

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

Кафедра ботаники и микробиологии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев  
«21» мая 2024 г.

**Рабочая программа**  
**«Современные биотехнологии»**

Направление подготовки  
06.04.01 Биология

Направленность (профиль)  
«Экспериментальная биология и биотехнологии»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № 9 от «15» апреля 2024 года

Программа одобрена  
НМК факультета биологии и экологии  
протокол № 6 от «29» апреля 2024 года

Ярославль

### 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Современные биотехнологии» является: формирование у студентов представлений о многообразии и общности современных биотехнологий, получение практических навыков, необходимых для дальнейшей профессиональной научно-исследовательской и научно-производственной деятельности.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современные биотехнологии» относится к обязательной части Блока 1. Полученные в курсе «Современные биотехнологии» знания необходимы для изучения дисциплин «Биоинженерия», «Биотехнологии биологически активных веществ и лекарственных препаратов», «Биоинформационный анализ в экспериментальной биологии», а также для прохождения практики по профилю профессиональной деятельности, преддипломной практики, в том числе выполнения научно-исследовательской работы, а также для продолжения обучения в аспирантуре по направлению «Биологические науки».

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

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

| <b>Формируемая компетенция (код и формулировка)</b>   | <b>Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)</b>  | <b>Перечень планируемых результатов обучения</b>   |
|---|---|--|
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>   |   |  |
| <b>ОПК-1</b> Способен использовать и применять фундаментальные биологические представления и современные методологические подходы для постановки и решения новых нестандартных задач. | <b>ОПК-1.1. Знает:</b><br>- современные актуальные проблемы, основные открытия и методологические разработки в области биологических и смежных наук.  | <b>Знать:</b><br>- современные актуальные проблемы, основные открытия и методологические разработки в области биотехнологии.   |
|   | <b>ОПК-1.2. Умеет:</b><br>- анализировать тенденции развития научных исследований и практических разработок в избранной сфере профессиональной деятельности, способен формулировать инновационные предложения для решения нестандартных задач, используя углубленную общенаучную и методическую специальную подготовку. | <b>Уметь:</b><br>- анализировать тенденции развития научных исследований и практических разработок в современной биотехнологии, состояние и перспективы их развития в России и за рубежом;<br>- формулировать инновационные предложения для решения нестандартных задач в области биотехнологии. |
|   | <b>ОПК-1.3. Владеет:</b><br>- навыком деловых коммуникаций в междисциплинарной аудитории, представления и обсуждения предлагаемых решений.  | <b>Владеть:</b><br>- навыком деловых коммуникаций в междисциплинарной аудитории, представления и обсуждения предлагаемых решений.  |

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p><b>ОПК-2</b> Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры.</p> | <p><b>ОПК-2.1. Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы, традиционные и современные методы исследований в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры.</li> </ul>                | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные типы биотехнологических процессов и объекты биотехнологии;</li> <li>- стадии промышленного осуществления биотехнологических процессов;</li> <li>- способы реализации биотехнологической стадии и ее подготовки.</li> </ul>   |
|   | <p><b>ОПК-2.2. Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- творчески использовать специальные теоретические и практические знания для формирования новых решений путем интеграции различных методических подходов.</li> </ul> | <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- творчески использовать специальные теоретические и практические знания в области биотехнологии для формирования новых решений путем интеграции различных методических подходов.</li> </ul>  |
|   | <p><b>ОПК-2.3. Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком критического анализа и широкого обсуждения предлагаемых решений.</li> </ul>  | <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком планирования эксперимента;</li> <li>- навыком оценивать и прогнозировать перспективность объектов своей профессиональной деятельности для биотехнологических производств;</li> <li>- приемами определения биологической безопасности продукции биотехнологических производств.</li> </ul> |
| <p><b>ОПК-8</b> Способен использовать современную аппаратуру и вычислительную технику для решения инновационных задач в профессиональной деятельности.</p>  | <p><b>ОПК-8.1. Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- типы современной аппаратуры для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной деятельности.</li> </ul>  | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила и принципы организации биотехнологической лаборатории;</li> <li>- основные типы биореакторов для осуществления аэробных и анаэробных ферментаций.</li> </ul>  |
|   | <p><b>ОПК-8.2. Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать современную вычислительную технику.</li> </ul>  | <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать современную вычислительную технику для обработки результатов исследования и подготовки отчетной документации.</li> </ul>   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>ОПК-8.3. Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способностью творчески модифицировать технические средства для решения инновационных задач в профессиональной деятельности.</li> </ul> | <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами эксплуатации современного лабораторного биотехнологического оборудования;</li> <li>- техникой работы в стерильных условиях;</li> <li>- навыками культивирования и описания биологических объектов;</li> <li>- техникой культивирования изолированных клеток и тканей растений на искусственных питательных средах <i>in vitro</i>.</li> </ul> |
|--|--|--|

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад. часов.

| № 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<br>Форма промежуточной аттестации<br>(по семестрам) |
|-------|---|---------|---|--------------|--------------|--------------|--------------------------|------------------------|--|
|       |   |         | Контактная работа   |              |              |              |                          |                        |  |
|       |   |         | лекции  | практические | лабораторные | консультации | аттестационные испытания | самостоятельная работа |  |
| 1.    | Введение в предмет. История развития биотехнологии и основные достижения на современном этапе.  | 1       | 2   |              | 2            |              |                          | 4                      | Фронтальный опрос<br>Реферат   |
| 2.    | Биологические системы, используемые в биотехнологии. Биообъекты животного и растительного происхождения, микроорганизмы, макромолекулы. | 1       | 2   |              | 2            |              |                          | 8                      | Фронтальный опрос<br>Задания для самостоятельной работы                                  |
| 3.    | Методы совершенствования биообъектов на основе селекции.  | 1       | 1   |              | 1            |              |                          | 8                      | Фронтальный опрос<br>Задания для самостоятельной работы                                  |
| 4.    | Совершенствование биообъектов методами  | 1       | 3   |              | 3            |              |                          | 8                      | Фронтальный опрос<br>Контрольная работа по   |

