



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА — Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор

_____ Н.И. Прокопов
« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.6 «Биотехнология»

Научная специальность

1.5.6. «Биотехнология»

Форма обучения

Очная

Москва 2025

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Биотехнология» являются:

1. Формирование систематических знаний в области теоретических основ биотехнологии.
2. Формирование знаний, умений, навыков, необходимых для исследования биопрепаратов и разработки методов их получения на базе молекулярных основ биотехнологии и физико-химических методов изучения биотехнологических продуктов.
3. Изучение современных тенденций в исследованиях в пограничных с биотехнологией областях науки: молекулярной биологии, медицинской химии, биофармацевтической химии, биоорганической химией и бионанотехнологии.
4. Формирование у аспирантов способности ориентироваться в многообразии физико-химических методов анализа для принятия обоснованного решения о выборе метода контроля качества биопрепаратов и биосистем, изучение современных методов исследования биологически активных природных соединений.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Биотехнология» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 1.5.6. «Биотехнология».

3. Требования к результатам освоения дисциплины «Биотехнология»

В ходе освоения дисциплины «Биотехнология» идет дальнейшее формирование элементов (знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности) аспиранта:

способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность к пониманию основных проблем в своей предметной области, выбору методов и средств их решения;

способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой своих исследований;

способность анализировать состояние научно-технической проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

современные методы исследования в биотехнологии и бионанотехнологии: физико-химические методы исследований, их назначение, чувствительность,

погрешность измерений;

методологию использования комплекса инструментальных методов исследования в бионанотехнологии для оценки структуры, размеров и функциональных характеристик бионаносистем и биоматериалов;

область применения и особенности различных физико-химических методов при изучении свойств различных классов биологически активных веществ;

современные методологические подходы, используемые в бионанотехнологии для создания дискретных бионаноструктур и биоматериалов;

основные типы наноплатформ (полимерные наночастицы, наночастицы на основе липидов, дендримеры и т.д.), используемых в медицинских целях, их свойства, методы получения, области применения.

современные биотехнологические методы получения лекарственных средств: генетическая инженерия, белковая инженерия, инженерная энзимология.

современные подходы биотехнологии и бионанотехнологии к конструированию средств доставки активных фармацевтических субстанций.

Уметь:

провести интерпретацию полученных данных при использовании конкретного инструментального физико-химического метода исследования для изучения свойств и контроля качества биообъекта или бионаноматериала;

разработать и научно обосновать стратегию исследования с помощью комплекса инструментальных методов определенной биосистемы для изучения свойств, контроля качества и оценки биобезопасности (например, при разработке нового биоматериала);

обосновать выбор способа и проводить выделение биофармацевтического продукта из культуральной жидкости и из биомассы;

выбрать и использовать конкретный метод генной инженерии при получении заданного рекомбинантного продукта;

осуществлять постадийный контроль и стандартизацию получаемых препаратов (например, определение активности антибиотиков, ферментативной активности, жизнеспособности клеток).

разрабатывать готовые формы лекарственных препаратов.

Владеть:

навыками работы с приборной и аналитической базой физико-химических методов анализа для создания биофармацевтической продукции;

экспериментальными навыками использования доступных инструментальных методов исследований биосистем для решения конкретной задачи (например, оценки размера наночастиц);

методами поиска, анализа и систематизации научно-технической информации в области бионанотехнологии;

методами планирования эксперимента при получении заданного рекомбинантного продукта.

современными приемами проведения эксперимента по биосинтезу, очистке и изучению биохимических и биологических свойств изучаемых объектов исследования.

4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Биотехнология» составляет 3 зачетных единицы (108 акад. часов).

4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля.

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль		
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.				
1	4	1	4	2	2			2		Устное собеседование	
1	4	2	4	2	2			2		Устное собеседование	
1	4	3	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
1	4	4	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
1	4	5	4	2	2			2		Устное собеседование	
1	4	6	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
2	4	7	4	2	2			2		Устное собеседование	
2	4	8	4	2	2			2		Устное собеседование	
2	4	9	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
2	4	10	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
3	4	11	4	2	2			2		Устное собеседование	
3	4	12	4	2	2			2		Устное собеседование	
3	4	13	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
3	4	14	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
3	4	15	4	2	2			2		Устное собеседование	
3	4	16	4	2	2			2		Устное собеседование	
3	4	17	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
3	4	18	8	2		2		2	4	Выполнение практических заданий	
По материалам курса			16						16	Экзамен	
Всего в 4 семестре:			108	36	18	18	0	36	36		

Всего:	108	36			0	36	36	
---------------	------------	-----------	--	--	----------	-----------	-----------	--

4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1	Физико-химические методы исследования в биотехнологии.	Спектроскопия в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра. Флуоресценция и ее применение для исследования биологически активных соединений. Хроматографические методы анализа. Методы определения химического состава наноструктурированных материалов. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Масс-спектрометрия. Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС) и Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС). Микроскопия наноструктурированных препаратов.
2	Теоретические основы биотехнологии.	Процессы с участием нуклеиновых кислот, репликация, транскрипция, трансляция. Химико-ферментативный синтез нуклеиновых кислот. Синтез и применение модифицированных олигонуклеотидов. Метод получения генов на основе м-РНК. Этапы клонирования ДНК. Библиотеки и клонотеки кДНК, генов и нуклеотидных последовательностей. Методы исследования экспрессии генов. Подходы к анализу больших геномов. Стратегии получения новых белков.
3	Современные направления медицинской биотехнологии.	Медицинская химия: определения и цели, основные понятия и термины. Основные фазы конструирования лекарственных препаратов. Количественная характеристика биологической активности. Биологические мишени действия ФАВ (липиды, белки, нуклеиновые кислоты) и принципы создания структур их лигандов. Особенности химической структуры и механизм действия ионофоров и каналобразующих соединений. Синтетические аналоги природных ионофоров. Понятие фармакофора. Комбинаторная химия и выбор лидерного соединения для биологических испытаний. Примеры конструирования структур: рациональные подходы к созданию структур, взаимодействующих с ДНК. Соединения, действующие на РНК: принцип их действия, примеры подходов к созданию лигандов РНК. Канцерогенез и создание противоопухолевых препаратов. Доклинические испытания лекарственных средств. Основные понятия и принципы современной фармацевтики (законодательство в сфере обращения лекарственных средств). Жизненный цикл лекарственного препарата. Современное биофармацевтическое производство. Бионанотехнологии. Системы доставки лекарственных препаратов.

