

Федеральное бюджетное учреждение науки  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ВИРУСОЛОГИИ И  
БИОТЕХНОЛОГИИ «ВЕКТОР»  
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и  
благополучия человека  
(ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора)

УТВЕРЖДАЮ

Врио генерального директора  
ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»

Роспотребнадзора

А.П. Агафонов



«12» сентября 2022 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
для поступления на обучение по программам подготовки  
научных и научно - педагогических кадров в аспирантуре

Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Научная специальность: 1.5.6. Биотехнология

Кольцово 2022

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Вступительный экзамен по специальной научной дисциплине проводится в устной форме по билету.
2. Содержание билетов охватывает всю программу по специальной научной дисциплине.
3. В билет включаются три четко сформулированных вопроса, рассчитанные по объему подготовки на установленные нормы времени.
4. Экзаменаторы имеют право задавать лицу, сдающему вступительный экзамен, уточняющие вопросы по существу и дополнительные вопросы сверх билета в рамках программы вступительного экзамена.
5. Для подготовки ответа поступающие используют экзаменационные листы формата А4 со штампом ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, которые хранятся в личном деле поступающего.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### I. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Биотехнология, предмет и метод исследования. Связь с другими науками. Теоретическое и практическое значение. Роль биотехнологии в научно-техническом прогрессе.

### II. ГЕНЕТИКА И ФИЗИОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Клетка как основа наследственности и воспроизведения. Клеточные и неклеточные формы жизни. Организация живого организма: эукариота, прокариота, вируса. Строение ядра и его роль в наследственности, доказательства роли ядра, хромосом и ДНК в передаче свойств и признаков. Молекулярные основы организации хромосом. Трансформация, лизогения, трансдукция. Функция ДНК, гистонов и РНК в клеточном метаболизме. Энзимология генетических процессов. Основы генной инженерии. Методы выделения и синтеза генов. Получение и клонирование рекомбинантных молекул. Создание векторов на основе плазмид и вирусов. Перспективы применения рекомбинантных молекул. Эндонуклеазы рестрикции, свойства и специфичность. Мутации, их классификация. Молекулярный механизм генных мутаций. Генетический контроль мутационного процесса. Селекция. Генетические основы селекции. Генетика популяций и генетические основы эволюции. Популяция и её генетическая и экологическая структура. Наследственность, изменчивость и отбор как факторы эволюции. Производственный ферментёр как экологическая ниша.

Физиология питания: элементы питания, значение их недостатка или избытка для хода процесса биосинтеза. Теория лимитирования и ингибирования роста элементами питания.

Физиология энергетического обмена: использование клетками и эффективность тех или иных энергопродуцирующих процессов в зависимости от условий среды. Управление экономическим коэффициентом. Взаимодействие клеток и среды. Влияние внешних физических и физикохимических факторов на рост и биосинтез у микробов. Связь структуры и функции элементов клеток. Функциональная цитология, вопросы дифференциации и условия, её вызывающие.

### III. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

#### 1. Биоорганическая химия и биохимия

Общие представления о строении и свойствах структур клеток. Связь химической природы и биологической функции биополимеров в клетке. Химическая природа белков, углеводов, липидов и нуклеиновых кислот, их структура и основные свойства. Минеральные компоненты и вода. Ферменты. Их особенность как биокатализаторов, биохимическая роль. Химическая природа ферментов, активные центры. Механизм ферментативного катализа. Коферменты и витамины, роль металлов и других кофакторов в функционировании ферментов. Связь конформации и активности, обратимая и необратимая денатурация. Локализация ферментов в клетке. Внутри- и внеклеточные ферменты. Функции и основные свойства внеклеточных гидролитических ферментов. Транспорт компонентов среды в микробную клетку. Метаболический фонд микробных клеток. Представления и закономерности реакций катаболизма, амфиболизма и анаболизма.

Основные пути ассимиляции субстратов: белков, жиров, углеводов, аминокислот, углеводовородов, спиртов, органических кислот, минеральных компонентов.

Гликолиз и брожение. Цикл Кребса. Участие метаболитов цикла Кребса в реакциях биосинтеза аминокислот.

Биоэнергетика. Образование АТФ и других макроэнергетических соединений в клетках. Энергетический эффект цикла Кребса и гликолиза. Основные представления о биосинтезе аминокислот.

Биосинтез белков и полисахаридов, основные этапы. Функции мембран в регуляции активности ферментов в клетках. Влияние факторов среды на процессы метаболизм в клетках.