|    |  |   |   |  |   |  |  |   |   |
|----|--|---|---|--|---|--|--|---|---|
|    | клеточной и генной инженерии. Области практического использования достижения генетической инженерии.                                       |   |   |  |   |  |  |   | темам 1-4   |
| 5. | Биобезопасность. Оценка риска возможных неблагоприятных эффектов генно-инженерных организмов для здоровья человека и окружающей среды.     | 1 | 2 |  | 2 |  |  | 4 | Фронтальный опрос<br>Семинар по принципам обеспечения биологической безопасности. |
| 6  | Биотехнологическая стадия производства, контролируемые параметры.  | 1 | 2 |  | 2 |  |  | 5 | Фронтальный опрос<br>План лабораторного эксперимента                              |
|    | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>  |   |   |  |   |  |  | 2 | <i>ЭУК в LMS Moodle</i>   |
| 7  | Подготовительные стадии биотехнологического процесса. Сырье и питательные среды.   | 1 | 2 |  | 2 |  |  | 5 | Фронтальный опрос<br>Отчет по лабораторному занятию 1*                            |
|    | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>  |   |   |  |   |  |  | 2 | <i>ЭУК в LMS Moodle</i>   |
| 8  | Параметры роста культур микроорганизмов и клеток.  | 1 | 2 |  | 2 |  |  | 5 | Фронтальный опрос<br>Отчет по лабораторному занятию 2-3*                          |
| 9  | Способы культивирования микроорганизмов и клеток, их аппаратное обеспечение.   | 1 | 2 |  | 2 |  |  | 5 | Фронтальный опрос<br>Отчет по лабораторному занятию 2-3*                          |
|    | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>  |   |   |  |   |  |  | 4 | <i>ЭУК в LMS Moodle</i>   |
| 10 | Зависимости роста биомассы от режима подачи субстрата. Управление биотехнологической стадией с помощью физико-химических параметров среды. | 1 | 2 |  | 2 |  |  | 5 | Фронтальный опрос<br>Отчет по лабораторному занятию 4-5*                          |
| 11 | Биотехнологии, основанные на получении клеточной массы, первичных и вторичных метаболитов.   | 1 | 2 |  | 2 |  |  | 5 | Фронтальный опрос<br>Отчет по лабораторному занятию 4-5*                          |
|    | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>  |   |   |  |   |  |  | 4 | Тест для самопроверки по модулю 2<br><i>ЭУК в LMS Moodle</i>                      |

|    |  |   |           |  |           |          |            |              |  |
|----|--|---|-----------|--|-----------|----------|------------|--------------|--|
| 12 | Биотехнологии повышения продуктивности растений.         | 1 | 4         |  | 4         |          |            | 10           | Фронтальный опрос  |
| 13 | Биотехнологии повышения биохимической ценности растений. | 1 | 3         |  | 3         |          |            | 10           | Фронтальный опрос  |
| 14 | Биотехнологии повышения устойчивости растений.           | 1 | 3         |  | 3         |          |            | 10           | Фронтальный опрос  |
|    | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                            |   |           |  |           |          |            | 2            | Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины ЭУК в LMS Moodle                      |
|    |  |   |           |  |           | 2        | 0,3        | 19,7         | Зачет<br><br>При подготовке к зачету: тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины |
|    | <b>Всего за семестр 180 часов</b>                        |   | <b>32</b> |  | <b>32</b> | <b>4</b> | <b>0,3</b> | <b>111,7</b> |  |

*Примечание: объем (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Современные биотехнологии» в LMS Moodle), определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.*

*\* нумерация лабораторных занятий по темам 6-11 дана в соответствии с нумерацией в учебно-методическом пособии: Шеховцова Н.В. Культивирование микроорганизмов и клеток / Н.В. Шеховцова, Ю.В. Зайцева. - Ярославль: ЯрГУ, 2019. - 60 с.*

#### 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.    | Введение в предмет. История развития биотехнологии и основные достижения на современном этапе.  | 1       |   |              | 2            |              |                          |                        | Факультет биологии и экологии                            |
| 2.    | Биологические системы, используемые в биотехнологии. Биообъекты животного и растительного происхождения, микроорганизмы, макромолекулы.       | 1       |   |              | 2            |              |                          |                        | Факультет биологии и экологии                            |
| 3.    | Методы совершенствования биообъектов на основе селекции.  | 1       |   |              | 1            |              |                          |                        | Факультет биологии и экологии                            |
| 4.    | Совершенствование биообъектов методами клеточной и геномной инженерии. Области практического использования достижения генетической инженерии. | 1       |   |              | 3            |              |                          |                        | Факультет биологии и экологии                            |
| 5.    | Биобезопасность. Оценка риска возможных неблагоприятных эффектов генно-инженерных организмов для здоровья человека и окружающей среды.        | 1       |   |              | 2            |              |                          |                        | Факультет биологии и экологии                            |
| 6     | Биотехнологическая  | 1       |   |              | 2            |              |                          |                        | Факультет биологии                                       |

|    |  |   |  |  |    |  |  |  |                               |
|----|--|---|--|--|----|--|--|--|-------------------------------|
|    | стадия производства, контролируемые параметры.   |   |  |  |    |  |  |  | и экологии                    |
| 7  | Подготовительные стадии биотехнологического процесса. Сырье и питательные среды.   | 1 |  |  | 2  |  |  |  | Факультет биологии и экологии |
| 8  | Параметры роста культур микроорганизмов и клеток.  | 1 |  |  | 2  |  |  |  | Факультет биологии и экологии |
| 9  | Способы культивирования микроорганизмов и клеток, их аппаратурное обеспечение.   | 1 |  |  | 2  |  |  |  | Факультет биологии и экологии |
| 10 | Зависимости роста биомассы от режима подачи субстрата. Управление биотехнологической стадией с помощью физико-химических параметров среды. | 1 |  |  | 2  |  |  |  | Факультет биологии и экологии |
| 11 | Биотехнологии, основанные на получении клеточной массы, первичных и вторичных метаболитов  | 1 |  |  | 2  |  |  |  | Факультет биологии и экологии |
| 12 | Биотехнологии повышения продуктивности растений.   | 1 |  |  | 4  |  |  |  | Факультет биологии и экологии |
| 13 | Биотехнологии повышения биохимической ценности растений.   | 1 |  |  | 3  |  |  |  | Факультет биологии и экологии |
| 14 | Биотехнологии повышения устойчивости растений.   | 1 |  |  | 3  |  |  |  | Факультет биологии и экологии |
|    | <b>ИТОГО</b>   |   |  |  | 32 |  |  |  |                               |

