

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «МЕДИЦИНСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ И КЛЕТочНАЯ
ИНЖЕНЕРИЯ»
для студентов специальности 30.05.01 «Медицинская биохимия»

Целью освоения дисциплины «Медицинские биотехнологии и клеточная инженерия» является углубленное изучение теоретических и практических основ достижений медико-биологических наук, биохимии и молекулярной биологии и разработки новых технологий в области биофармацевтики, современных диагностических средств, биосовместимых материалов и клеточных технологий.

Задачи освоения дисциплины

- сформировать целостное представление о значении медицинской биотехнологии и клеточной инженерии в жизни человека
- дать обстоятельные знания о методах биохимии и молекулярной биологии.
- ознакомить с методами лабораторных исследований в генетике, клеточной инженерии.
- ознакомить с разработками новых технологий в области биофармацевтики, современных диагностических средств, биосовместимых материалов и клеточных технологий.

При подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется изучить контрольные вопросы по данному занятию, теоретический материал, изложенный в лабораторном практикуме, обратить внимание на технику безопасности и изучить методику проведения опытов. В протоколе должны быть отражены следующие разделы:

1. Номер занятия.
2. Название лабораторной работы.
3. Цель работы.
4. Ход выполнения работы.
5. Результаты.
6. Выводы.

Методические рекомендации к оформлению отчетов по лабораторным работам

Лабораторный практикум является неотъемлемой частью биологических дисциплин. Выполнение студентами лабораторных работ формирует обобщение, углубление и систематизацию теоретических знаний; умение применять профессионально-значимые знания. Также важнейшей задачей лабораторного практикума является развитие навыков ведения лабораторного журнала, оформления и защиты отчетов по проведенным работам.

Общие рекомендации по ведению лабораторного журнала

В качестве лабораторного журнала следует использовать общую тетрадь объемом не менее 48 листов. Журнал должен быть подписан (указаны ФИО студента, ФИО преподавателя, курс и номер группы). Оформление лабораторного журнала допускается как в рукописном, так и машинописном вариантах. В последнем случае листы с оформленными лабораторными работами должны быть вклеены или подшиты к журналу.

Лабораторный журнал следует заполнять аккуратно, избегая помарок и исправлений. Использование канцелярского корректора в лабораторном журнале не допускается.

Структура отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе состоит из следующих разделов: название работы, цель и задачи работы, приборы и реактивы, ход работы, выводы.

Название работы

Отчет по лабораторной работе должен начинаться с новой страницы. В начале отчета пишется порядковый номер лабораторной работы в семестре, название выполняемой лабораторной работы. Рядом с названием следует указать дату выполнения работы.

Цели и задачи работы

В любой лабораторной работе можно выделить два типа целей, которые ставятся перед студентом. Первые цели – дидактические, к ним относят экспериментальное подтверждение и проверку существенных теоретических положений дисциплины, а также формирование у студентов практических умений и навыков работы в лаборатории. Вторая группа целей варьируется от работы к работе и заключается в получении тех или иных параметров и проведении опытов в соответствии с тематикой работы. При оформлении

отчета студенту следует отразить как дидактические цели, так и экспериментальные цели работы. По желанию студент может написать подробные цели работы или сформулировать общую цель работы, в рамках которой описать конкретные практические задачи. В данном разделе следует указать номера выданных преподавателем заданий.

Приборы и реактивы

Здесь указываются названия реактивов, с которыми студент будет работать. Подготовка раздела осуществляется перед выполнением лабораторной работы и позволяет студенту заблаговременно найти информацию.

При необходимости в данном разделе также приводится описание и схемы оборудования, используемого в работе. На схеме должны быть отражены и подписаны основные конструкционные элементы установки. В случае, если аналогичный прибор ранее использовался студентом при выполнении предыдущих работ, достаточно указать, в отчете к какой лабораторной работе можно найти соответствующую схему.

Ход работы

В разделе приводится краткое описание выполняемых действий от третьего лица. Указываются условия проведения эксперимента, перечисляется алгоритм манипуляций. Описание опыта не должно копировать текст практикума или методических рекомендаций. Описание должно быть составлено таким образом, чтобы читающий мог понять и воспроизвести последовательность действий, выполненных экспериментатором.

Особое внимание при оформлении отчета следует обратить на наблюдения, сделанные в рамках выполнения опыта. Точное и подробное описание наблюдений – залог правильности обсуждения наблюдаемых процессов. При необходимости в разделе «Ход работы» заполняются таблицы экспериментальных данных, на основе которых строятся графики зависимостей. Обратите внимание, каждая таблица, как и каждый график должны иметь название, отражающее приведенные данные. В «шапке» таблицы, а также рядом с осями на графике указывается наименование и единицы измерения физических величин. Все графики и диаграммы необходимо строить с применением ПК (пакеты программ Origin, MS Excel).

Проводимые в рамках выполнения работы расчеты также находятся в данном разделе. Обратите внимание, что при проведении расчетов используемые уравнения сначала записываются в общем виде, с использованием буквенных обозначений, только потом в уравнение подставляют численные экспериментальные или справочные данные. Для всех определенных в работе величин указываются единицы измерения.