#### 2. Биофизическая химия

Термодинамические расчеты биохимических реакций: теплота и свободная энергия, влияние температуры, рН и растворителя. Влияние внешней среды на стационарное состояние клетки как открытой системы. Понятие элементарных, простых и сложных реакций, закон действующих масс и его применение для кинетического описания химических процессов.

Стационарная кинетика ферментативных реакций; уравнение Михаэлиса-Ментен, физический смысл констант. Исследование ферментативных реакций в стационарном режиме, обработка и интерпретация кинетических экспериментов. Необратимая инактивация ферментов, ее кинетическое описание и исследование. Общее описание влияния рН на скорость ферментативных реакций. Влияние температуры на ферменты и скорость реакций в их присутствии. Кинетика роста популяций. Изменение плотности популяции во времени при периодическом культивировании микроорганизмов и клеток, фазы роста. Экономический и метаболический коэффициенты, конструктивный и энергетический обмен, затраты на поддержание. Математическое описание кривой роста. Влияние субстрата и продуктов на удельную скорость роста – уравнения Моно и Иерусалимского. Экспериментальная оценка и физический смысл констант уравнения Моно и Иерусалимского; интегральная форма зависимости. Математическое описание турбулярной и хемостатной культуры. Кинетическое описание смешанных культур микроорганизмов. Кинетика гибели микроорганизмов, расчет процесса стерилизации жидких сред и оборудования, критерий стерилизации. Количественное описание

образования продуктов при ферментации; кинетика накопления продуктов, связанных с ростом. Накопление вторичных метаболитов – основные качественные и количественные закономерности. Особенности исследования кинетики процессов биосинтеза, осложненных массопереносом субстрата, кислорода или продуктов. Спектроскопические методы анализа. Основные понятия. Поглощение и излучение. Закон Ламберта-Бэра. Единицы измерения. Классификация областей спектров. Флуоресцентные методы анализа. Понятие об электронной микроскопии. Приборы для спектрофотометрии. Классификация дисперсных систем, методы получения и свойства дисперсных систем, примеры биологических коллоидов. Адсорбция на поверхности жидкостей, поверхностные явления, поверхностно-активные вещества. Адсорбция из газов, жидкостей и растворов на твердых поверхностях. Основные принципы и закономерности хроматографического процесса. Практическое применение хроматографии для биохимических анализов. Электрофорез белков. Высокомолекулярные биологические коллоидные системы, свойства растворов белков и полисахаридов. Обратимая и необратимая денатурация белков, физикохимические свойства гелей, набухание гелей, диффузия в гелях.

#### IV. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Современные методы производства биологических препаратов, их особенности и сравнительная оценка. Исходные сырье и энергетические ресурсы для получения биопрепаратов. Технология и оборудование производства биопрепаратов. Формы биопрепаратов с точки зрения технологии их получения. Характеристика питательных сред для культивирования микроорганизмов и культур клеток и тканей. Виды культур клеток и тканей. Основные принципы выращивания культур клеток и тканей. Культивирование вирусов в культурах клеток, куриных эмбрионах, лабораторных животных.

Классификация биосинтеза по технологическим параметрам. Принципы организации материальных потоков: периодический, полупериодический, объемнодоливной, непрерывный. Глубинная ферментация. Массообмен. Поверхностная ферментация. Принципиальная схема глубинного культивирования. Основные типы ферментационной аппаратуры для поверхностного и глубинного культивирования. Физико-химические основы и аппаратурное оформление процессов концентрирования, выделения и очистки биотехнологических продуктов. Общность методов очистки продуктов биосинтеза, оргсинтеза и традиционных технологий на конечных стадиях получения лекарственных субстанций.

Сушка биологических препаратов. Сублимационная, распылительная и другие виды сушки. Факторы инактивации микроорганизмов при высушивании. Роль стабилизирующих сред. Способы оценки качества сухих биопрепаратов. Измельчение и гранулирование сухих биопрепаратов. Основные способы измельчения твердых тел. Влияние среды на процесс диспергирования. Физикохимические свойства измельченных порошков. Основные представления о технологии промышленного получения белка; белкововитаминные концентраты на базе гидролизатов древесины, растительных отходов, углеводов нефти, дизельного топлива, спиртов и природного газа. Механизмы регуляции биосинтеза первичных и вторичных метаболитов. Управление процессом. Микробиологическое производство аминокислот; технология получения лизина, глутаминовой кислоты и других аминокислот.