## 5. Общие положения

Содержание разделов дисциплины:

**Тема 1. Введение в предмет. История развития биотехнологии и основные достижения на современном этапе.**

Определение понятия биотехнологии. История развития биотехнологии и основные достижения на современном этапе. Биотехнология и фундаментальные дисциплины. Биотехнология как наука и сфера производства.

## **Тема 2. Биологические системы, используемые в биотехнологии. Биообъекты животного и растительного происхождения, микроорганизмы, макромолекулы.**

Биологические системы, используемые в биотехнологии. Классификация и характеристика биообъектов.

Макробиообъекты животного происхождения. Человек как объект иммунизации и донор. Культуры тканей человека и других млекопитающих. Основные группы получаемых биологически активных веществ.

Биообъекты растительного происхождения. Дикорастущие, плантационные растения. Водоросли. Культуры растительных тканей. Основные группы получаемых биологически активных веществ.

Биообъекты – микроорганизмы. Эукариоты (простейшие, грибы, дрожжи). Прокариоты (актиномицеты, зубактерии). Вирусы. Основные группы получаемых биологически активных соединений.

Биообъекты – макромолекулы с ферментативной активностью. Промышленные биокатализаторы на основе индивидуальных ферментов и мультиферментных комплексов. Биоконверсия (биотрансформация) при получении гормонов, простаноидов, витаминов, антибиотиков и других биологически активных веществ.

## **Тема 3. Методы совершенствования биообъектов на основе селекции.**

Пути и методы, используемые при получении более продуктивных биообъектов и биообъектов с другими качествами, повышающими возможность их использования в промышленном производстве. Направления, в которых целесообразно совершенствовать биообъекты, используемые в биотехнологическом производстве.

Традиционные методы селекции. Вариационные ряды. Отбор спонтанных мутаций. Мутагенез и селекция. Физические и химические мутагены и механизм их действия. Классификация мутаций. Проблемы генетической стабильности мутантов по признаку образования целевого биотехнологического продукта.

## **Тема 4. Совершенствование биообъектов методами клеточной и генной инженерии. Области практического использования достижения генетической инженерии.**

Генетическая инженерия. Инструменты генетической инженерии. Понятие вектора в генетической инженерии. Ферменты, используемые в генетической инженерии. Бактериальные штаммы для молекулярного клонирования. Методы генетической инженерии. Технология рекомбинантных ДНК. Последовательность операций при включении чужеродного гена в векторную молекулу. Способы введения рекомбинантной ДНК в клетки.

Клеточная инженерия. Направления исследований в клеточной инженерии. Использование методологии генетической и клеточной инженерии при решении задач различных областей биологии. Использование достижений генетической и клеточной инженерии в сельском хозяйстве и медицине.

## **Тема 5. Биобезопасность. Оценка риска возможных неблагоприятных эффектов генно-модифицированных организмов (ГМО) для здоровья человека и окружающей среды.**

Основы биобезопасности в биотехнологии. Этические и правовые основы регулирования биомедицинских исследований на человеке и животных. Правовые основы регулирования биобезопасности.

Базовые принципы и методология оценки риска генно-инженерной деятельности. Модель системы оценки риска, связанного с ГМО.

## **Тема 6. Биотехнологическая стадия производства, контролируемые параметры.**

Основные классы биотехнологий. Виды биохимической деятельности, используемые в биотехнологиях. Схема последовательно реализуемых стадий биотехнологического процесса. Биотехнологическая стадия – основная стадия биотехнологического производства, ее цель и основные биотехнологические процессы. Подготовительные стадии биотехнологического производства. Способы разделения жидкости и биомассы.

Методы выделения внутриклеточных продуктов биосинтеза. Методы выделения продуктов биосинтеза. Методы выделения продуктов биосинтеза. Способы концентрирования целевого продукта. Получение готовой формы продукта и изменение концентрации целевого продукта в процессе производства.

Основные характеристики процесса ферментации. Классификации процессов ферментации по признаку целевого продукта, по отношению к кислороду и свету, по степени защищенности от посторонних микроорганизмов, по числу видов микроорганизмов, по способу организации процесса.

Три типа ферментационных процессов по времени протекания трофофазы и идиофазы. Оптимизация ферментационного процесса – залог рентабельности биотехнологического производства. Общие принципы оптимизации ферментационных процессов.

Основные условия проведения ферментаций: температура, аэрация, давление. Перемешивание. Контроль над ходом ферментации. Физические параметры: температура, давление, потребляемая мощность, вязкость, скорости потоков газа и жидкости, мутность, вес ферментера. Химические параметры: pH, растворенный O<sub>2</sub>, концентрации O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> в отходящих газах, редокс-потенциал, концентрации субстратов, концентрации продуктов. Биологические параметры: концентрации РНК, ДНК, НАД·Н<sub>2</sub>, АТФ, белок .

### **Тема 7. Подготовительные стадии биотехнологического процесса. Сырье и питательные среды.**

Приготовление питательной среды. Принципы составления питательных сред. Элементный состав микробных клеток (бактерий, дрожжей, плесневых грибов). Биогенные, макро- и микроэлементы, их соотношение. Типы питания микроорганизмов. Условия культивирования микроорганизмов и клеточных культур. Классификация питательных сред по составу. Примеры синтетических, полусинтетических и натуральных сред. Методы стерилизации питательных сред: термические, физические и химические.