Выводы

Важнейшей частью отчета по лабораторной работе является раздел «Выводы». Раздел содержит основные наблюдения и заключения, сделанные при выполнении работы. В разделе необходимо отразить полученные результаты, их соответствие теоретическим представлениям. Результаты измерений следует записывать в виде ($X_{\text{среднее}} \pm \Delta X$), указать единицы измерения и относительную погрешность. В выводах по работе приветствуется описание возможных причин погрешностей, а также способов их избежать.

В отчете по лабораторной работе допускается писать выводы для каждого проведенного эксперимента и обобщающий вывод в конце отчета, где нужно систематизировать и обобщить полученные результаты.

Тема 1. Введение в медицинские биотехнологии и клеточную инженерию

Лабораторная работа 1.1. Поиск и первичная характеристика биообъектов- продуцентов

Цель: выделить и охарактеризовать потенциальные продуценты биологически активных веществ из природных образцов.

Материалы: почвенные образцы, образцы воды, питательные среды (МПА, Сабуро), чашки Петри, микроскопы.

Ход работы:

Приготовить разведения почвенных и водных образцов.

Произвести посев на плотные питательные среды методом рассева.

Инкубировать при 30 ° С и 37 ° С 24–48 ч.

Описать морфологию выросших колоний (форма, цвет, край, поверхность).

Приготовить микропрепараты, окрасить по Граму.

Зафиксировать результаты в таблице:

№ колонии	Морфология	Окраска по Граму	Предполагаемая группа
...	...	...	...

Отчёт: таблица с описанием колоний, микрофотографии, выводы о разнообразии выделенных микроорганизмов.

Тема 2. Принципы биотехнологического производства веществ- метаболитов. Биотехнология витаминов

Лабораторная работа 2.1. Влияние условий культивирования на синтез рибофлавина *Ashbya gossypii*

Цель: изучить влияние pH и температуры на продукцию витамина B₂.

Материалы: культура *A. gossypii*, среды с различным pH (4,0; 6,0; 8,0), термостаты с разными температурами (25 ° С, 30 ° С, 37 ° С).

Ход работы:

Засеять культуру в 9 вариантов условий (3 pH × 3 температуры).

Культивировать 72 ч при постоянной аэрации.

Отцентрифугировать культуральную жидкость.

Измерить оптическую плотность супернатанта при 445 нм (пропорциональна концентрации рибофлавина).

Построить график зависимости выхода витамина от условий.

Отчёт: график, таблица результатов, выводы о оптимальных условиях.

Тема 3. Биопрепараты растительного происхождения. Иммунобиотехнология
Лабораторная работа 3.1. Ферментация растительного сырья с *Lactobacillus plantarum*
Цель: получить ферментированный продукт с повышенным содержанием метаболитов.
Материалы: измельчённая капуста, культура *L. plantarum*, анаэробные флаконы, реактивы для определения органических кислот.
Ход работы:

Подготовить растительную массу, внести инокулят (10 % об.).

Инкубировать в анаэробных условиях при 30 ° С 48 ч.

Контролировать pH каждые 12 ч.

После окончания ферментации определить:

- содержание молочной кислоты титрованием;

- концентрацию короткоцепочечных жирных кислот методом ГЖХ.

- Сравнить с исходным сырьём.

Отчёт: динамика pH, таблица содержания метаболитов, выводы.

Тема 4. Инженерная энзимология
Лабораторная работа 4.1. Имобилизация глюкозооксидазы и сравнение активности свободной и иммобилизованной форм
Цель: освоить методы иммобилизации ферментов и оценить их стабильность.
Материалы: глюкозооксидаза, альгинат натрия, CaCl₂, глюкоза, реагенты для определения H₂O₂.
Ход работы:

Иммобилизовать фермент в альгинатные гранулы.

Определить активность:

- свободной формы в растворе;

иммобилизованной формы (гранулы в реакционной смеси).

Провести 5 циклов реакции с иммобилизованным ферментом, измеряя активность после каждого цикла.

Построить графики зависимости активности от времени/циклов.

Отчёт: графики, таблица активности, выводы о преимуществах иммобилизации.

Тема 5. Биотехнология антибиотиков

Лабораторная работа 5.1. Скрининг актиномицетов — продуцентов антибиотиков

Цель: выявить штаммы с антибиотической активностью.

Материалы: почвенные образцы, среда для актиномицетов, тест-культуры (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*).

Ход работы:

Выделить актиномицеты из почвы методом серийных разведений.

Засеять чистые культуры точечно на газон тест-культур.

Инкубировать 48 ч, измерить зоны подавления роста.

Отобрать штаммы с наибольшими зонами.

Оценить спектр действия отобранных штаммов против разных тест-культур.

Отчёт: фотографии чашек с зонами подавления, таблица зон ингибирования, выводы.

Тема 6. Технологии создания биосенсоров для диагностики и лечения

Лабораторная работа 6.1. Сборка и калибровка глюкозного биосенсора

Цель: сконструировать биосенсор на основе глюкозооксидазы.

Материалы: электрод, глюкозооксидаза, глутаровый альдегид, буферы, стандартные растворы глюкозы.

Ход работы:

Иммобилизовать фермент на поверхности электрода.

Подключить электрод к потенциостату.

Измерить ток окисления H_2O_2 при разных концентрациях глюкозы (0,1–10 мМ).