4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Практические занятия (ПР)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. часах)
1	1	Масс-спектрометрия. Лазерный микрозондовый анализ. Метод ионизации. Масс-спектрометрия вторичных ионов. Физические основы метода. Чувствительность и разрешающая способность. Микроскопия как метод исследования морфологии и молекулярно-биологических свойств наноструктур. Методы определения размера и заряда наночастиц на основе переноса их в жидкой фазе. Препаративные методы исследования: гель-хроматография, ультрацентрифугирование, электрофорез (капиллярный электрофорез), ультрафильтрация. Достижения в области разработки и исследования наноструктурированных лекарственных препаратов. Особенности выбора методов анализа в зависимости от типа наноструктур	6
2	2	Химико-ферментативный синтез нуклеиновых кислот. Особенности строения плазмидных векторов на примере полифункционального вектора Bluescript. Анализ регуляторных последовательностей ДНК. Микрочипы и микроматрицы ДНК. ДНК-вакцины. Способы доставки ДНК-вакцин в клетку.	4
3	3	Направленный синтез фармакологически активных соединений и изучение зависимости структура-активность в медицинской химии. Создание противоопухолевых препаратов: фотодинамическая терапия и флуоресцентная диагностика в онкологии. Создание лекарственных средств методами биоорганической химии и биотехнологии. Бионанотехнологии. Системы доставки лекарственных препаратов.	8
Всего:			18

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием

конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п 8.1 и 8.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);

оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий).

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации — в соответствии с тематикой дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Описание показателей и критериев оценивания знаний, умений и владений на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая

6.1.1. Показатели и критерии оценивания, используемые шкалы оценивания

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Умение	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Знание	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Владение	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	<i>Текущий контроль:</i> выполнение практического задания, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2

6.1.2. Описание шкал оценивания степени сформированности знаний, умений и владений

Шкала 1. Оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно <i>(по усмотрению преподавателя)</i>	Знать на уровне ориентирования , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим

		элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины
--	--	--

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования знаний, умений и владений в процессе освоения образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

Примеры вопросов по теме 1:

Тестовые задания для промежуточного контроля:

Какой из приборов НЕ применяется для изучения молекулярных наночастиц?

- Газовый хроматограф
- ЯМР спектрометр
- Атомно-силовой микроскоп
- Ванна Лэнгмюра

Какие из этих явлений свойственны для атомно-силовой микроскопии?

- НЕвозможность обрабатывать образцы в атмосфере
- возможность проводить in-situ измерения
- получение одновременной информации о всей поверхности образца
- возможность измерения поверхностного заряда
- возможность измерения поверхностной проводимости

Какие из перечисленных методов определения размера наночастиц основаны на светорассеянии?

- Лазерная корреляционная спектроскопия
- турбидиметрия
- конфокальная микроскопия
- Оже-спектроскопия

Государственная регламентация производства лекарственных препаратов и контроля их качества проводится по направлениям

- Установления права на фармацевтическую деятельность
- Производство только лекарственных препаратов, включенных в регистр лекарственных средств
- Установления норм качества лекарственных и вспомогательных веществ и состава ЛС

- Нормирования условий изготовления и технологического процесса
- Всем перечисленным

Сборником обязательных общегосударственных стандартов и положений, нормирующих качество лекарственных средств, является

- Справочник фармацевта

- Приказ МЗ по контролю качества лекарственных средств
- ГОСТ
- ГФ
- GMP

Какой из перечисленных разделов является обязательным только при изложении стандарта качества на лекарственные препараты суппозитории?

- Название препарата на русском языке
- МНН на русском языке
- Состав
- Средняя масса и однородность по массе
- Температура плавления или время полной деформации или время

растворения

- Количественное определение

Качество фармацевтических продуктов — это соответствие:

- Фармакопейным статьям
- Параметрам технологического процесса, включенным в

регистрационные материалы

- Требованиям по организации производства и контроля качества

Вопросы для промежуточного контроля:

1. Дайте общую характеристику спектроскопических методов
2. Перечислите основы метода ИК-спектроскопии
3. Что такое коэффициент экстинкции?
4. Как рассчитать концентрацию вещества по электронному спектру

поглощения?

5. Закон Бугера-Ламберта-Бера и отклонения от него.
6. Охарактеризуйте методы флуоресцентной спектроскопии.
7. Что такое флуоресцентные зонды и как их вводят в состав образца?
8. Перечислите факторы, влияющие на квантовый выход

флуоресценции

9. Когда происходит гашение флуоресценции?
10. Для каких целей используют этот метод?
11. Какие флуоресцентные зонды используются в биоорганической

химии?

12. Опишите устройство спектрофлуориметра
13. Особенности метода масс-спектрометрии
14. Какие методы ионизации применимы к различным классам соединений?

15. Какие существуют методы ионизации в масс-спектрометрии?

16. Для каких методов ионизации наиболее характерна фрагментация молекулярного иона?

17. Какова последовательность установления структуры соединения по масс-спектру?