Стартовые условия успешного культивирования микроорганизмов и клеточных культур. Требования к сырью для процессов ферментации: источники углерода, азота. Оптимизация состава среды по принципу «цена-качество». Требования к воде и воздуху.

Подготовка посевного материала и/или биокатализатора. Способы сохранения посевного материала. Выращивание инокулята (засевной культуры). Предварительная ферментация (наработка достаточной биомассы для засева). Продукционная ферментация. Оптимизация ферментационных сред для биотехнологической стадии.

Подготовка биокатализатора. Способы иммобилизации биомассы или ферментов.

### **Тема 8. Параметры роста культур микроорганизмов и клеток.**

Рост клетки и рост клеточной культуры. Периодическая культура. Математические закономерности периодического роста клеточных культур. Фазы роста периодической культуры.

Параметры роста клеточных культур: удельная скорость роста, метаболический и экономический коэффициенты, константа насыщения по субстрату, максимальное значение биомассы. Сравнение скорости роста клеточных культур со скоростью ферментативной реакции. Математическая модель простой периодической культуры (работы Ж. Моно). Зависимость скорости роста от концентрации лимитирующего субстрата.

Культура полного вытеснения. Зависимость скорости роста от новых параметров: скорость протока, объем сосуда, скорость разбавления, время замещения.

Хемостатная культура. Уравнения для стационарных значений концентрации субстрата и биомассы. Преимущества хемостата как способа управляемого культивирования, его модификации.

Масштабирование ферментаций. Главные параметры, влияющие на масштабирование: число поколений, стерилизация, перемешивание и аэрация, перенос тепла и стабильность культуры.

## **Тема 9. Способы культивирования микроорганизмов и клеток, их аппаратное обеспечение.**

Основные режимы культивирования: периодический и непрерывный. Лабораторная установка для периодического культивирования. Схема современного ферментера для выращивания суспензионных культур аэробных микроорганизмов в периодическом режиме.

Основные типы конструкций биореакторов для аэробных ферментаций: сосуды без внутренних частей, сосуды с перемешиванием мешалкой, барботажные колонны, колоночные реакторы с твердой укладкой, биореакторы со взвешенным слоем, петлевые реакторы (с замкнутым контуром), круговые кюветы (разновидность горизонтального петлевого реактора), вращающиеся диски. Функциональные возможности разных типов биореакторов.

Типы биореакторов для промышленного использования: без перемешивания, неаэрируемые сосуды; без перемешивания аэрируемые; с перемешиванием и аэрацией. Классы биореакторов для аэробной ферментации с распределением газа путем смешения (1), с распределением газа с помощью насосов (2), с распределением газа за счет избыточного давления газа (3). Биореакторы для аэробной ферментации с непрерывной газовой фазой. Мембранные биореакторы: достоинства и недостатки. Биореакторы с полыми волокнами. Биореакторы для получения очень вязких материалов (с двухфазной системой). Твердозазные ферментации.

Условия работы биореакторов, способствующие увеличению продуктивности и снижению стоимости существующих процессов. Задачи усовершенствования биореакторов.

## **Тема 10. Зависимости роста биомассы от режима подачи субстрата. Управление биотехнологической стадией с помощью физико-химических параметров среды.**

Культура полного вытеснения (тубулярная) и ее закономерности. Хемостатная культура. Уравнения материального баланса для хемостата и его модификаций. Преимущества хемостатных культур и их значение для прогрессивного развития биотехнологий в 60-е гг. XX века.

Классификация процессов ферментации по способу организации: периодические, непрерывные, многоцикличные, отъемно-доливные, периодические с подпиткой субстратом, полунепрерывные с подпиткой субстратом. Динамика изменения объема жидкости в биореакторе в процессе культивирования.

Выход биомассы микроорганизмов на органических субстратах разной химической природы. Материально-энергетический баланс роста. Доступные электроны, энергетический выход роста. Биоэнергетика клеточного роста. Коэффициент использования энергии. Энерготраты на поддержание. Основное уравнение микрокинетики микробного роста – уравнение Моно-Иерусалимского.

## **Тема 11. Биотехнологии, основанные на получении клеточной массы, первичных и вторичных метаболитов.**

Производства, основанные на получении биомассы: получение белка, вакцин, бактериофагов и препаратов, нормализующих микробиоту человека, биоудобрений, биоинсектицидов, биотоплива и т.п.

Биотехнологии получения первичных метаболитов: ферментов, нуклеотидов, аминокислот, липидов.

Производства вторичных метаболитов: антибиотиков, витаминов, пигментов, алкалоидов, фитогормонов, полисахаридов.

## **Тема 12. Биотехнологии повышения продуктивности растений.**

Современные биотехнологии – основа повышения продуктивности растений. Роль для мировой системы продовольственного обеспечения. Основные объекты и сырьевая база фитобиотехнологий. Приоритетные направления и мировой уровень фитобиотехнологий как науки и отрасли производства. Развитие и перспективы фитобиотехнологий в России и зарубежных странах. Факторы повышения посевных качеств семян, возможности и

перспективы их использования. Нетрадиционные формы земледелия, производства и переработки продукции растениеводства. Технологии выращивания растений на искусственных субстратах. Беспочвенные культуры. Использование синтетических регуляторов роста.

Биотехнологические методы и подходы в повышении продуктивности растений в агрофитоценозах и культуре *in vitro*. Методы селекции *in vitro*. Достижения клеточной и генетической инженерии в повышении продуктивности растений.

Техника работы с высокопродуктивными культурами *in vitro*. Приготовление питательных сред для культивирования изолированных клеток и тканей растений. Методы стерилизации растительных объектов и оборудования при проведении работ с культурой изолированных клеток и тканей. Оценка параметров суспензии клеток растений. Выделение изолированных протопластов. Выделение хлоропластов как селективных маркеров соматической гибридизации. Культура изолированных зародышей. Получение и культивирование каллусной ткани в целях повышения продуктивности. Получение растений-регенерантов. Клональное микроразмножение растений.

