейт, Уолтер Питер. Основы молекулярной биологии клетки. М., Лаборатория знаний, 2018.
2. Кребс Дж., Голдштейн Э., Килпатрик С. Гены по Льюину (перевод 10-го англ. издания). М., Лаборатория знаний, 2017.
3. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия. Сибирское университетское издательство. Новосибирск. 2004.
4. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. — Москва: Мир, 2002. — 589 с.
5. Патрушев Л.И. Экспрессия генов. М. Наука, 2000
6. Патрушев Л.И.. Искусственные генетические системы. Т.1. Генная и белковая инженерия. М. Наука. 2004.
7. Современная микробиология. Прокариоты (ред.: Ленгелер Й., Древис Г., Шлегель Г.) в 2-х томах, М., Мир, 2005.

#### Дополнительная литература

1. В.Г. Дебабов, В.А. Лившиц. Биотехнология. В 8 книгах. Кн. 2. Современные методы создания промышленных штаммов микроорганизмов: учеб. пособие. М., Высшая школа, 2013.

2. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии - М.: Колос, 2004.-296 с. И.Ф. Жимулев. Общая и молекулярная генетика. Сибирское университетское издательство. Новосибирск. 2003.

## **8.2. Перечень лицензионного и(или) свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1. Яндекс Браузер
2. Libre Office
3. Adobe Acrobat Reader.

## **8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

- Электронная библиотека МГУ имени М.В. Ломоносова (<http://www.nbmgu.ru/publicdb/>).
- Научная электронная библиотека eLibrary (<http://elibrary.ru>).

## **8.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»** <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

## **8.5. Описание материально-технической базы**

Для освоения дисциплины требуется свободный доступ к сети Интернет, а также:

- Аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
  - А. Помещения: аудитории для проведения лекционных/семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации: учебная аудитория филиала МГУ в г. Грозном;
  - Б. Оборудование: наборы ученической мебели, рабочее место преподавателя, ученическая доска, компьютер, проектор, экран, доска.

## **9. Язык преподавания.**

Русский.

## **10. Преподаватели**

Машко Сергей Владимирович

доктор биологических наук (18 марта 1988 года, присвоено решением ВАК Министерства образования РФ)

профессор (18 августа 19897 года, присвоено решением ВАК Министерства образования РФ)

Шайтан Алексей Константинович

доктор физико-математических наук (15 апреля 2021 года, присвоено решением Диссовета МГУ.03.02 при Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова)

член-корреспондент РАН (Москва, 02 июня 2022 года, общее собрание РАН)

Страховская Марина Глебовна

доктор биологических наук (06 мая 2011, присвоено решением ВАК Министерства образования РФ)

без ученого звания

### **11. Разработчики программы**

Машко Сергей Владимирович, профессор кафедры биоинженерии биологического факультета МГУ

Шайтан Алексей Константинович, доцент кафедры биоинженерии биологического факультета МГУ

Страховская Марина Глебовна, доцент кафедры синтетической биологии биологического факультета МГУ.