Построить калибровочный график «концентрация — сигнал».

Определить глюкозу в модельных образцах сыворотки.

Отчёт: калибровочный график, таблица измерений, оценка точности.

Тема 7. Геномные и постгеномные технологии создания лекарственных средств
Лабораторная работа 7.1. Выделение плазмидной ДНК и ПЦР- амплификация гена инсулина

Цель: освоить базовые методы генной инженерии.

Материалы: *E. coli* с плазмидой pUC19- ins, наборы для выделения ДНК, праймеры к гену инсулина, Taq- полимеразы.

Ход работы:

Выделить плазмидную ДНК щелочным лизисом.

Провести ПЦР с праймерами к гену инсулина.

Разделить продукты ПЦР электрофорезом в агарозном геле.

Визуализировать полосы под УФ- излучением.

Оценить чистоту и размер ампликона.

Отчёт: фото геля, схема ПЦР- программы, выводы.

Тема 8. Клеточные технологии

Лабораторная работа 8.1. Культивирование фибробластов человека и оценка жизнеспособности

Цель: освоить методы работы с эукариотическими клетками.

Материалы: культура фибробластов, среда DMEM, сыворотка, трипановый синий, камера Горяева.

Ход работы:

Провести пассаж клеток: снять с поверхности флакона, ресуспендировать.

Посчитать общее количество клеток в камере Горяева.

Оценить жизнеспособность окрашиванием трипановым синим (живые — неокрашенные).

Рассчитать плотность посева, засеять в новые флаконы.

Через 24 ч оценить адгезию и морфологию микроскопией.

Отчёт: расчёт плотности, процент жизнеспособности, микрофотографии.

Тема 9. Биомедицинские материалы и технологии

Лабораторная работа 9.1. Оценка биосовместимости полимерных материалов

Цель: сравнить адгезию клеток на разных материалах.

Материалы: образцы хитозана, полилактида, коллагена, фибробласты, среда DMEM.

Ход работы:

Стерилизовать образцы УФ-облучением.

Поместить в лунки планшета, засеять клетками.

Через 24 и 48 ч зафиксировать, окрасить гематоксилином.

Микроскопически оценить количество и морфологию прикрепившихся клеток.

Измерить pH среды до и после инкубации (оценка деградации).

Отчёт: микрофотографии, таблица адгезии, динамика pH, выводы о биосовместимости.

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы :

1. Медицинские биотехнологии: практикум : учебное пособие / составители С. А. Куклина, А. А. Мусихина. — Киров : Кировский ГМУ, 2024. — 72 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.
2. Стрыгин, А. В. Клеточная инженерия : учебное пособие / А. В. Стрыгин, А. М. Доценко, Е. И. Морковин. — Волгоград : ВолгГМУ, 2021. — 96 с. — ISBN 978-5-9652-0675-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/225695>
3. Юнусова Н.В., Кайгородова Е.В., Кокорев О.В., Салахов Р.Р. Медицинские биотехнологии с основами молекулярной биологии (избранные лекции): учебное пособие / Н.В. Юнусова и др. . Томск: Изд-во СибГМУ, 2023

Перечень дополнительной литературы :

Арсеньева, Т. П. Пищевая биотехнология. Масло и вторичное молочное сырье
Электронный ресурс : Учебно-методическое пособие / Т. П. Арсеньева. - Пищевая биотехнология. Масло и вторичное молочное сырье, 2022-10-01. - Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. - 60 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397, экземпляров неограничено

2. Ермаков, В. В. Вирусология и биотехнология : методические указания / В. В. Ермаков. — Самара : СамГАУ, 2024. — 54 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/392582> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Биотехнология мяса и мясопродуктов : учебное пособие для вузов / Ю. Ф. Мишанин, Г. И. Касьянов, М. Ф. Мишанин [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 400 с. — ISBN 978-5-507-48332-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. —

URL: <https://e.lanbook.com/book/380594> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Строганова, И. Я. Биотехнология в ветеринарной медицине : учебное пособие / И. Я. Строганова. — Красноярск : КрасГАУ, 2020 — Часть 1 : Общая биотехнология — 2020. — 191 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187431> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Алешина, Е. С. Культивирование микроорганизмов как основа биотехнологического процесса : учебное пособие / Е.С. Алешина, Е.А. Дроздова, Н.А. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2017. - 192 с. : схем., табл., ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1658-9, экземпляров неограничено

6. Будкевич, Е.В. Основы нанобиотехнологии. Фундаментальные основы нанобиотехнологий Электронный ресурс : учебное пособие / Р.О. Будкевич / Е.В. Будкевич. - Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. - 132 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks., экземпляров неограничено

7. Якупов, Т. Р. Молекулярная биотехнология : учебник для вузов / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-8733-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179623> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Вирусология и биотехнология : учебник / Р. В. Белоусова, Е. И. Ярыгина, И. В. Третьякова [и др.]. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-2266-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212738> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Лукашик Е. Я., Клинецвич С. И. Медицинская техника. - Гродно: ГрГМУ, 2023. - 116 с.