### **Тема 13. Биотехнологии повышения биохимической ценности растений.**

Биохимическая ценность растений – технологии переработки и использования. Использование растений для получения сырья в промышленности и фармакологии. Растения как продукты полноценного питания. Биотехнологические методы и подходы в повышении качества растительного сырья. Достижения клеточной и генетической инженерии в повышении биохимической ценности растений. Растения с повышенным содержанием ненасыщенных жирных кислот, витаминов, аминокислот и др. Съедобные вакцины.

Биохимические маркеры обычных и модифицированных растений – углеводы, белки, витамины и вещества вторичного метаболизма.

### **Тема 14. Биотехнологии повышения устойчивости растений.**

Биотехнологические методы и подходы в повышении устойчивости растений. Применение фиторегуляторов. Получение растений, устойчивых к гербицидам. Достижения клеточной и генетической инженерии в повышении устойчивости растений. Защита растений от вирусов, бактериальных и грибных инфекций, абиотических стрессов. Обработка растений метаболитами микроорганизмов. Создание искусственных ассоциаций с микроорганизмами в целях модификации клеток и растений. Введение микроорганизмов в популяции культивируемых клеток.

Оценка устойчивости обычных и модифицированных растений к стрессам. Флуоресцентный метод в диагностике устойчивости растений. Определение активности окислительно-восстановительных ферментов. Степень колонизации тканей как критерий устойчивости растений к патогенам.

## **6. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

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

**Лекции** проводятся в интерактивной форме с применением мультимедийных технологий, демонстрационных технологий. 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.

**Лабораторные занятия** посвящены освоению методов молекулярной биологии, проведения биотехнологической стадии производства. Предусмотрено проведение фронтального опроса и контрольных работ по темам занятий, компьютерного

тестирования по отдельным темам; обсуждение экспериментальных результатов по итогам каждого задания.

Некоторые темы предусматривают демонстрацию обучающих фильмов (обучающий фильм по вопросам безопасности генно-модифицированных организмов и др.).

**Самостоятельная работа** студентов направлена на углубление и закрепление знаний, развитие практических умений и включает: подготовку индивидуальных домашних заданий (рефератов); подготовка к контрольным работам, зачету.

Самостоятельная работа студентов включает использование библиотечного фонда и электронно-библиотечной системы, подготовку рефератов по темам с использованием дополнительной литературы и журналов «Биотехнология», «Молекулярная биология», «Генетика» и др. В период самостоятельной подготовки студенты имеют возможность обсудить заданные вопросы с преподавателем.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом: публичное представление реферата с использованием презентационных материалов; выполнение заданий текущего и промежуточного контроля; взаимное оценивание выступлений и дискуссии на коллоквиуме.

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

**Электронный учебный курс «Современные биотехнологии» 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 лекций 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 информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

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 основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Нетрусов А.И. Введение в биотехнологию: учебник для вузов. – М.: Академия, 2014. – 281 с.
2. Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия / Под. ред. Т.П. Мосоловой, А.А. Синюшина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 327 с.
3. Шеховцова Н.В., Ю.В. Зайцева Культивирование микроорганизмов и клеток : учебно-методическое пособие. – Ярославль: ЯрГУ, 2019. – 60 с.

## **б) дополнительная литература**

1. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия: учеб.-справ. пособие. – Новосибирск, 2004. – 496 с.
2. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. – Новосибирск, 2006. – 479 с.
3. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж. Молекулярная биология клетки: в 3-х т. М.: Мир, 1995. – 1554 с.
4. Маниатис Т., Фрич Э., Сембрук Дж. Методы генетической инженерии. Молекулярное клонирование. – М.: Мир, 1984. – 480 с.
5. Биотехнология: теория и практика / Н.В. Загоскина, Л.В. Назаренко, Е.А. Калашникова, Е.А. Живухина. – М.: Оникс, 2009. – 496 с.
6. Алешина Е.С., Дроздова Е.А., Романенко Н.А. Культивирование микроорганизмов как основа биотехнологического процесса [Электронный ресурс] : учебное пособие.– Оренбург: ОГУ, ЭБС АСВ, 2017. – 192 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71282.html>

## **в) ресурсы сети «Интернет»**

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).
4. Научная библиотека ЯрГУ им. П.Г. Демидова (доступ к лицензионным современным библиографическим, реферативным и полнотекстовым профессиональным базам данных и информационным справочным системам: реферативные базы данных Web of Science, Scopus; научная электронная библиотека eLIBRARY.RU; Национальная электронная библиотека; электронно-библиотечные системы Юрайт, Проспект, Лань, Консультант студента; автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»; ProQuest Dissertations and Theses Global (Международная база данных диссертаций); электронные коллекции Springer Journals, Springer Nature Experiment; издательство Elsevier на платформе ScienceDirect; журналы Nature Journals, онлайн версия Кембриджской базы структурных данных [http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net\\_res.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net_res.php)

## **9. 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;
- 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: амплификатор, камера для электрофореза и источник питания, трансиллюминатор, центрифуги; спектрофотометр;

качалка с термостатированием; микроскоп; ламинарный шкаф; рН-метр; фотоэлектроколориметр; аналитические весы; технические весы; термостат; пробирки; воронки; мерные цилиндры; мерные стаканы; стеклянные палочки; фильтровальная бумага; марля; скальпели; пинцеты; препаровальные иглы; ножницы; автоматические пипетки; химические реактивы.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Авторы:

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



Н.В. Шеховцова

Доцент кафедры ботаники и микробиологии, к.б.н.



Ю.В. Зайцева

Доцент кафедры ботаники и микробиологии, к.б.н.