Микробиологический синтез витаминов. Основные продуценты. Схема биосинтеза и пути интенсификации процесса. Основные представления о технологии микробиологического производства удобрений. Перспективы промышленного применения методов биотехнология в народном хозяйстве. ГММ и ГМО – методы создания и современный взгляд ученых на их потенциальную опасность. Патентование и защита авторских прав в области биотехнологии.

Биотехнология для медицины. Основные представления о методах биотехнологии для терапии и диагностики. Основные представления о технологии получения антибиотиков, полусинтетических антибиотиков.

Препараты и технологии их получения из растительного сырья (атропин, морфин, кодеин, дигоксин, хинин и др.).

Препараты и технологии их получения из тканей животных и морских организмов (инсулин, паратиреоидин, панкреатин, цитарабин и др.)

Основные представления о технологии ферментных препаратов, особенности очистки и концентрирования. Полиферментные системы и их применение. Инженерная энзимология и повышение эффективности биообъектов (индивидуальных ферментов, комплексов и клеток-продуцентов) в условиях производства. Повышение качества лекарственных препаратов. Основные представления о технологии получения рекомбинантных белков для терапии (инсулин человека; гормон роста; интерфероны; интерлейкины; факторы роста, регулирующие гемопоэз - эритропоэтин, филграстим, молграмостим; антикоагулянт лепирудин (рекомбинантный вариант гирудина); фибринолитик урокиназа; тканевый активатор профибринолизина алтеплаза; противолейкемический препарат L-аспарагиназа и др.). Продуценты: прокариотические и эукариотические клетки, трансгенные животные, их преимущества и недостатки. Основные представления о использовании стволовых клеток в терапии. Иммунобиотехнология. Иммуные сыворотки. Вакцины. Рекомбинантные вакцины. Основные понятия о генотерапии и ДНК-вакцинах. Представление о способах получения и применения в терапии моноклональных антител (противоопухолевые, антитоты и др.) Препараты нормофлоры (пробиотики, микробиотики, эубиотики) - препараты на основе живых культур микроорганизмов-симбионтов. Единая система GLP, GCP, GMP при внедрении в практику и производство биотехнологических лекарственных препаратов. Основные представления о использовании рекомбинантных молекул (ДНК и белков, в т.ч. - антител) в диагностике (ПЦР, ИФА).

## V. ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

Методы приготовления экстрактов. Разделение белков путем осаждения (солями, органическими растворителями и др.). Разделение белков путем адсорбции (виды хроматографии: ионообменная, адсорбционная, аффинная и др.).

Виды и принципы разделения молекул при электрофорезе.

Определение чистоты и концентрации белков и нуклеиновых кислот.

Представление о ИФА, ПЦР анализе.

Методы контроля биотехнологических процессов. Методы определения концентрации микроорганизмов. Химический анализ основных компонентов культуральной жидкости. Контроль асептичности процессов.

Методы и приборы для контроля и регулирования технологических параметров процесса культивирования температуры, рН, содержания растворенных газов, объема и массы растворов.

Применение газового анализа, электрофореза и хроматографии для контроля производства. Методы оценки качества и состава питательных и посевных сред.

Методы определения влажности сухих биопрепаратов. Методы контроля активности биопрепаратов. Контроль чистоты стоков и выбросов в атмосферу. Методы контроля безвредности микробиологических препаратов. Стандартизация биопрепаратов. Требования к средствам измерения. Математические методы обработки экспериментальных результатов.

## VI. БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ЛИКВИДАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Особенности функционирования природных экосистем. Понятие биотрансформации, биодеструкции и биодоступности. Микроорганизмы – деструкторы.

Особенности микробиологической трансформации отдельных классов органических ксенобиотиков (разложение нефти и нефтепродуктов, биodeградация ПАВ, разложение ПАУ, биотрансформация галогенсодержащих органических соединений и др.).

Особенности микробиологической трансформации тяжелых металлов.

Биологическая очистка промышленных и природных загрязненных водных сред.

Микробиологическая переработка твердых отходов.

Биологическая очистка и дезодорация газовоздушных выбросов.

Экологические технологии в сельском хозяйстве. Фиторемедиация.

## СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

1. Биотехнология, предмет и метод исследования. Связь с другими науками. Теоретическое и практическое значение. Роль биотехнологии в научно-техническом прогрессе.
2. Трансформация, лизогения, трансдукция.
3. Современные методы производства биологических препаратов, их особенности и сравнительная оценка. Исходные сырье и энергетические ресурсы для получения биопрепаратов.
4. Функция ДНК, гистонов и РНК в клеточном метаболизме. Энзимология генетических процессов.
5. Физиология питания: элементы питания, значение их недостатка или избытка для хода процесса биосинтеза. Теория лимитирования и ингибирования роста элементами питания.
6. Современные методы производства биологических препаратов, их особенности и сравнительная оценка. Исходные сырье и энергетические ресурсы для получения биопрепаратов. Технология и оборудование производства биопрепаратов. Формы биопрепаратов с точки зрения технологии их получения.
7. Мутации, их классификация. Молекулярный механизм генных мутаций. Генетический контроль мутационного процесса.

8. Высокомолекулярные биологические коллоидные системы, свойства растворов белков и полисахаридов. Обратимая и необратимая денатурация белков, физико-химические свойства гелей, набухание гелей, диффузия в гелях.
9. Селекция. Генетические основы селекции. Генетика популяций и генетические основы эволюции. Популяция и её генетическая и экологическая структура. Наследственность, изменчивость и отбор как факторы эволюции.
10. Механизмы регуляции биосинтеза первичных и вторичных метаболитов. Управление процессом. Микробиологическое производство аминокислот; технология получения лизина, глутаминовой кислоты и других аминокислот.
11. Клетка как основа наследственности и воспроизведения. Клеточные и неклеточные формы жизни. Организация живого организма: эукариота, прокариота, вируса.
12. Основы генной инженерии. Методы выделения и синтеза генов. Получение и клонирование рекомбинантных молекул. Создание векторов на основе плазмид и вирусов.
13. Физиология энергетического обмена: использование клетками и эффективность тех или иных энергопродуцирующих процессов в зависимости от условий среды. Управление экономическим коэффициентом.
14. Основные представления о методах биотехнологии для терапии и диагностики.
15. Взаимодействие клеток и среды. Влияние внешних физических и физико-химических факторов на рост и биосинтез у микробов.
16. Единая система GLP, GCP, GMP при внедрении в практику и производство биотехнологических лекарственных препаратов.
17. Связь структуры и функции элементов клеток. Функциональная цитология, вопросы дифференциации и условия, её вызывающие.
18. Биологическая очистка и дезодорация газовоздушных выбросов.
19. Общие представления о строении и свойствах структур клеток. Связь химической природы и биологической функции биополимеров в клетке. Химическая природа белков, углеводов, липидов и нуклеиновых кислот, их структура и основные свойства. Минеральные компоненты и вода.
20. Основные представления об использовании стволовых клеток в терапии.
21. Ферменты. Их особенность как биокатализаторов, биохимическая роль. Химическая природа ферментов, активные центры. Механизм ферментативного катализа. Коферменты и витамины, роль металлов и других кофакторов в функционировании ферментов. Связь конформации и активности, обратимая и необратимая денатурация. Локализация ферментов в клетке. Внутри- и внеклеточные ферменты.
22. Биоэнергетика. Образование АТФ и других макроэнергетических соединений в клетках. Энергетический эффект цикла Кребса и гликолиза.
23. Функции и основные свойства внеклеточных гидролитических ферментов. Транспорт компонентов среды в микробную клетку. Метаболический фонд микробных клеток. Представления и закономерности реакций катаболизма, амфиболизма и анаболизма.
24. Кинетика роста популяций. Изменение плотности популяции во времени при периодическом культивировании микроорганизмов и клеток, фазы роста.
25. Биосинтез белков и полисахаридов, основные этапы. Функции мембран в регуляции активности ферментов в клетках. Влияние факторов среды на процессы метаболизма в клетках.