10. Букейханов, Н. Р. Медицинская техника цифровой медицины : учебное пособие / Н. Р. Букейханов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 124 с. — ISBN 978-5-9729-1022-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/281804>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «МЕДИЦИНСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ И КЛЕТочНАЯ
ИНЖЕНЕРИЯ»
для студентов специальности 30.05.01 «Медицинская биохимия»

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

При выполнении самостоятельного изучения теоретического материала студент должен руководствоваться следующими правилами. За основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины. Согласно плану-графику аудиторных занятий и самостоятельной работы, на изучение отдельных тем отводится разное количество часов. Значительная часть самостоятельной работы студента должна отводиться на усвоение полученного на лекции материала по пройденной теме, написании конспекта по заданным теоретическим блокам, поиску дополнительной литературы на базе библиотеки СКФУ и в системе интернет.

Весь охваченный теоретический материал должен быть осмыслен и переработан для более глубокого осмысления полученных данных.

Методические рекомендации при подготовке к собеседованию

Изучение основных разделов дисциплины заканчивается проведением контрольных занятий, на которых обобщается весь материал по данной части учебной программы.

Собеседование представляет собой не только одну из форм текущего контроля, но и одну из активных форм учебных занятий, проводимых как в виде беседы преподавателя со студентами, так и в виде семинара, посвященного обсуждению определенной темы.

Целями являются: выяснение у студентов знаний, их углубление (повышение) и закрепление по той или иной теме курса; формирование у студентов навыков анализа теоретических проблем на основе самостоятельного изучения учебной и научной литературы.

Основная задача – пробудить у студента стремление к чтению и использованию дополнительной литературы. На занятие могут выноситься как проблемные (нередко спорные теоретические вопросы), так и вопросы, требующие самостоятельного изучения, а также более глубокой проработки.

На самостоятельную подготовку к собеседованию студенту отводится 1-3 недели. Подготовка включает в себя изучение рекомендованной литературы и составление конспекта.

Методические указания по подготовке к лабораторным занятиям

При подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется изучить контрольные вопросы по данному занятию, теоретический материал, изложенный в лабораторном практикуме, обратить внимание на технику безопасности и изучить методику проведения опытов. В протоколе должны быть отражены следующие разделы:

1. Номер занятия.
2. Название лабораторной работы.
3. Цель работы.
4. Ход выполнения работы.
5. Результаты.
6. Выводы.

Методические рекомендации по подготовке презентаций и докладов

Доклад должен содержать элементы новизны, наряду с фундаментальным аспектом должен быть проведен анализ современного состояния изучаемой проблемы, а также включенность в региональную проблематику.

Доклад должен состоять из введения, теоретической части, заключения, списка литературы и презентации, раскрывающей суть темы в графиках, картинках, схемах, формулах.

Доклад рекомендуется представлять в объеме 1 печатный лист. Текст работы должен быть напечатан через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги (А4). Текст и другие отпечатанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков – четкими, без ореола и затенения. Шрифт Times New Roman, кегель 14. Названия глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом. Лист с текстом

должен иметь поля: слева – 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм. Нумерация страниц текста делается в правом нижнем углу листа. Проставлять номер страницы необходимо со страницы, где печатается «Введение», на которой ставится цифра «3». После этого нумеруются все страницы, включая приложения.

Между названием главы и названием параграфа этой главы ставится пробел равный двум интервалам, а название параграфа не должно отделяться от текста этого параграфа пробелом. Названия параграфов отделяются от текста предыдущего параграфа пробелом, равным двум интервалам. Каждая глава, а также введение, выводы, приложения и список использованной литературы начинаются с новой страницы. Слово «Глава» не пишется. Главы имеют порядковые номера в пределах всей работы, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1, 2, 3), после которых ставится точка. Слово «параграф» или значок параграфа в названии не ставятся. Параграфы имеют порядковые номера в пределах глав, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1.1. и 1.2.). Заголовки глав и параграфов в тексте работы должны располагаться по центру, точку в конце названия главы и параграфа не ставят. Не допускается переносить часть слова в заголовке. 4.5. Нумерация таблиц и рисунков может быть сквозной или соотноситься с номером главы и параграфа. Например, если таблица или рисунок включены в текст первого параграфа второй главы, нумерация следующая: Таблица 2.1.1., рис. 2.1.1. Последняя цифра означает порядковый номер таблицы (или рисунка) в данном параграфе. Таблица помещается в качестве следующей страницы после первого упоминания о ней в тексте.

Методические рекомендации по подготовке к решению кейсов.

Кейс-задания - основной элемент метода case-study, который относится к неигровым имитационным активным методам обучения. кейс содержит схематическое словесное описание ситуации, статистические данные. Кейс дает возможность приблизиться к практике, встать на позицию человека, реально принимающего решения.

Кейсы наглядно демонстрируют, как на практике применяется теоретический материал. Метод case-study – инструмент, позволяющий применить теоретические знания к решению практических задач. С помощью этого метода студенты имеют возможность проявить и совершенствовать аналитические и оценочные навыки, научиться работать в команде, находить наиболее рациональное решение поставленной проблемы.

Учебными целями метода кейсов являются:

- развитие аналитического мышления;
- развитие практических навыков работы с информацией;
- развитие навыков разработки управленческих решений;
- освоение современных управленческих и социально-психологических технологий;
- повышение коммуникативной компетентности;
- развитие навыков конструктивной критики;
- повышение мотивации к обучению и профессиональному развитию.