О.А. Маракаев

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Современные биотехнологии»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,  
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**

**Контрольные вопросы по теме 1:  
«Введение в предмет. История развития биотехнологии и основные  
достижения на современном этапе»**

1. Дайте определение термину «биотехнология».
2. Перечислите основные периоды развития биотехнологии.
3. Перечислите ключевые научные открытия, послужившие толчком для развития биотехнологии.
4. Перечислите преимущества биотехнологий по сравнению с химическими технологиями.

**Контрольные вопросы по теме 2:  
«Биологические системы, используемые в биотехнологии.  
Биообъекты животного и растительного происхождения,  
микрорганизмы, макромолекулы»**

1. Охарактеризуйте биообъекты, используемые в биотехнологии.
2. Каковы отличительные особенности прокариотической клетки?
3. Каковы отличительные особенности эукариотической клетки?
4. Перечислите основные преимущества использования бактерий в качестве продуцентов биологически-активных веществ (БАВ).
5. Перечислите требования, предъявляемые к штаммам микроорганизмов, используемых в промышленности.
6. Какие важнейшие продуценты БАВ вы знаете?
7. Какие методы хранения продуцентов применяются в биотехнологии?

**Контрольные вопросы по теме 3:  
«Методы совершенствования биообъектов на основе селекции»**

1. Назовите основные методы селекции.
2. Приведите примеры практического применения результатов селекции в биотехнологии.
3. Перечислите основные направления, в которых целесообразно совершенствовать биообъекты, используемые в биотехнологическом производстве.
4. Какие типы мутагенов вы знаете?
5. Какие бывают мутации и чем они различаются?

**Контрольные вопросы по теме 4:  
«Совершенствование биообъектов методами клеточной и генной инженерии.  
Области практического использования достижения генетической инженерии»**

1. Опишите структуру нуклеиновых кислот.
2. Опишите основные этапы биосинтеза белка.
3. Опишите основные принципы технологии рекомбинантной ДНК.
4. Что такое эндонуклеазы рестрикции и почему они важны для технологии рекомбинантных ДНК?

5. Опишите структуру плазмид и охарактеризуйте плазмидные векторы. Какими особенностями они обладают?
6. Укажите основные биотехнологические этапы методики клонирования.
7. Опишите способы введения рекомбинантных плазмид в клетку бактерии.
8. Что такое изолированные протопласты? Укажите основные методы их получения.

#### **Контрольные вопросы по теме 5:**

##### **«Биобезопасность. Оценка риска возможных неблагоприятных эффектов генно-инженерных организмов для здоровья человека и окружающей среды»**

1. Биологическая опасность и уровни биологической безопасности.
2. Характеристика потенциальной биологической опасности вирусов, используемых в биотехнологическом производстве.
3. Характеристика потенциальной биологической опасности бактерий, используемых в биотехнологическом производстве.
4. Перечислите основные факторы риска генно-инженерной деятельности для здоровья человека и окружающей среды.
5. Базовые принципы и методология оценки риска неблагоприятных последствий генно-инженерной деятельности.
6. Правовое регулирование биобезопасности. Основные нормативно-правовые акты международной и национальной систем биобезопасности.

#### **Контрольные вопросы по теме 6:**

##### **Биотехнологическая стадия производства, контролируемые параметры.**

1. Виды биохимической деятельности, используемые в биотехнологиях.
2. Основные стадии биотехнологического процесса, последовательность их реализации.
3. Основная стадия биотехнологического производства – ферментация.
4. Подготовительные стадии биотехнологического производства.
5. Основные характеристики процесса ферментации. Классификации процессов ферментации.
6. Контроль над ходом ферментации с помощью физических, химических и биологических параметров.

#### **Контрольные вопросы по теме 7:**

##### **«Подготовительные стадии биотехнологического процесса.**

##### **Сырье и питательные среды»**

1. Лабораторные питательные среды, принципы их составления, основные и дополнительные компоненты синтетических сред.
2. Классификация питательных сред по составу. Примеры синтетических, полусинтетических и натуральных сред.
3. Методы стерилизации питательных сред: термические, физические и химические.
4. Питательные среды промышленного назначения. Требования к сырью для процессов ферментации: источники углерода, азота. Оптимизация состава среды по принципу «цена-качество».
5. Требования к воде и воздуху на биотехнологическом производстве.
6. Подготовка посевного материала и/или биокатализатора.

#### **Контрольные вопросы по теме 8:**

##### **«Параметры роста культур микроорганизмов и клеток»**

1. Определение параметров роста гомогенной периодической культуры. Фазы роста периодической культуры. Изменение физиологического состояния клеток.
2. Основные параметры роста клеточных культур: удельная скорость роста, метаболический и экономический коэффициенты.
3. Сравнение скорости роста культуры со скоростью ферментативной реакции. Уравнение Ж. Моно: биологический смысл константы насыщения по субстрату, максимальное значение биомассы.

4. Культура полного вытеснения: зависимость скорости роста от скорости протока, объема сосуда, скорости разбавления и времени замещения.
5. Хемостатная культура. Уравнения для стационарных значений концентрации субстрата и биомассы.
6. Главные параметры, влияющие на масштабирование ферментации.

#### **Контрольные вопросы по теме 9:**

##### **«Способы культивирования микроорганизмов и клеток, их аппаратурное обеспечение»**

1. Схема современного ферментера для выращивания суспензионных культур аэробных микроорганизмов в периодическом режиме.
2. Основные типы конструкций биореакторов для аэробных ферментаций. Функциональные возможности разных типов биореакторов.
3. Типы биореакторов для промышленного использования: без перемешивания, неаэрируемые сосуды; без перемешивания аэрируемые; с перемешиванием и аэрацией.
4. Биореакторы для аэробной ферментации с распределением газа путем смешения.
5. Биореакторы для аэробной ферментации с распределением газа с помощью насосов.
6. Биореакторы для аэробной ферментации с распределением газа за счет избыточного давления газа.
7. Биореакторы для аэробной ферментации с непрерывной газовой фазой.
8. Мембранные биореакторы: достоинства и недостатки.
9. Биореакторы с полами волокнами.
10. Биореакторы для получения очень вязких материалов (с двухфазной системой).
11. Твердофазные ферментации.
12. Условия работы биореакторов, способствующие увеличению продуктивности и снижению стоимости существующих процессов. Задачи усовершенствования биореакторов.