18. Основные принципы спектроскопии ядерного магнитного резонанса.
19. Какие области применения метода ЯМР вы знаете?
20. Каковы физические основы метода ЯМР?
21. Какова последовательность установления структуры соединения по ЯМР спектру?
22. Что такое константы спин-спинового взаимодействия, что они характеризуют?
23. Опишите назначение двумерной ЯМР спектроскопии
24. Какие физико-химические методы используют для изучения гибридных систем?
25. Какие характеристики позволяет оценить метод атомно-силовой микроскопии?
26. Какие методы микроскопии используются для изучения БАС и их конъюгатов?
27. Какими методами можно установить размеры наночастиц в растворах и на поверхности?
28. Какие вы знаете методы исследования наносистем?

Практические задания по теме 1

1. Проанализируйте предложенные ИК-спектры органических соединений. Наблюдается ли на данном ИК-спектре сигналы карбоксильной группы? Какому из предложенных соединений соответствует ИК-спектр? (спектр и формулы соединений прилагаются)
2. Предложите и обоснуйте выбор ряда физико-химических методов для установления строения и активности фермента пептидной природы.
3. Установите строение предложенного биологически активного соединения по спектральным данным
4. Качественный и количественный флуоресцентный анализ в применении к органическим соединениям
5. Проанализируйте предложенный масс-спектр
6. Выполните отнесение сигналов в протонном спектре ЯМР 3-гидрокси-4-нитробензальдегида (спектр прилагается)
7. Проанализируйте предложенные ЯМР-спектры органических соединений.
8. Проанализируйте применение основных спектральных методов в области биоорганической химии.

Примеры вопросов по теме 3:

1. Охарактеризуйте понятие фармакофора. Какие структурные требования предъявляются к этим группам?
2. Что такое комбинаторные библиотеки, принципы их формирования. Разнообразие и подобие структур.
3. Опишите алгоритм конструирования липофильного противоопухолевого антибиотика в липосомальной форме для доставки в клетки (например, печени, яичников, мозга).

4. Предложите систему доставки контрастного агента неорганической природы в солидную опухоль.
5. Дайте сравнительную характеристику липоплексов и виросом для доставки терапевтических генов в клетки печени
6. Дайте определение таргетного лекарственного препарата
7. Проведите классификацию противоопухолевых лекарственных препаратов
8. Выберите наиболее оптимальную наноструктурированную форму доставки противоопухолевого антибиотика доксорубина.
9. Сравните эффективность средств наносомальной и липосомальной доставки для гидрофобных лекарств.
10. Предложите метод увеличения времени циркуляции в кровяном русле для высокогидрофильного лекарственного вещества пептидной природы.
11. Поясните влияние размера и формы наночастиц на эффективность воздействия на организм.
12. Предложите методы лечения и основные мишени, типы и группы препаратов. (Примеры основных АФС — строение, механизмы биологического действия, источники и/или методы получения и технологии производства)
13. Как осуществляется организация доклинических исследований лекарственных препаратов?
14. Какие документы входят в регистрационное досье?
15. Какие типы лекарственных препаратов можно создать с использованием:
 - магнитоуправляемых наночастиц
 - наночастиц металлов
 - квантовых точек
16. Разработка наноструктур для вакцинопрофилактики и терапии
17. Какие лекарственные препараты получают биотехнологическими методами?
18. Основные этапы создания биофармацевтических препаратов
19. Какие системы нанодоставки на основе органических наночастиц вам известны? Назовите их преимущества и недостатки.
20. Какие требования предъявляются к системам нанодоставки лекарств?
21. Предложите лекарственную форму пролонгированного действия для известного противовоспалительного препарата с использованием наноструктур.
22. Объясните принципы нацеливания лекарств в наноструктурированной форме.
23. Приведите примеры или предложите свои собственные модели лекарств-тераностиков противоопухолевого действия.
24. Перечислите способы достижения контролируемого высвобождения лекарственного вещества с помощью липосом.
25. Предложите способы достижения контролируемого высвобождения лекарственного вещества с помощью наносом (виросом и др.).

Практические задания по теме 3:

1. Спланируйте проведение доклинического исследования лекарственного препарата на основе принципов надлежащей лабораторной практики.
2. Выберите методические подходы для создания противоопухолевого таргетного препарата
3. Продемонстрируйте на конкретных примерах принципы конструирования противоопухолевых препаратов направленного действия
4. Предложите способы повышения эффективности лекарственного препарата с выраженными гидрофобными свойствами
5. Приведите примеры систем нанодоставки лекарств и оцените их с точки зрения биобезопасности и повышения эффективности действия лекарственного препарата.
6. Объясните принципы нацеливания лекарств в наноструктурированной форме.
7. Приведите примеры или предложите свои собственные модели лекарств-тераностиков противоопухолевого действия.
8. Перечислите способы достижения контролируемого высвобождения лекарственного вещества с помощью липосом.

Примеры вопросов по теме 2:

Тестовое задание по теме 2:

Фермент, необходимый для соединения цепей ДНК при репликации, репарации и рекомбинации — это:

- А) ДНК-полимераза;
- Б) рестриктаза;
- В) нуклеаза;
- Г) ДНК-лигаза.

Рестриктаза — фермент, для которого субстратом служит:

- А) РНК;
- Б) одноцепочечная ДНК;
- В) двухцепочечная ДНК;
- Г) РНК и ДНК.

Рестриктазы не расщепляют собственную ДНК, так как:

- А) собственная ДНК содержит специальные шпильки;
- Б) собственная ДНК содержит метилированный гуанин;
- В) собственная ДНК содержит метионин;
- Г) собственная ДНК содержит специальные повторяющиеся

последовательности.

Субстратом для ДНК-полимеразы Pol I из *E.coli* служит:

- А) РНК;
- Б) одноцепочечная ДНК;
- В) двухцепочечная ДНК;
- Г) РНК и ДНК.

