

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Кемеровский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор КемГУ

Ю.Н. Журавлев



« 04 » 2023 г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальности

1.5.6. Биотехнология

Группа научных специальностей

1.5. Биологические науки

Кемерово 2023

Программа составлена на основании паспорта научной специальности

1.5.6 Биотехнология биологические науки

Разработчик: Заушинцена А.В., д.б.н., профессор

Программа утверждена на заседании Ученого совета института биологии, экологии и природных ресурсов. Протокол № 8 от 28 марта 2022 г.

1. Общие положения

Программа кандидатского экзамена по специальности «1.5.6. Биотехнология» предназначена для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче кандидатского экзамена.

Кандидатский экзамен представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация. Сдача кандидатского экзамена по специальности обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

Кандидатский экзамен сдаётся в соответствии с научной специальностью и отраслью науки, предусмотренными номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утверждаемой Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (далее соответственно - научная специальность, номенклатура), по которым осуществляется подготовка (подготовлена) диссертации.

Для проведения экзамена приказом ректора (курирующего проректора) создается экзаменационная комиссия, которая формируется из высококвалифицированных научно-педагогических и научных кадров, осуществляющих научную деятельность в соответствии с паспортом научной специальности. Комиссия правомочна принимать кандидатский экзамен, если в её заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук.

Кандидатский экзамен проводится по билетам. Решение экзаменационных комиссий оформляется протоколом, в котором указываются шифр и наименование научной специальности и отрасли науки, по которым сдан кандидатский экзамен; оценка уровня знаний; фамилия, имя, отчество (последнее - при наличии), ученая степень каждого члена экзаменационной комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протоколы заседаний экзаменационных комиссий после утверждения ректором (курирующим проректором) хранятся по месту сдачи кандидатского экзамена. Сдача кандидатского экзамена подтверждается выдаваемой на основании решения экзаменационной комиссией справки установленной КемГУ формы.

2. Содержание программы

1. Генетические, селекционные и иммунологические исследования в прикладной микробиологии, вирусологии и цитологии.

Биотехнология как наука. Основные направления и задачи современной биотехнологии. Решение теоретических и практических проблем методами биотехнологии. Мировые тенденции в развитии биотехнологий. Результаты и достижения в области развития биотехнологий в Российской Федерации. Цветовая классификация профильных направлений биотехнологии: красная (red), желтая (yellow), синяя (blue), зеленая (green), коричневая (brown), темная (dark), розовая (purple), белая (white), золотая (gold), серая (grey). Полидисциплинарность современных биотехнологий. Биотехнология

как направление научно-технического прогресса, опирающееся на междисциплинарные знания – биологические (генетика, биохимия, биофизика, микробиология, вирусология, физиология клеток растений и животных).

Биотехнология дрожжей и прокарриот. Биотехнология растений. Тканевая, клеточная суспензионная генетическая инженерия растений. Актуальные вопросы молекулярной биологии. Классические методы идентификации микроорганизмов. Химические методы идентификации микроорганизмов. Радиометрия. Радиоиммунологический анализ. Методы ПЦР-анализа и ДНК-диагностики.

Селекция, генетические основы селекции. Понятие о генотипе и фенотипе. Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. Рекомбинация. Понятие о генетике популяций и популяционной изменчивости. Методы селекции. Селекция микроорганизмов. Производственный ферментатор, как экологическая ниша.

Иммунология. Естественный иммунитет. Коммуникации иммунной системы – цитокины и белки ГКГС или HLA (главный комплекс гистосовместимости). Цитокины и их клеточные рецепторы.

2. Исследование и разработка требований к сырью (включая вопросы его предварительной обработки), биостимуляторам и другим элементам.

Сырье и питательные среды в микробиологических производствах: минеральное, животного и растительного происхождения, синтезированное химическим путем. Органические вещества, включая первичные и вторичные продукты фотосинтеза, запасы органических веществ в недрах Земли, минеральное сырье полезных ископаемых, сырье растительного происхождения. Кристаллическая глюкоза. Техническая сахароза. Гидроль. Крахмал. Жидкий парафин. Уксусная кислота. Спирт этиловый, синтетический. Свекловичная меласса. Мелассная барда. Зерно-картофельная барда. Отходы пивоварения (пивная дробина и солодовые ростки). Пшеничные отруби. Ацетонобутиловая барда. Кукурузный экстракт. Молочная сыворотка. Водная вытяжка солодовых растворов. Соевая мука Сапропели и их гидролизаты. Серная кислота. Ортофосфорная кислота. Соляная кислота. Сульфат аммония. Диааммонийный сульфат. Хлористый калий. Сульфат магния. Синтетические пеногасители. Жир кашалотовый. Мел. Аммиак и аммиачная вода. Формалин. Антиформин. Четвертичные аммонийные соединения. Вода, источники азота, источники фосфора, источники витаминов, микроэлементов и других регуляторов роста. Питательные среды для биотехнологии микроорганизмов. Требования, предъявляемые к средам. Классификация питательных сред. Исходные компоненты. Консистенция (степень плотности). Состав. Назначение. Этапы приготовления питательной среды. Методы стерилизации посуды и питательных сред. Условия культивирования микроорганизмов. Белковые, синтетические питательные среды, полусинтетические, казеиновые, растительные. Классификация способов культивирования микроорганизмов по способу действия (периодический, непрерывный и промежуточные).

3. Изучение и разработка технологических режимов выращивания микроорганизмов-продуцентов, культур тканей и клеток растений и животных для получения биомассы, ее компонентов, продуктов метаболизма, направленного биосинтеза биологически активных соединений и других продуктов, изучение их

состава и методов анализа, технико-экономических критериев оценки, создание эффективных композиций биопрепаратов и разработка способов их применения.