#### **Контрольные вопросы по теме 10:**

##### **«Зависимости роста биомассы от режима подачи субстрата. Управление биотехнологической стадией с помощью физико-химических параметров среды»**

1. Уравнения материального баланса для хемостата и его модификаций.
2. Классификация процессов ферментации по способу организации. Динамика изменения объема жидкости в биореакторе в динамике культивирования.
3. Выход биомассы микроорганизмов на органических субстратах разной химической природы. Материально-энергетический баланс роста.
4. Биоэнергетика клеточного роста. Доступные электроны, энергетический выход роста. Коэффициент использования энергии. Энерготраты на поддержание.
5. Основное уравнение микрокинетики микробного роста – уравнение Моно-Иерусалимского.

#### **Контрольные вопросы по теме 11:**

##### **«Биотехнологии, основанные на получении клеточной массы, первичных и вторичных метаболитов»**

1. Биотехнологии производства белка одноклеточных.
2. Получение вакцин, бактериофагов и препаратов, нормализующих микробиоту человека.
3. Производство азотфиксирующих бактериальных препаратов.
4. Разработка и получение биоинсектицидов.
5. Производство биотоплива, жидкого и газообразного.
6. Производства, основанные на получении первичных метаболитов.
7. Производства, основанные на получении вторичных метаболитов.

#### **Контрольные вопросы по теме 12:**

##### **«Биотехнологии повышения продуктивности растений»**

1. Современные биотехнологии – основа повышения продуктивности растений.

2. Приоритетные направления и мировой уровень фитобиотехнологий как науки и отрасли производства.
3. Факторы повышения посевных качеств семян, возможности и перспективы их использования.
4. Нетрадиционные формы земледелия, производства и переработки продукции растениеводства.
5. Технологии выращивания растений на искусственных субстратах. Беспочвенные культуры.
6. Использование синтетических регуляторов роста в целях повышения продуктивности растений.
7. Повышение продуктивности растений в агрофитоценозах.
8. Повышение продуктивности растений в культуре *in vitro*. Методы селекции *in vitro*.
9. Достижения клеточной и генетической инженерии в повышении продуктивности растений.
10. Техника работы с высокопродуктивными культурами *in vitro* (питательные среды, стерилизация и др.).
11. Результаты биотехнологических работ с клетками, тканями, изолированными протопластами, органеллами и зародышами.
12. Получение и культивирование каллусной ткани в целях повышения продуктивности. Растения-регенеранты.
13. Использование метода клонального микроразмножения растений.

#### **Контрольные вопросы по теме 13:**

##### **«Биотехнологии повышения биохимической ценности растений»**

1. Биохимическая ценность растений – технологии переработки и использования.
2. Использование растений для получения сырья в промышленности и фармакологии.
3. Растения как продукты полноценного питания.
4. Биотехнологические методы и подходы в повышении качества растительного сырья.
5. Достижения клеточной и генетической инженерии в повышении биохимической ценности растений.
6. Растения с повышенным содержанием ненасыщенных жирных кислот, витаминов, аминокислот и др. Съедобные вакцины.
7. Биохимические маркеры обычных и модифицированных растений – углеводы, белки, витамины и вещества вторичного метаболизма.

#### **Контрольные вопросы по теме 14:**

##### **«Биотехнологии повышения устойчивости растений»**

1. Биотехнологические методы и подходы в повышении устойчивости растений.
2. Применение фиторегуляторов в системе защиты растений.
3. Получение растений, устойчивых к гербицидам.
4. Достижения клеточной и генетической инженерии в повышении устойчивости растений.
5. Повышение устойчивости растений к вирусам, бактериям и грибным инфекциям, абиотическим стрессам.
6. Создание искусственных ассоциаций с микроорганизмами в целях модификации клеток и растений.
7. Результаты введения микроорганизмов в популяции культивируемых клеток.
8. Флуоресцентный метод в диагностике устойчивости растений.
9. Определение активности окислительно-восстановительных ферментов растений в условиях стресса.
10. Степень колонизации тканей как критерий устойчивости растений к патогенам.

## 1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

### Список вопросов к зачету

(зачет выставляется по результатам выполнения всех форм текущего контроля, промежуточной аттестации и краткого собеседования со студентом)

1. История развития биотехнологии и основные достижения на современном этапе.
2. Классификация и характеристика биообъектов. Требования к продуцентам.
3. Методы совершенствования биообъектов на основе селекции.
4. Совершенствование биообъектов методами генетической и клеточной инженерии.
5. Основные принципы технологии рекомбинантной ДНК.
6. Классификация векторов и ферментов, применяемых в генной инженерии.
7. Области применения рекомбинантных микроорганизмов.
8. Этические и правовые основы регулирования биобезопасности.
9. Базовые принципы и методология оценки риска генно-инженерной деятельности.
10. Биотехнологическое производство как цепь последовательных стадий, направленных на получение целевого продукта.
11. Общая характеристика биотехнологических стадий и условий ее успешной реализации.
12. Контроль биотехнологической стадии производства по физическим и химическим показателям.
13. Получение максимального количества биомассы – первостепенная задача любого биотехнологического производства. Контролируемые параметры роста культур.
14. Классификации биотехнологических процессов и их назначение.
15. Подготовительная стадия производства как залог успешности биотехнологического процесса.
16. Лабораторные и промышленные питательные среды, правила приготовления.
17. Обеспечение асептических условий при проведении биотехнологических процессов.
18. Основные типы биореакторов для аэробных и анаэробных ферментаций.
19. Основные направления современных биотехнологий. Примеры их реализации.
20. Современные биотехнологии – основа повышения продуктивности растений.
21. Приоритетные направления и мировой уровень фитобиотехнологий как науки и отрасли производства.
22. Повышение продуктивности растений в агрофитоценозах.
23. Повышение продуктивности растений в культуре *in vitro*.
24. Достижения клеточной и генетической инженерии в повышении биохимической ценности растений.
25. Биотехнологические методы и подходы в повышении устойчивости растений.
26. Повышение устойчивости растений к вирусам, бактериям и грибным инфекциям, абиотическим стрессам.