ДНК-полимераза Pol I из E.coli обладает следующими активностями:

- А) 5'-3'- полимеразной активностью и 3'-5'- экзонуклеазной активностью;
- Б) 5'-3'- полимеразной активностью и 5'-3'- экзонуклеазной активностью;
- В) 5'-3'- полимеразной активностью, 3'-5'- экзонуклеазной активностью и 5'-3'- эндонуклеазной активностью;
- Г) 5'-3'- полимеразной активностью, 3'-5'- экзонуклеазной активностью и 5'-3'- экзонуклеазной активностью.

В процессе репликации контроль за присоединением нуклеотида и удаление ошибочных нуклеотидов с растущего конца цепи ДНК обеспечивается за счет:

- А) 5'-3'- полимеразной активности ДНК-полимеразы;
 - Б) 3'-5'- эндонуклеазной активности ДНК-полимеразы;
 - В) 3'-5'- экзонуклеазной активности ДНК-полимеразы;
 - Г) 5'-3'- экзонуклеазной активности ДНК-полимеразы.
- Фрагмент Кленова обладает следующими активностями:

- А) 5'-3'- полимеразной активностью и 3'-5'- экзонуклеазной активностью;
- Б) 5'-3'- полимеразной активностью и 5'-3'- экзонуклеазной активностью;
- В) 5'-3'- полимеразной активностью, 3'-5'- экзонуклеазной активностью и 5'-3'- эндонуклеазной активностью;
- Г) 5'-3'- полимеразной активностью, 3'-5'- экзонуклеазной активностью и 5'-3'- экзонуклеазной активностью.

Обратная транскриптаза обладает следующими активностями:

- А) ДНК-полимеразной, ДНК-эндонуклеазной, активностью РНКазы-Н;
- Б) ДНК-полимеразной, ДНК-эндонуклеазной;
- В) ДНК-полимеразной, ДНК-экзонуклеазной, активностью РНКазы-Н;
- Г) ДНК-эндонуклеазной, активностью РНКазы-Н.

Концевая дезоксинуклеотидилтрансфераза — это:

- А) нуклеаза S₁;
- Б) обратная транскриптаза;
- В) нуклеаза Bal31;
- Г) poly-A полимераз.

Геном бактериофага λ представлен в виде:

- А) линейной одноцепочечной ДНК;
- Б) линейной двухцепочечной ДНК;
- В) кольцевой одноцепочечной ДНК;
- Г) кольцевой двухцепочечной ДНК.

Какую форму принимает геном бактериофага λ после попадания фага в клетку E.coli:

- А) линейную;
- Б) кольцевую;
- В) интегрированную;

Г) конкатемерную.

Геном бактериофага М13 представлен в виде:

- А) линейной одноцепочечной ДНК;
- Б) линейной двухцепочечной ДНК;
- В) кольцевой одноцепочечной ДНК;
- Г) кольцевой двухцепочечной ДНК.

Ретровирус представляет собой:

- А) одноцепочечную ДНК;
- Б) одноцепочечную РНК;
- В) двухцепочечную ДНК;
- Г) одноцепочечную ДНК и РНК.

Фазмида после попадания в клетку хозяина реплицируется по типу:

- А) плазмиды;
- Б) вируса;
- В) плазмиды при пониженной температуре и вируса при повышенной температуре;
- Г) плазмиды при повышенной температуре и вируса при пониженной температуре.

Космида после попадания в клетку хозяина реплицируется по типу:

- А) плазмиды;
- Б) вируса;
- В) плазмиды при пониженной температуре и вируса при повышенной температуре;
- Г) плазмиды при повышенной температуре и вируса при пониженной температуре.

Транспозиция — это:

- А) обмен участками между хромосомами;
- Б) изменения порядка расположения генов на хромосоме;
- В) выпадение участков хромосомы;
- Г) вставка участков хромосомы в новые места.

Транслокация — это:

- А) обмен участками между хромосомами;
- Б) изменения порядка расположения генов на хромосоме;
- В) выпадение участков хромосомы;
- Г) вставка участков хромосомы в новые места.

Контрольные вопросы по теме 2:

1. Что такое эндонуклеазы рестрикции типа II и почему они так важны для технологии рекомбинантных ДНК?
2. Опишите применение плазмиды pBR322 в качестве вектора. Какими особенностями она обладает?
3. Зачем рестрицированную плазмидную ДНК перед лигированием часто обрабатывают щелочной фосфатазой?
4. Что такое линкер и адаптер? Где их используют?

5. Что такое дидезоксинуклеотиды? Как с их помощью определяют нуклеотидную последовательность ДНК?
6. Какая реакция катализируется ферментом обратной транскриптазой? Как этот фермент используется в рекомбинантных ДНК-технологиях?
7. Что такое ДНК-микрочипы, и как они используются в функциональной геномике?
8. Почему плазмидный вектор с максимально сильным промотором не всегда является наилучшим экспрессирующим вектором?
9. Иногда стратегия синтеза белка-мишени включает получение этого белка в составе гибридного продукта. В чем преимущество такого подхода? Как создают гибридный белок?
10. ГМО-технологии. Генетическая инженерия. Молекулярное клонирование.
 11. Источники рисков при создании и использовании ГМО.
 12. Клонирование генов.
 13. Получение рекомбинантных ДНК.
 14. Что такое тельца включения и как избежать их образования?
 15. В чем преимущество локализации чужеродных белков на поверхности клеток? Какие стратегии используются для того, чтобы сделать белки секретруемыми?
 16. Предложите несколько способов снижения метаболической перегрузки *E. coli*, синтезирующих в большом количестве рекомбинантный белок.
 17. Почему для получения белков, используемых в медицине, лучше применять эукариотические, а не прокариотические системы?
 18. Что такое аффинная метка? Для чего ее используют?
 19. Какие функции важны для бактериального вектора клонирования? Зачем вектор имеет более одного сайта клонирования?
 20. Опишите двухгибридную систему, которая использует дрожжевой GAL4 белок, и объясните, как двухгибридная система обнаруживает взаимодействие между белками.
 21. Идентификация и отбор ГМ-клеток и организмов.
 22. Генная инженерия и молекулярная диагностика
 23. Бактериальная трансформация.
 24. Ферменты синтеза рекомбинантных ДНК.
 25. Полимеразная цепная реакция.
 26. Вирусная трансдукция.
 27. Белковая инженерия (Библиотеки пептидов и эпитопов, белки-репортеры в гибридных белках, бесклеточные белоксинтезирующие системы, прокариотические, эукариотические, проточные системы синтеза белка, создание новых ферментов).
 28. Что такое самосборка и самоорганизация молекул? Каковы их биофизические основы?