26. Биотехнология, предмет и метод исследования. Связь с другими науками. Теоретическое и практическое значение. Роль биотехнологии в научно-техническом прогрессе.
27. Характеристика питательных сред для культивирования микроорганизмов и культур клеток и тканей. Виды культур клеток и тканей. Основные принципы выращивания культур клеток и тканей. Культивирование вирусов в культурах клеток, куриных эмбрионах, лабораторных животных.
28. Основные представления о биосинтезе аминокислот.
29. Основные представления о технологии промышленного получения белка; белково-витаминные концентраты на базе гидролизатов древесины, растительных отходов, углеводов нефти, дизельного топлива, спиртов и природного газа.
30. Перспективы промышленного применения методов биотехнология в народном хозяйстве. ГММ и ГМО – методы создания и современный взгляд ученых на их потенциальную опасность.
31. Патентование и защита авторских прав в области биотехнологии.
32. Основные представления о технологии получения рекомбинантных белков для терапии (инсулин человека; гормон роста; интерфероны; интерлейкины; факторы роста, регулирующие гемопоэз - эритропоэтин, филграстим, молграмостим; антикоагулянт лепаирудин (рекомбинантный вариант гирудина); фибринолитик урокиназа; тканевый активатор профибринолизина алтеплаза; противолейкемический препарат L-аспарагиназа и др.). Продуценты: прокариотические и эукариотические клетки, трансгенные животные, их преимущества и недостатки.
33. Экологические технологии в сельском хозяйстве. Фиторемедиация.
34. Иммунобиотехнология. Иммунные сыворотки. Вакцины. Рекомбинантные вакцины. Основные понятия о генотерапии и ДНК-вакцинах.
35. Биологическая очистка промышленных и природных загрязненных водных сред.
36. Препараты нормофлоры (пробиотики, микробиотики, эубиотики) - препараты на основе живых культур микроорганизмов-симбионтов.
37. Особенности микробиологической трансформации отдельных классов органических ксенобиотиков (разложение нефти и нефтепродуктов, биодегградация ПАВ, разложение ПАУ, биотрансформация галогенсодержащих органических соединений и др.)
38. Особенности функционирования природных экосистем. Понятие биотрансформации, биодеструкции и биодоступности. Микроорганизмы – деструкторы.
39. Методы и приборы для контроля и регулирования технологических параметров процесса культивирования температуры, рН, содержания растворенных газов, объема и массы растворов.
40. Математические методы обработки экспериментальных результатов.
41. Представление о ИФА, ПЦР анализе.
42. Определение чистоты и концентрации белков и нуклеиновых кислот.
43. Виды и принципы разделения молекул при электрофорезе.
44. Разделение белков путем адсорбции (виды хроматографии: ионообменная, адсорбционная, аффинная и др.).
45. Методы приготовления экстрактов.
46. Измельчение и гранулирование сухих биопрепаратов. Основные способы измельчения твердых тел. Влияние среды на процесс диспергирования.



47. Сушка биологических препаратов. Сублимационная, распылительная и другие виды сушки. Факторы инактивации микроорганизмов при высушивании. Роль стабилизирующих сред. Способы оценки качества сухих биопрепаратов.
48. Классификация биосинтеза по технологическим параметрам. Принципы организации материальных потоков: периодический, полупериодический, объемно-доливной, непрерывный.
49. Определение чистоты и концентрации белков и нуклеиновых кислот.
50. Сравните кривые роста микроорганизмов при получении первичных и вторичных метаболитов в биотехнологическом производстве.
51. Известно, что из растения *Digitalis lanata* можно синтезировать как токсичный дигитоксин, так и менее токсичный дигоксин. Возможно ли преобразование дигитоксина в дигоксин с помощью биотехнологии?
52. Как известно, производство витамина B12 относится к чисто биотехнологическому способу его получения, когда в качестве продуцента данного витамина используются пропионовые бактерии. Предложите оптимальный метод ферментации и условий ее проведения.
53. Организация любого биотехнологического производства лекарственных средств предполагает подготовительный и основной этапы работы. Какие виды работ необходимо провести в данном случае?
54. Проведите сравнительную характеристику каллусных и суспензионных культур при использовании их в качестве субстрата для получения БАВ биотехнологическими методами.
55. Суперпродуцент – это биообъект промышленного использования. Как можно получить его и какими свойствами он должен обладать в отличие от природного штамма культуры?
56. В настоящее время к тетрациклину имеется очень высокий уровень резистентности. Как Вы можете объяснить данную ситуацию и можно ли предложить способы преодоления этого негативного явления?
57. Для эффективного проведения биотехнологического процесса большое значение имеет питательная среда, в которой микроорганизмы-продуценты БАВ используют в качестве источника азота различные азотсодержащие соединения, содержащие аминный азот или ионы аммония. Какие условия проведения ферментации по источнику азота при получении антибиотиков будут являться оптимальными?
58. Проанализируйте преимущества биотехнологического производства витаминов на конкретных примерах.
59. Для оптимизации процесса биосинтеза пенициллина в питательную среду добавляют аминокислоты. Как это может отразиться на количественном выходе целевого продукта, если добавить лизин в значительных концентрациях?
60. Основы генной инженерии. Методы выделения и синтеза генов. Получение и клонирование рекомбинантных молекул. Создание векторов на основе плазмид и вирусов.