### Правила выставления оценки по результатам фронтального опроса и коллоквиума

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

- *Хорошо* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос в объеме лекции, 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 за контрольную работу**

- *Отлично* выставляется за полные ответы на все вопросы с включением в ответ содержания лекции, материала учебников и дополнительной литературы.

- *Хорошо* выставляется за полный ответ на вопросы в объеме лекции или ответ с включением в содержание материала учебника, дополнительной литературы, но с незначительными неточностями.

- *Удовлетворительно* выставляется за ответ, в котором освещены в полном объеме два из трех вопросов или освещены все вопросы более чем наполовину, включая главное в содержании.

- *Неудовлетворительно* выставляется за ответ, в котором освещен в полном объеме один из трех вопросов, или освещены менее половины требуемого материала или не описано главное в содержании вопросов, или нет ответов, или письменная работа не сдана.

### **Правила выставления оценки за решение ситуационной задачи**

- *Отлично* выставляется, если ответ на вопрос задачи дан правильный. Объяснение хода её решения подробное, последовательное, грамотное, с теоретическими обоснованиями (в т.ч. из лекционного курса), с необходимым схематическими изображениями и демонстрациями, ответы на дополнительные вопросы верные, чёткие.

- *Хорошо* выставляется, если ответ на вопрос задачи дан правильный. Объяснение хода её решения подробное, но недостаточно логичное, с единичными ошибками в деталях, некоторыми затруднениями в теоретическом обосновании (в т.ч. из лекционного материала), в схематических изображениях и демонстрациях, ответы на дополнительные вопросы верные, но недостаточно чёткие.

- *Удовлетворительно* выставляется, если ответ на вопрос задачи дан правильный. Объяснение хода её решения недостаточно полное, непоследовательное, с ошибками, слабым теоретическим обоснованием (в т.ч. лекционным материалом), со значительными затруднениями и ошибками в схематических изображениях, ответы на дополнительные вопросы недостаточно чёткие, с ошибками в деталях.

- *Неудовлетворительно* выставляется, если ответ на вопрос задачи дан неправильный. Объяснение хода её решения дано неполное, непоследовательное, с грубыми ошибками, без теоретического обоснования (в т.ч. лекционным материалом); ответы на дополнительные вопросы неправильные (отсутствуют).

### **Правила выставления оценки за реферат**

- *Отлично* выставляется, если выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована 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 вовсе.

### **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 «Современные биотехнологии»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Изучение курса «Современные биотехнологии» направлено на расширение и углубление знаний в области многообразия и общности современных биотехнологий, получение практических навыков, необходимых для дальнейшей профессиональной научно-исследовательской и научно-производственной деятельности.

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Современные биотехнологии» являются лекции. Предусмотрены также лабораторные занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала и освоение биотехнологических методов.

Для успешного освоения дисциплины очень важно самостоятельное изучение большого количества теоретического материала. Законспектированный на лекциях материал необходимо прорабатывать дома и при необходимости дополнять информацией, полученной из учебной литературы, на лабораторных занятиях и консультациях.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагается решение задач по молекулярной биологии и др.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде фронтального опроса, контрольных работ, тестирования. Также проводятся консультации по разбору наиболее трудных вопросов рассматриваемых разделов.

Освоить теоретическую часть дисциплины самостоятельно студенту сложно в силу большого объема материала. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является необходимым.

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу. К таким можно отнести следующие издания:

1. Общая и молекулярная генетика : учеб. пособие для вузов / Жимулев И.Ф. Новосибирск, Сиб. унив. изд-во, 2003, 479 с.
2. Гены / Б. Льюин; под ред. Д. В. Ребрикова. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2012. 896 с.
3. Обзорные и экспериментальные статьи в журналах «Основы биоинженерии и биотехнологии», «Биохимия», «Генетика» и др.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

**1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»** (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (ИС «Единое окно») является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Головной разработчик проекта – Федеральное государственное автономное учреждение

Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика») [www.informika.ru](http://www.informika.ru).

ИС «Единое окно» объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России. Разделы этой системы:

- **Электронная библиотека** – является крупнейшим в российском сегменте Интернета хранилищем полнотекстовых версий учебных, учебно-методических и научных материалов с открытым доступом. Библиотека содержит более 30 000 материалов, источниками которых являются более трехсот российских вузов и других образовательных и научных учреждений. Основу наполнения библиотеки составляют электронные версии учебно-методических материалов, подготовленные в вузах, прошедшие рецензирование и рекомендованные к использованию советами факультетов, учебно-методическими комиссиями и другими вузовскими структурами, осуществляющими контроль учебно-методической деятельности.

- **Интегральный каталог образовательных интернет-ресурсов** содержит представленные в стандартизированной форме метаданные внешних ресурсов, а также содержит описания полнотекстовых публикаций электронной библиотеки. Общий объем каталога превышает 56 000 метаописаний (из них около 25 000 - внешние ресурсы). Расширенный поиск в "Каталоге" осуществляется по названию, автору, аннотации, ключевым словам с возможной фильтрацией по тематике, предмету, типу материала, уровню образования и аудитории.

- **Избранное.** В разделе представлены подборки наиболее содержательных и полезных, по мнению редакции, интернет-ресурсов для общего и профессионального образования.

- **Библиотеки вузов.** Раздел содержит подборки сайтов вузовских библиотек, электронных каталогов библиотек вузов и полнотекстовых электронных библиотек вузов.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

**2. Личный кабинет** ([http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_login.php](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.

**3. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ** ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](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.

**4. Электронная картотека «Книгообеспеченность»** ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php)) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.