29. Как вы понимаете принципы молекулярной самоорганизации в клетке
30. Какие внутриклеточные самоорганизующиеся наноструктуры вам известны?
31. Особенности самоорганизации рибосом
32. Принципы самоорганизации биологических мембран в клетке.
33. Принципы молекулярной саморганизации вирусных наночастиц.
34. Что такое нанобионика?
35. Какие классы биомолекул возможно использовать для создания наноструктур?
36. Особенности белковых молекул с точки зрения структура-свойство.
37. Что такое протеомика?
38. Масштабы распространения ГМО в мире. Перспективы ГМО технологий.
39. Трансгенная, ксеногенная, цисгенная и интрагенная трансформации.
40. Векторы для переноса генов. Характеристика основных групп.
41. Структура агробактериальных Ti и Ri-плазмид. Нопалиновая и октопиновая Ti-плазмиды.
42. Селективные/репортерные гены первого, второго и третьего поколений.
43. Физические методы введения рекомбинантных ДНК в клетку.
44. Транспластомная и митохондриальная трансформация.
45. Агробактериальная трансформация растений.
46. Биобезопасность. Контроль за использованием и распространением ГМО.
47. Способы клонирования трансформированных клеток бактерий, грибов, растений, животных.
48. Генная инженерия и селекция. Цели создания ГМ-сортов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов.
49. Трансгенные продукты, лекарства, вакцины. Достоинства и недостатки.
50. В чем состоит экономическое преимущество использования генномодифицированных растений и животных в качестве «биореакторов»?
51. Способы получения трансгенных растений.
52. Способы получения трансгенных животных.
53. Что такое трансгенные организмы? Каково практическое применение трансгенных организмов?
54. Объясните роль рекомбинации в нацеливании гена в эмбриональных стволовых клеток. Как нацеливание гена может быть использовано для создания «нокаутных» мутаций?
55. Источники рисков от производства и использования ГМО (факторы риска, пищевые и медицинские риски, экологические и аграрные риски, экономические риски, биотерроризм и биобезопасность, контроль за

использованием и распространением ГМО).

56. Законодательство в сфере ГМО (российское и зарубежное), патентование (правовое регулирование создания и использования ГМО, идентификация ГМИ в пищевых продуктах, стандарты, методы. Маркировка продуктов, содержащих ГМИ). Перспективы ГМО технологий.

Практические задания по теме 2:

1. Эксперимент по функциональной геномике проводится с использованием ДНК-микрочипов для анализа уровня экспрессии генов в бактерии. Какие гены вы ожидаете обнаружить избыточно экспрессируемыми в клетках, выращенных на минимальной среде по сравнению с клетками, выращенными на полной среде?

2. Вы хотите ввести человеческий ген инсулина в бактериальную клетку-хозяина в надежде на производство большого количества человеческого инсулина. Что вы используете — геномную ДНК или к ДНК? Объясните ваши рассуждения.

3. Предложите и обоснуйте выбор ряда физико-химических методов для установления строения и активности фермента пептидной природы.

4. Обоснуйте использование основных классов биополимеров в нанотехнологиях.

5. Какая реакция катализируется ферментом обратной транскриптазой? Как этот фермент используется в рекомбинантных ДНК-технологиях?

6. Приведите примеры биобезопасных наносистем доставки в терапии.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

1. Использование электронной микроскопии для изучения наночастиц.
2. Атомно-силовая микроскопия. Визуализация нанокластеров в липидных бислоях.

3. Сравнительная оценка методов нейтронного и рентгеновского рассеяния при исследовании наночастиц.

4. Использование дейтериевых меток в методе нейтронного рассеяния.

5. Использование метода многоуглового светорассеяния для изучения олигомеризации мембранных белков.

6. Сравнительная характеристика коммерчески доступных сорбентов для гель-проникающей хроматографии.

7. Хромогенные субстраты для определения активности ферментов.

8. Гетероядерная корреляционная спектроскопия ЯМР.

9. Определение пространственного расположения атомов в молекуле методом ЯМР.

10. Изучение вторичной структуры белков и пептидов методом КД.

11. Конфокальная флуоресцентная микроскопия. Использование в нанобиотехнологии.