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ ПОСТУПАЮЩЕГО**

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по пятибалльной шкале.

Каждый вопрос на вступительном испытании оценивается отдельно:  
полный правильный ответ – 5 баллов,  
правильный, но неполный – 4 балла,  
неполный с искажением сути отдельных положений – 3 балла,  
отказ от ответа, полное искажение сути ответа на вопрос – 2 балла.

В протоколе заседания экзаменационной комиссии отмечают средний балл оценки по всем заданным вопросам, итоговый балл оценки, округленный по общепринятым математическим правилам.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания: 3 балла; для суммы вступительных испытаний: 6 баллов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Албертс, Б. Молекулярная биология клетки / Б. Албертс, Д. Брей, Дж. Льюис, М. Рэфф, К. Робертс, Дж. Уотсон. - Москва : Мир, 2013. тт.1-3.
2. Антибактериальная терапия. Практическое руководство / Под редакцией Л.С. Стречунского, Ю.Б. Белоусова, С.Н. Козлова. - Москва, 2000. - 190 с.
3. Биотехнология: теория и практика. Учебное пособие / Н.В. Загоскина, Л.В. Назаренко, Е.А. Калашникова, Е.А. Живухина / Под редакцией Н.В. Загоскиной. - Москва : Оникс, 2009. - 496 с.
4. Биотехнология: учебник / И.В. Тихонов, Е.А. Рубан, Т.Н. Грязнева и др. / Под ред. Е.С. Воронина. - Санкт – Петербург : ГИОРД, 2008. - 704 с.
5. Бирюков, В. В. Основы промышленной биотехнологии / В.В. Бирюков. - Москва : Колос, 2004. - 296 с.
6. Глик, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Б. Глик, Дж. Пастернак. Перевод с английского. – Москва : Мир, 2002. - 589 с.
7. Егоров, Н. С. Основы учения об антибиотиках / Н.С. Егоров. – Москва : Наука, 2004.- 525 с.
8. Егорова, Т. А. Основы биотехнологии / Т.А. Егорова, С.М. Клунова, Е.А. Живухина. - Москва : Академия, 2008. – 208 с.
9. Зайцев, В. М. Прикладная медицинская статистика / В.М. Зайцев. – Санкт- Петербург : Фолиант, 2003.
10. Клеточные технологии / Под редакцией В.А. Козлова, С.В. Сенникова, Е.Р. Черных. Новосибирск : Наука. 2009. - 300 с.
11. Кузнецов, А. Е. Научные основы экологической биотехнологии / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова. - Москва : Мир, 2003. - 159 с.
12. Медик, В. А. Статистика в медицине и биологии: В 2-х книгах / В.А. Медик, М.С. Токмачев, Б.Б. Фишман. – Москва : Медицина, 2000.
13. Медицинская вирусология: Руководство / Д.К. Львов. - Москва : Медицинское информационное агентство, 2008. - 640 с.
14. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология. В 2-х томах / Под редакцией В.В. Зверева. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2010.
15. Медуницын, Н. В. Вакцинология / Н.В. Медуницын. – Москва : Триада-Х, 2010. - 507 с.
16. Нельсон, Д. Основы биохимии Ленинджера. В 3-х томах / Д. Нельсон. - Москва : Бином, 2011.

17. Сазыкин, Ю. О. Биотехнология / Ю.О. Сазыкин, С.Н. Орехов, И.И. Чакалева. – Москва : Академия, 2008. – 256 с. – Текст : электронный – URL : <https://library.tou.edu.kz/fulltext/buuk/b1031.pdf>
18. Спирин, А. С. Молекулярная биология: рибосомы и биосинтез белка / А.С. Спирин.- Москва : Лаборатория знаний, 2022. – 591 с.
19. Щелкунов, С. Н. Генетическая инженерия / С.Н. Щелкунов. - Новосибирск, 2004. - 496 с.

Согласовано:

Зав. отделом аспирантуры



Т.Ю. Болдырева

Программа утверждена на заседании

Ученого совета ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора

Протокол № 10 от «15» 08 2022 г.