Кейс-технология как метод обучения и активизации учебного процесса ориентированы на решение следующих задач:

- овладеть навыками и приемами всестороннего анализа ситуаций из сферы профессиональной деятельности;
- отработать умение востребовать дополнительную информацию, необходимую для уточнения исходной ситуации;
- приобрести навыки применения теоретических знаний для решения практических проблем;
- развить навыки принятия решений в ситуации неопределенности;
- приобрести навыки ясного и точного изложения собственной точки зрения в устной или письменной форме;
- выработать умение осуществлять презентацию, то есть убедительно преподносить, обосновывать и защищать свою точку зрения;
- отработать навыки конструктивного критического оценивания точки зрения

других;

-научиться самостоятельно принимать решения на основе группового анализа ситуации.

Решение кейса представляет собой продукт самостоятельной индивидуальной или групповой работы студентов. Работа с кейсом осуществляется поэтапно:

Первый этап – знакомство с текстом кейса, изложенной в нем ситуацией, ее особенностями.

Второй этап – выявление фактов, указывающих на проблему(ы), выделение основной проблемы (основных проблем), выделение факторов и персоналий, которые могут реально воздействовать.

Третий этап – выстраивание иерархии проблем (выделение главной и второстепенных), выбор проблемы, которую необходимо будет решить.

Четвертый этап – генерация вариантов решения проблемы. Возможно проведение «мозгового штурма».

Пятый этап – оценка каждого альтернативного решения и анализ последствий принятия того или иного решения.

Шестой этап – принятие окончательного решения по кейсу, например, перечня действий или последовательности действий.

Седьмой этап – презентация индивидуальных или групповых решений и общее обсуждение.

Восьмой этап – подведение итогов в учебной группе под руководством преподавателя.

Ознакомление студентов с текстом кейса и последующий анализ кейса может осуществляться заранее (за несколько дней до его обсуждения) как самостоятельная работа студентов. Обсуждение небольших кейсов может быть включено в учебный процесс, и студенты могут знакомиться с ними непосредственно на занятиях.

Общая схема работы с кейсом на этапе анализа может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить проблемы кейса и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст кейса, определить, кто его главные действующие лица, отобрать информацию необходимую для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи.

Максимальная польза из работы над кейсами будет извлечена в том случае, если студенты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже.

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе кейса.

2. Бегло прочтите кейс, чтобы составить о нем общее представление.

3. Внимательно прочтите вопросы к кейсу и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.

4. Вновь прочтите текст кейса, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.

5. Продумайте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с кейсом.

Для успешного анализа кейсов следует придерживаться ряда принципов: используйте знания, полученные в процессе лекционного курса; внимательно читайте кейс для ознакомления с имеющейся информацией, не торопитесь с выводами; не смешивайте предположения с фактами;

При проведении письменного анализа кейса помните, что основное требование, предъявляемое к нему, – краткость.

Презентация, или представление результатов анализа кейса, выступает очень важным элементом метода. При этом в case-study используются два вида презентаций:

устная (публичная) и письменный отчет-презентация.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений кейса группе.

Устная презентация требует навыков публичного выступления, умения кратко, но четко и полно изложить информацию, убедительно обосновать предлагаемое решение, корректно отвечать на критику и возражения. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Выступающий может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Письменный отчет-презентация требует проявления таких качеств, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа кейса аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа кейса заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет – презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Вопросы к самоподготовке

1. Векторная ДНК. Основные требования, предъявляемые к векторам.
2. Векторы про- и эукариот- плазмиды, космиды, фазмиды, интмиды.
3. Вестерн блоттинг.
4. Выделение больших количеств ДНК плазмид, очистка генов.
5. Выделение ДНК для клонирования генов. Конструирование рекомбинантной ДНК.
6. Выделение плазмидной ДНК. Очистка ДНК от белков, РНК, полисахаридов.
7. Выделение фрагментов генома. Геномные библиотеки. Поиск клонов в геномной библиотеке.
8. Выявление клонов чужеродной ДНК по инактивации.
9. Генетическая инженерия как инструмент изучения генов и геномов. Проблемы экспрессии эукариотических генов в бактериях.
10. Генетическое картирование. Полиморфизм геномов.
11. Генная инженерия дрожжей. Дрожжевые плазмиды, дрожжевые векторы. Экспрессия генов бактерий в дрожжах.
12. Генная инженерия клеток животных. Векторы, используемые для введения ДНК в клетки животных.
13. Генная инженерия растений. Ti- плазмиды. Трансформация растительных клеток.
14. Геномы органелл (митохондрий, хлоропластов). Происхождение ДНК органелл.
15. Изучение специфических РНК-транскриптов. Нозерн блоты.
16. Использование ретровирусов для трансгеноза. Жизненный цикл ретровируса. Принципы конструирования ретровирусных векторов
17. Использование селективных сред для проверки генетических маркеров и отбора рекомбинантов.
18. Клонирование генов клеток животных через кДНК.
19. Клонирование и экспрессия генов в гетерологичных системах. Комплементация мутаций. РНК интерференция как метод подавления экспрессии генов.
20. Комплементация мутаций. РНК интерференция как метод подавления экспрессии генов.
21. Лизис бактерий, электрофорез в агарозном геле, радиоавтограф геля.