12. Флуоресцентные зонды.
13. Определение структуры пептидов методами ЯМР.
14. Тандемная масс-спектрометрия.
15. Метод ЯМР твердого тела с вращением под магическим углом.
16. Масс-спектрометрия и протеомика.
17. Определение аминокислотной последовательности методами масс-спектрометрии.
18. Использование поверхностного плазмонного резонанса для изучения взаимодействия рецепторов с лигандами.
19. Коммерчески доступные биочипы для исследований методом поверхностного плазмонного резонанса. Сравнительная характеристика.
20. Методы модификации твердых подложек, используемые для создания биосенсоров.
21. Оптические методы исследования нанопрепаратов
22. Препаративные методы исследования нанопрепаратов
23. Методы анализа липосомальных наносистем
24. Методы анализа полимерных наносистем
25. Методы анализа неорганических наночастиц
26. Методы анализа наноносителей на основе пористого кремния
27. Общая характеристика спектральных методов анализа. Общая теория электронных переходов в молекулах. Поглощение в ультрафиолетовой и видимой областях спектра.
28. Электронная спектроскопия. Поглощение света молекулами. Закон Бугера-Ламберта-Бера и отклонения от него.
29. Метод ИК-спектроскопии. Поглощение ИК-излучения молекулами. Валентные и деформационные колебания.
30. Влияние массы атомов и электронных эффектов в молекуле на положение полосы поглощения. Техника измерения ИК-спектров. ИК-спектрофотометр.
31. Коэффициент молекулярной экстинкции. Расчет концентрации хромофора в растворе. Пределы применимости закона Бугера-Ламберта-Бера.
32. Устройство двухлучевого и однолучевого спектрофотометра.
33. Общая теория флуоресценции. Флуоресценция и электронные переходы. Устройство спектрофлуориметра
34. Квантовый выход флуоресценции. Факторы, влияющие на квантовый выход. Гашение флуоресценции.
35. Общая теория дисперсии оптического вращения и кругового дихроизма. Плоскополяризованный свет и свет, поляризованный по кругу, их взаимодействие с оптически активными средами.
36. Основные принципы метода кругового дихроизма и область его применения. Техника измерения ДОВ и КД. Требования к образцам.
37. Физические основы масс-спектрометрии, применимость метода.
38. Методы ионизации: электронный удар, химическая ионизации,

десорбция электрическим полем, MALDI и ESI ионизации. Сравнительная оценка методов ионизации.

39. Фрагментация молекулярных ионов. Подходы к установлению структуры веществ по масс-спектрам. Устройство масс-спектрометра.

40. Физические основы метода ЯМР. Применимость метода.

41. Спин-спиновое взаимодействие ядер, сигналы на спектрах ЯМР, константы спин-спинового взаимодействия.

42. Импульсная спектроскопия ЯМР.

43. Различные эксперименты ЯМР, их назначение. Требования к образцам.

44. Практическая реализация ЯМР: устройство ЯМР установок, пробоподготовка.

45. Физико-химические методы для исследования наносистем: общая характеристика методов.

46. Комплексный подход к определению структуры и индивидуальности, биологической активности соединений.

47. Организация бактериального генома. Нуклеоид. Роль белков HU и H в компактизации ДНК *E. coli* и их краткая характеристика.

48. Характеристика волокон хроматина диаметром 10 нм и 30 нм. Мономерная нуклеосома. Структурирующая роль гистонов в организации генома эукариот.

49. Классификация гистонов. Эволюционная стабильность гистонов H3 и H4. Роль основных N-концевых «хвостов» гистонов в конденсации ДНК.

50. Первый уровень упаковки ДНК в хромосоме. Минимальная нуклеосома (нуклеосомный кор). Нуклеосома. Гистон-ацетилтрансфераза НАТ.

51. Значение ацетилирования в регуляции процессов сборки нуклеосом *de novo*. Сайты модификации N-концевых последовательностей гистонов H3 и H4 с участием цитоплазматической гистон-ацетилтрансферазы НАТ1.

52. Доказательство полуконсервативного способа репликации ДНК. Эксперимент Месельсона и Сталя. Репликативная вилка. Одно- и двунаправленная репликация.

53. Типы репликации. Репликация кольцевых ДНК с образованием «глазка». θ -структура. Репликация по типу катящегося кольца (репликация ДНК фагов M13, ϕ X174, λ). Репликация с образованием D-петель.

54. ДНК-полимеразы *E. coli* (ДНК-полимеразы I, II, III, IV и V). Сравнительная характеристика ДНК-полимераз *E. coli*. ДНК-полимераза III — основной фермент репликации. Понятие процессивности.

55. Лocus *oriC* — точка начала репликации. Структура локуса *oriC*. Предзатравочный комплекс. Роль белков *dnaA*, HU, *dnaC* и *dnaB* в формировании предзатравочного комплекса.

56. Регуляция инициации репликации ДНК *E. coli*. Dam-метилаза. Последовательности GATC. Терминация репликации.

57. Множественность точек начала репликации у эукариот. «Лицензирование» как механизм контроля согласованной активация точек начала репликации.

58. Точки начала репликации *Saccharomyces cerevisiae*. ARS-элементы. Консервативные последовательности в составе ARS-элементов.

59. ARS-кор, как основная (базовая) последовательность ARS-элементов. Белки ORC — основа формирования предрепликационных комплексов.

60. Сборка предрепликационного комплекса. Комплекс ДНК-полимеразы α /праймаза. Инициаторная ДНК. Процессивный синтез ДНК с участием ДНК-полимеразы δ .

61. Системы рестрикции и модификации. Уникальный тип метилирования ДНК прокариот. Представление о метилированных, полуметилированных и неметилированных сайтах. Явление рестрикции ДНК.

62. Рестриктазы типа II (класса I). Характеристика рестриктазы Eco RI. Природа сайтов узнавания и рестрикции. «Липкие» и «тупые» концы.

63. Молекулярная основа мутаций. Точечные мутации. Транзиции и трансверсии. Горячие точки. Молчащие мутации. Нейтральные мутации.

64. Причины мутаций. Таутомерные формы оснований. Дезаминирование оснований. Апуринизация ДНК. Алкилирующие агенты.

65. Действие физических факторов (влияние на равновесие амина — имино-форм). Ошибки ДНК-полимеразы, связанные с включением аналогов природных нуклеотидов.