22. Методы очистки ДНК от белка, РНК. Определение концентрации и степени чистоты ДНК.
23. Методы трансформации бактериальных клеток
24. Механизмы транспозиции. Резольваза, функции резольвазы. Влияние транспозонов на активность генов у растений.
25. Механизмы транспозиции. Резольваза, функции резольвазы. Роль сверхспирализации при транспозиции. Влияние транспозонов на активность генов у растений.
26. Молекулярно-генетические маркеры (МГМ), определение, информативность, использование для построения генетической карты
27. Назовите основные методы работы в генной инженерии. Какие вы видите особенности этих методов и с чем они связаны?
28. Основные методы выделения и очистки ДНК из бактерий и клеток растений.
29. Основные требования к штаммам микроорганизмов, используемых в генной инженерии. Получение компетентных клеток.
30. Основные ферменты, используемые в генной инженерии.
31. Отбор рекомбинантных клонов бактерий. Использование гена -галактозидазы E.coli для отбора рекомбинантов.
32. Перенос генов и клонирование ДНК в клетках млекопитающих (основные принципы.).
33. Перенос с геля на фильтры по Саузерну.
34. Плазмиды. Свойства бактериальных плазмид. Генетика плазмид.
35. Поиск и отбор рекомбинантных клонов бактерий с помощью ДНК и РНК зондов, по селективным маркерам, экспрессии клонированных генов.
36. Получение геномных библиотек.
37. Получение отдельных колоний бактерий. Определение наличия плазмид в бактериальных клетках.
38. Получение плазмидной ДНК.
39. Получение рекомбинантной ДНК. Коннекторный, рестрикционно-лигазный методы.
40. Получение эмбриональных стволовых клеток. Получение гомозиготных трансгенных мышей с помощью эмбриональных стволовых клеток.
41. Понятие вектора и реципиента. Требования к векторам. Векторы автономные и интегративные.
42. Практическая значимость генной инженерии растений. Современные векторы, используемые для генной инженерии растений.
43. Предпосылки и этапы развития генной инженерии. Основной метод.
44. Представление о горизонтальном переносе транспозонов. Полный (активный) и дефектный транспозоны.
45. Принцип прогулки по геному. Поиск гена в большой области генома.
46. Репликация ДНК in vitro. Свойства ДНК-полимераз. Термостабильные полимеразы. Обратные транскриптазы.
47. Рестриктазы класса II. Изошизомеры. Пример.. Использование рестриктаз в генной инженерии.
48. Сайты рестрикции, линкеры и полилинкеры.
49. Свойства плазмидного вектора, его конструирование.
50. Синтез ДНК in vivo/ Синтез ДНК in vitro (ПЦР). Сходство и отличия. Основные требования, предъявляемые к векторным ДНК. Челночные векторы. Использование ДНК-фагов в качестве векторов.

51. Создание и анализ библиотек кДНК. Упорядоченные библиотеки кДНК.
 52. Создание трансгенных животных. Введение трансгенов в пронуклеус.
 53. Способы получения генов..
 54. Стратегия клонирования генов микроорганизмов.
 55. Стратегия клонирования генов эукариот.
 56. Структура агробактериальных Ti и Ri-плазмид. Нопалиновая и октопиновая Ti-плазмиды
 57. Структура генов эукариот и прокариот и регуляция их экспрессии.
 58. Структура генов эукариот и регуляция их экспрессии. Экспрессия клонированных генов.
 59. Схема типичного эксперимента по получению и клонированию рекомбинантных молекул ДНК.
 60. Транспозоны эукариот. Двухкомпонентная система транспозонов
 61. Транспозоны. Строение ДНК транспозонов, их биологическая роль.
 62. Трансформация. Векторная трансформация. Интегративная трансформация. Векторы DFC.
 63. Фаг M13. Строение ДНК-фага. Векторы на основе фага M13.
 64. Фаг. Строение ДНК-фага. Векторы на основе фага.
 65. Ферменты рестрикции (эндодезоксирибонуклеазы) и ферменты модификации (ДНК-метидазы). История открытия.
 66. Экспрессия клонированных генов. Отбор клонов иммунологическими методами.
 67. Электрофорез ДНК в агарозном геле. Подвижность молекул ДНК в агарозном геле, эндоосмос, окрашивание и фотографирование гелей.
- Электрофорез. Особенности поведения ДНК при электрофорезе на примере плазмидной ДНК pBR322 (влияние pH, температуры, конц

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы :

1. Медицинские биотехнологии: практикум : учебное пособие / составители С. А. Куклина, А. А. Мусихина. — Киров : Кировский ГМУ, 2024. — 72 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.
2. Стрыгин, А. В. Клеточная инженерия : учебное пособие / А. В. Стрыгин, А. М. Доценко, Е. И. Морковин. — Волгоград : ВолгГМУ, 2021. — 96 с. — ISBN 978-5-9652-0675-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/225695>
3. Юнусова Н.В., Кайгородова Е.В., Кокорев О.В., Салахов Р.Р. Медицинские биотехнологии с основами молекулярной биологии (избранные лекции): учебное пособие / Н.В. Юнусова и др. . Томск: Изд-во СибГМУ, 2023

Перечень дополнительной литературы :

- Арсеньева, Т. П. Пищевая биотехнология. Масло и вторичное молочное сырье
Электронный ресурс : Учебно-методическое пособие / Т. П. Арсеньева. - Пищевая биотехнология. Масло и вторичное молочное сырье, 2022-10-01. - Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. - 60 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397, экземпляров неограничено
2. Ермаков, В. В. Вирусология и биотехнология : методические указания / В. В. Ермаков. — Самара : СамГАУ, 2024. — 54 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/392582> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
 3. Биотехнология мяса и мясопродуктов : учебное пособие для вузов / Ю. Ф.

Мишанин, Г. И. Касьянов, М. Ф. Мишанин [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 400 с. — ISBN 978-5-507-48332-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/380594> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Строганова, И. Я. Биотехнология в ветеринарной медицине : учебное пособие / И. Я. Строганова. — Красноярск : КрасГАУ, 2020 — Часть 1 : Общая биотехнология — 2020. — 191 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187431> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Алешина, Е. С. Культивирование микроорганизмов как основа биотехнологического процесса : учебное пособие / Е.С. Алешина, Е.А. Дроздова, Н.А. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2017. - 192 с. : схем., табл., ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1658-9, экземпляров неограничено

6. Будкевич, Е.В. Основы нанобиотехнологии. Фундаментальные основы нанобиотехнологий Электронный ресурс : учебное пособие / Р.О. Будкевич / Е.В. Будкевич. - Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. - 132 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks., экземпляров неограничено

7. Якупов, Т. Р. Молекулярная биотехнология : учебник для вузов / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-8733-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179623> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Вирусология и биотехнология : учебник / Р. В. Белоусова, Е. И. Ярыгина, И. В. Третьякова [и др.]. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-2266-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212738> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Лукашик Е. Я., Клинецвич С. И. Медицинская техника. - Гродно: ГрГМУ, 2023. - 116 с.

10. Букейханов, Н. Р. Медицинская техника цифровой медицины : учебное пособие / Н. Р. Букейханов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 124 с. — ISBN 978-5-9729-1022-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/281804>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине «МЕДИЦИНСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ И КЛЕТОЧНАЯ
ИНЖЕНЕРИЯ»
для студентов специальности 30.05.01 «Медицинская биохимия»

Тема 1. Введение в медицинские биотехнологии и клеточную инженерию

Цель: познакомиться с основами биотехнологического производства медицинских препаратов.

Задания:

Составить таблицу: «Виды биотехнологических продуктов и их применение»:

- антибиотики;
-
-
- вакцины;
-
-
- ферменты;
-
-
- диагностикумы;
-
-
- пробиотики.

Изучить схему биотехнологического процесса производства лекарств (этапы: поиск продуцента → лабораторные исследования → оптимизация культивирования → масштабирование → производство).

Выполнить мини- исследование: подобрать 2–3 примера биообъектов- продуцентов (бактерии, грибы, дрожжи) для получения конкретного препарата и описать их свойства.

Провести сравнительный анализ методов культивирования (поверхностное vs глубинное) на модельных культурах.

Тема 2. Принципы биотехнологического производства веществ- метаболитов. Биотехнология витаминов

Цель: освоить принципы контроля условий культивирования и изучить микробный синтез витаминов.

Задания:

Экспериментально отследить влияние одного из факторов (рН, температура, концентрация кислорода) на рост культуры *Saccharomyces cerevisiae*.

Заполнить таблицу: «Витамины микробного происхождения»:

витамин / соединение (эргостерин, каротин, В ₂ , В ₁₂ , аскорбиновая кислота);	продуцент;	область применения.

Построить график зависимости выхода витамина В₂ от времени культивирования на основе предоставленных данных.

Тема 3. Биопрепараты растительного происхождения. Иммунобиотехнология

Цель: изучить ферментацию растительных субстратов и основы иммунобиотехнологий.

Задания:

Провести ферментацию растительного сырья (например, капусты или моркови) с использованием *Lactobacillus plantarum*:

- подготовить субстрат;

- внести инокулят;

- инкубировать 48–72 ч при 30 °С;

- оценить изменение pH и органолептических свойств.

Определить содержание короткоцепочечных жирных кислот в ферментированном продукте методом титрования.

Подготовить краткий обзор (5–7 мин) о применении моноклональных антител в диагностике или терапии.

Тема 4. Инженерная энзимология

Цель: понять принципы использования ферментов в биотехнологии.

Задания:

Измерить активность амилазы в разных условиях (pH 5, 7, 9; температура 25 °С, 37 °С, 50 °С) по скорости гидролиза крахмала.

Сравнить эффективность иммобилизованной и свободной формы фермента на примере глюкозооксидазы.

Составить схему биокаталитического процесса для получения глюкозного сиропа из крахмала.

Тема 5. Биотехнология антибиотиков

Цель: изучить методы селекции продуцентов и основы микробиотехнологических процессов.

Задания:

Выделить штаммы актиномицетов из почвенных образцов методом рассева на агаризованной среде.

Оценить антибиотическую активность выделенных культур методом диффузии в агар (против *Staphylococcus aureus*).