66. Строение информационных РНК. Строение информационных РНК прокариот. Лидерные, трейлерные и кодирующие участки. Полицистронность иРНК прокариот.

67. Строение информационных РНК эукариот. Структурные элементы иРНК эукариот. Полиаденилирование и кэпирование иРНК. Структура кэпов. Метилирование кэпов.

68. Специфические участки взаимодействия РНК-полимераз с ДНК. Структура промоторов. Стартовая точка, положения по ходу транскрипции и положения против хода транскрипции. Блок Прибнова и –35-блок.

69. Классификация РНК-полимераз эукариот.

70. Промоторы эукариот. Блок Хогнесса. –70-блок. 40. Закрытый и открытый двойные комплексы. Тройной комплекс. Роль σ -фактора.

71. Терминация транскрипции. ρ -зависимые и ρ -независимые терминаторы.

72. Прерывистость генов эукариот. Экзоны и интроны. Процессинг и сплайсинг транскриптов РНК-полимеразы II.

73. Интроны, подчиняющиеся «правилу GU/AG». Донор сплайсинга и акцептор сплайсинга. Точка ветвления интрона. Малые ядерные РНК (мяРНК) и сплайсосома.

74. Процессинг транскриптов, синтезируемых РНК-полимеразой III.
75. Отличие механизма сплайсинга тРНК от механизма сплайсинга пре-иРНК. Механизм сплайсинга тРНК. Полифункциональная тРНК-лигаза.
76. Процессинг транскриптов РНК-полимеразы I. Наружные (НТС) и внутренние (ВТС) транскрибируемые спейсеры. Специфические малые ядрышковые РНК С/D и Н/АСА в реакциях 2'-О-метилования и псевдоуридилрования рРНК.
77. Инициация трансляции. Инициаторные тРНК прокариот. Факторы инициации прокариот.
78. Элонгация. Факторы элонгации. Образование пептидной связи.
79. Терминация синтеза полипептидных цепей. Терминирующие кодоны. RF-1 и RF-2 — белковые факторы терминации. Фактор терминации RF-3.
80. Перепрограммирование трансляции. Включение селеноцистеина, как один из механизмов перекодирования трансляции. Уникальность структуры тРНК^{Sec} про- и эукариот.
81. Твердофазный органический синтез (SPOS).
82. Основные мишени для создания препаратов АФС против СПИДа
83. Производство генно-инженерного инсулина человека
84. Лекарственные средства: классификации. Активные фармацевтические субстанции (АФС) основные определения и понятия.
85. Моделирование взаимодействия лекарственных препаратов с рецепторами и мишенями. Docking и Scoring. Примеры использования в медицинской химии.
86. Использование иммобилизованных ферментов в производстве витамина С.
87. Комбинаторная органическая химия. Основные определения и понятия. Проблемы и перспективы развития комбинаторной химии. Структурные элементы КБ: скаффолд, «строительные» блоки, мономеры и их наборы, точки рандомизации. Типы комбинаторных библиотек (КБ).
88. Компьютерные методы оценки и предсказания биологической активности и физико-химических свойств, исходя из структуры соединения (QSAR и QSPR). Правило Лепински (правило 5).
89. Использование иммобилизованных ферментов в производстве акриамида.
90. Противоопухолевые средства группы антиметаболитов. Строение, механизмы биологического действия, источники и/или методы получения и технологии производства.
91. Вирус ВИЧ, жизненный цикл вируса HIV, основные мишени для создания препаратов АФС против СПИДа. Азидотимидин.
92. Технология производства полусинтетических пенициллинов.
93. Методы выделения мембранных компонентов клеток.
94. Детергенты, применяемые при выделении мембранных белков.

95. Эмульсии. Образование, биологическая роль.
96. Понятия об антигенах и антителах. Структура антител. Поликлональные антисыворотки. Гибридомы. Моноклональные антитела. Селекция гибридом. Среда ГАТ.
97. Применение антител в микроанализе. МАВ — обзор методов получения и примеры использования в медицинской практике.
98. Вакцины и антитоксигены — обзор методов получения и примеры использования в медицинской практике.
99. Тканевые технологии. Клонирование. Биотехнологические аспекты методов создания и протезирования биоимплантов — органов и тканей. Перспективы на будущее.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Процедуры и средства оценивания элементов знаний, умений и владений по дисциплине «Биотехнология»

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Практические задания	Письменный опрос	Экзаменационный билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Биотехнология» предусматривает лекции и практические занятия. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

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 занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала 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 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, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо:

приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

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.

Аспирантам, 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, изучавшейся на занятии. Аспиранты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу экзаменационной сессии не допускаются к экзамену.

8. Ресурсное обеспечение дисциплины

8.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Загоскина Н.В. Биотехнология : учебник и практикум для вузов / под редакцией Н. В. Загоскиной, Л. В. Назаренко. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 384 с.

2. Якупов Т. Р. Молекулярная биотехнология : учебник для вузов / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 160 с.

3. Спирин А. С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка

: учебное пособие / А. С. Спирин. — 3-е изд.— Москва : Лаборатория знаний, 2023. — 594 с.

4. Даньшина В.В. Исследование материалов методом зондовой микроскопии в нанобиотехнологии : учеб. пособие / Е.А. Рогачев; В.В. Даньшина .— Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019 .— 104 с.

5. Брагина Н. А. Основы биохимии. : учебное пособие / Н. А. Брагина, К. А. Жданова .— М. : РТУ МИРЭА , 2019

6. Ребриков Д.В. ПЦР в реальном времени / Д.В. Ребриков, Г.А. Саматов, Д.Ю. Трофимов, П.А. Семенов; ред. Д.В. Ребриков .— 13-е изд.— Москва : Лаборатория знаний, 2025 .— 226 с.