Оптимизировать условия культивирования продуцента (углеродный источник, аэрация) для максимизации выхода антибиотика.

Тема 6. Технологии создания биосенсоров

Цель: освоить принципы работы биосенсоров для медицинской диагностики.

Задания:

Собрать макет биосенсора на основе глюкозооксидазы:

- иммобилизовать фермент на электроде;

- калибровать по стандартным растворам глюкозы.

Измерить концентрацию глюкозы в модельных образцах (искусственная сыворотка) и сравнить с эталонным методом.

Обсудить применение биосенсоров в мониторинге инфекционных заболеваний (например, детекция антигенов SARS-CoV-2).

Тема 7. Геномные и постгеномные технологии

Цель: изучить методы генной инженерии и их применение в медицине.

Задания:

Выполнить виртуальную ПЦР для амплификации гена инсулина (симуляция в онлайн-программе).

Проанализировать последовательность ДНК (FASTA-файл) с помощью BLAST для идентификации гена.

Разработать схему получения рекомбинантного белка (например, интерферона) в *E. coli*:

- выбор вектора;

клонирование;

-
-

экспрессия;

-
-

очистка.

-

Тема 8. Клеточные технологии

Цель: освоить методы культивирования клеток и приготовления питательных сред.

Задания:

-

Приготовить питательную среду для культивирования *Escherichia coli* (LB- агар):

-

-

рассчитать компоненты;

-

-

стерилизовать автоклавированием;

-

-

залить чашки Петри.

-

-

Посчитать количество клеток в суспензии с помощью камеры Горяева.

-

-

Провести культивирование фибробластов человека:

-

-

посев;

-

-

наблюдение за адгезией и пролиферацией (микроскопия);

-

-

оценка жизнеспособности (трипановый синий).

-

Тема 9. Биомедицинские материалы и технологии

Цель: изучить свойства биосовместимых материалов и их применение.

Задания:

-

Исследовать биосовместимость образцов (хитозан, полилактид, коллаген):

-

-

культивировать фибробласты на поверхности материалов;

-

-

оценить адгезию и морфологию клеток (микроскопия).

-

Измерить рН среды после инкубации образцов для оценки деградации.

Разработать концепцию биомедицинского изделия (например, раневой повязки с антимикробным покрытием) и обосновать выбор материала.

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы :

1. Медицинские биотехнологии: практикум : учебное пособие / составители С. А. Куклина, А. А. Мусихина. — Киров : Кировский ГМУ, 2024. — 72 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.

2. Стрыгин, А. В. Клеточная инженерия : учебное пособие / А. В. Стрыгин, А. М. Доценко, Е. И. Морковин. — Волгоград : ВолгГМУ, 2021. — 96 с. — ISBN 978-5-9652-0675-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/225695>

3. Юнусова Н.В., Кайгородова Е.В., Кокорев О.В., Салахов Р.Р. Медицинские биотехнологии с основами молекулярной биологии (избранные лекции): учебное пособие / Н.В. Юнусова и др. . Томск: Изд-во СибГМУ, 2023

Перечень дополнительной литературы :

Арсеньева, Т. П. Пищевая биотехнология. Масло и вторичное молочное сырье Электронный ресурс : Учебно-методическое пособие / Т. П. Арсеньева. - Пищевая биотехнология. Масло и вторичное молочное сырье, 2022-10-01. - Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. - 60 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397, экземпляров неограничено

2. Ермаков, В. В. Вирусология и биотехнология : методические указания / В. В. Ермаков. — Самара : СамГАУ, 2024. — 54 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/392582> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Биотехнология мяса и мясопродуктов : учебное пособие для вузов / Ю. Ф. Мишанин, Г. И. Касьянов, М. Ф. Мишанин [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 400 с. — ISBN 978-5-507-48332-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/380594> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Строганова, И. Я. Биотехнология в ветеринарной медицине : учебное пособие / И. Я. Строганова. — Красноярск : КрасГАУ, 2020 — Часть 1 : Общая биотехнология — 2020. — 191 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187431> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Алешина, Е. С. Культивирование микроорганизмов как основа биотехнологического процесса : учебное пособие / Е.С. Алешина, Е.А. Дроздова, Н.А. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2017. - 192 с. : схем., табл., ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1658-9, экземпляров неограничено

6. Будкевич, Е.В. Основы нанобиотехнологии. Фундаментальные основы нанобиотехнологий Электронный ресурс : учебное пособие / Р.О. Будкевич / Е.В. Будкевич. - Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. - 132 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks., экземпляров неограничено

7. Якупов, Т. Р. Молекулярная биотехнология : учебник для вузов / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 160 с. — ISBN 978-5-

8114-8733-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179623> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Вирусология и биотехнология : учебник / Р. В. Белоусова, Е. И. Ярыгина, И. В. Третьякова [и др.]. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-2266-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212738> (дата обращения: 03.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Лукашик Е. Я., Клинецвич С. И. Медицинская техника. - Гродно: ГрГМУ, 2023. - 116 с.

10. Букейханов, Н. Р. Медицинская техника цифровой медицины : учебное пособие / Н. Р. Букейханов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 124 с. — ISBN 978-5-9729-1022-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/281804>