7. Матвеев А. В. Промышленная биотехнология. : практикум / А. В. Матвеев, Л. Е. Гребенкина, Е. С. Олейник .— М. : РТУ МИРЭА , 2024

8. Хартманн, У. Очарование нанотехнологии = Faszination Nanotechnologie / ред. Л.Н. Патрикеев; пер. Т.Н. Захарова; У. Хартманн .— 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021 .— 176 с.

9. Будкевич Е. В. Биомедицинские нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Е. В. Будкевич, Р. О. Будкевич. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 176 с.

10. Эткейн Э. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии / Э. Эйткен, А. Р. Бейдоун, Дж. Файфф [и др.] ; под редакцией К. Уилсон, Дж. Уолкер ; перевод Т. П. Мосолова, Е. Ю. Бозелек-Решетняк. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 853 с.

11. Жуан С. Введение в вычислительную молекулярную биологию / Сетубал Жуан, Мейданис Жуан ; перевод А. А. Чумичкин ; под редакцией А. А. Миронова. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 420 с.

12. Жданова К. А. Инструментальные методы исследования в биоорганической химии. Ч. 1.. : учебное пособие / К. А. Жданова .— М. : РТУ МИРЭА , 2024

13. Кребс Дж. Гены по Льюину / Дж. Кребс, Э. Голдштейн, С. Килпатрик ; перевод И. А. Кофиади [и др.] ; под редакцией Д. В. Ребрикова, Н. Ю. Усман. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 920 с.

14. Боготова З.И. Технология ПЦР-анализа : учебное пособие / З.И. Боготова [и др.].. — Нальчик : Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, 2022. — 74 с.

15. NGS: высокопроизводительное секвенирование / Д. В. Ребриков, Д. О. Коростин, Е. С. Шубина, В. В. Ильинский ; под редакцией Д. В. Ребрикова. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2024. — 233 с.

б) дополнительная литература:

1. Сазыкин Ю.О., Орехов С.Н., Чакалева И.И. Биотехнология. — Издательство: Academia. Серия: Высшее профессиональное образование. 2008. — 256 с.

2. Пшеничникова А.Б. Основы биотехнологии. — М.: МИТХТ. 2010. —

92 с.

3. Каплун А.П., Демидюк И.В. Словарь терминов по циклу дисциплин медико-биологического направления. — Москва, ИПЦ МИТХТ, 2010. Т.1 и 2. — 50+ 50 с.

4. Гроза Н.В. Терминологический словарь по биотехнологии и биомедицине. Учебное пособие. — ИПЦ МИТХТ, 2014.

5. Морозова Н.Г., Маслов М.А. Отдельные главы общей биотехнологии. Клеточная биотехнология растений. Учебное пособие. — ИПЦ МИТХТ 2010. — 44 с.

6. Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология. — М. Академия, 2007: — 464с.

7. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы: Учеб для хим. спец. Вузов. — М: Высш. шк., 1989. — 288 с.

8. Федоровский Н.Н., Якубович Л.М., Марахова А.И. Фотометрические методы анализа: учебное пособие. — М., — Изд-во: ФЛИНТА. 2012.

9. Валова (Копылова) В.Д., Абесадзе Л.Т. Физико-химические методы анализа: Практикум. — М., — Изд-во: Дашков и К. 2010.

8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины

1. <http://library.mirea.ru/>

научно-техническая библиотека РТУ МИРЭА

2. <https://e.lanbook.com/>

электронно-библиотечная системы (ЭБС) Издательства «Лань»

3. <http://www.nanoscopy.org>

Сайт Учебно-научного центра Бионаноскопия

4. <http://www.microscopist.ru>

Портал микроскопистов

5. <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/virtual/virtual.html>

Molecular Expressions Virtual Microscopy website

6. <http://thesaurus.rusnano.com/>

Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологией терминов

7. <http://www.nanometer.ru/>

Сайт нанотехнологического сообщества «Нанометр»

8. <http://www.ntmdt.ru/>

Сайт компании «НТ-МДТ» (производит и экспортирует научное оборудование в области нанотехнологий)

9. <http://ncl.cancer.gov/>

Сайт «Nanotechnology Characterization Lab» Американского Национального института рака (National Cancer Institute (NCI))

10. <http://isir.ras.ru/> Интегрированная Система Информационных Ресурсов Российской Академии Наук

11. <http://www.chemweb.com> WEB of Science, WOS
12. <http://elibrary.ru> <http://e-library.ru> Электронная библиотека РФФИ e-library
13. <http://www.scirus.com> Scirus
14. <http://www.sciencedirect.com> Sciencedirect
15. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> <http://www.pubmedcentral.nih.gov> <http://www.biomedcentral.com> PubMed, PubMedCentral, Biomedcentral, Свободный доступ в крупнейшую базу научных данных в области биомедицинских наук MedLine.
16. <http://www.cas.org> <http://www.chemport.org> <http://www.chemistry.org> <http://www.pubs.acs.org> CAS
17. <http://www.ebi.ac.uk/citexplore> CiteXplore
18. <http://www.csa.com> CSA
19. <http://www.biotechnolog.ru/>
20. <http://window.edu.ru/>
21. www.molbiol.ru- Учебники, научные монографии, обзоры, лабораторные практикумы в свободном доступе на сайте практической молекулярной биологии
22. www.swissprot.com — свободный доступ к международной базе данных по первичным и 3D структурам ферментов.
23. <http://www.viniti.msk.su/> — Всероссийский Институт Научной и Технической Информации (ВИНИТИ РАН).

8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

- пакет офисных программ Microsoft Office;
- пакет офисных программ LibreOffice;
- среда для разработки программного обеспечения Qt Creator 5.6.

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

- учебная аудитория;
- компьютерный класс.