Основные стадии технологического режима выращивания микроорганизмов-продуцентов: приготовление питательной среды; получение посевного материала; культивирование микроорганизмов; выделение целевого продукта; очистка целевого продукта.

Приготовление питательной среды. Получение посевного материала. Культивирование. Выделение продукта: фильтрация, флотирование, сепарирование, автолиз, осаждение, экстракция, кристаллизация, центрифугирование, ультрафильтрация.

Очистка – сорбция (связывание) каолином, трифосфатом кальция, гидроксидом алюминия и другими адсорбентами.

Изучение и разработка технологических режимов выращивания культур тканей и клеток растений. История развития метода клеточной инженерии растений. Направления клеточной инженерии растений. Клетка – основа жизни биологических объектов. Клетка как основа наследственности и воспроизведения. Строение ядра и его роль в наследственности. Химический состав клетки (нуклеиновые кислоты, белки, полисахариды, липиды, нуклеопротеиды, гликопротеиды, липопротеиды, пептидогликаны, полифосфаты, минеральные компоненты и вода). Строение и функции клетки (различия клеток прокариот и эукариот). Обмен веществ как совокупность пластического и энергетического обменов. Жизненный цикл клеток и типы клеточного деления у растений (амитоз, митоз, мейоз). Законы Менделя и их интерпретация с точки зрения хромосомной теории наследственности. Наследственность и изменчивость. Формы изменчивости.

Молекулярные основы генетической инженерии. Прикладное значение генной инженерии для биотехнологии. Молекулярные основы наследственности. Природа генетического материала. Особенности строения генетического материала про- и эукариот. Транскрипция ДНК, ее компоненты. РНК-полимераза и промотор. Трансляция, ее этапы, функция рибосом. Генетический код и его свойства. Репликация ДНК и ее генетический контроль. Рекомбинация, ее типы и модели. Механизмы репарации ДНК. Взаимосвязь процессов репликации, рекомбинации и репарации.

Мутационный процесс. Роль биохимических мутантов в формировании теории «один ген – один фермент». Классификация мутаций. Спонтанный и индуцированный мутагенез. Классификация мутагенов. Молекулярный механизм мутагенеза. Идентификация и селекция мутантов. Супрессия: внутригенная, межгенная и фенотипическая.

Плазмиды, их строение и классификация. Физический анализ структуры гена. Рестрикционный анализ. Методы секвенирования. Выявление функции гена.

Механизм генных мутаций, генетический контроль. Ферменты рестрикции и модификации. Выделение и клонирование генов. Векторы для молекулярного клонирования. Принципы конструирования рекомбинантных ДНК и их введения в реципиентные клетки.

Внехромосомные генетические элементы. Этапы создания трансгенных организмов. Генетическая инженерия прокариот.

Методы генетической инженерии растений. Использование Ti-плазмид *Agrobacterium tumefaciens* и Ri-плазмид *A. rhizogenes* для создания трансгенных растений. Создание трансгенных растений, способствующих очистке территорий от загрязняющих

веществ. Встраивание в геном растений гена белка животного происхождения аллотионеина, способного связывать многие тяжелые металлы с целью создания трансгенных растений, устойчивых к токсичности тяжелых металлов (кадмия, цинка, кобальта, свинца и других).

Производство микробных препаратов для растениеводства. Биотехнологии бактериальных и грибных средств защиты растений от вредных насекомых (инсектициды, фунгициды). Биотехнологии антибиотиков против корневой гнили и мучнистой росы. Биотехнологии бактериальных удобрений. Производство стимуляторов роста растений гормональной природы. Достижения биотехнологии в области создания свободного от вредной микрофлоры посадочного материала (рассады).

4. Изучение и разработка процессов и аппаратов микробиологического синтеза, включая физико-химическую кинетику, гидродинамику, массо- и теплообмены в аппаратах для ферментации, сгущение биомассы, разделения клеточных суспензий, сушки, грануляции, экстракции, выделения, фракционирования, очистки, контроля и хранения конечных целевых продуктов. Разработка теории моделирования, оптимизации и масштабирования процессов и аппаратов микробиологического синтеза.

Процессы в промышленной микробиологии: биосинтез, трансформация. Целевые продукты: первичные и вторичные метаболиты (нуклеиновые кислоты, ферменты, аминокислоты, антибиотики, нуклеозиды, нуклеотиды; алкалоиды, гибберелины, гликаны, гликонъюгаты, органические кислоты, спирты, липиды, пептидные гормоны). Трансформация: неорганические вещества (обнаружение металлов, обогащение металлов); органические вещества (компостирование отходов, получение биогаза; детоксикация, дезодорация и обезвреживание, например, ПАВ; Определение (анализ) веществ по продуктам трансформации; кисломолочные продукты и сыры; квашение и соление овощей; силосование; ферментация чая, табака, кофе, какао, маслин; пивоварение, виноделие, винокурение и др.). Преимущества и недостатки микробного синтеза. Основные технологические показатели биосинтеза БАВ. Основные технологические стадии микробиологического синтеза БАВ: предферментация, длительность экспозиции. Возможные способы выделения целевого продукта: культуральная жидкость. Концентрирование, Фильтрация. Биомасса. Экстракция. Дезинтеграция клеток. Фракционирование.

Аппаратурное оформление микробиологических производств. Оборудование для разделения микробных суспензий, жидкой и твердой фазы (центрифуги осадительного и фильтрующего типа с периодической и непрерывной выгрузкой осадка; суперцентрифуги, сепараторы для фильтрования и отжима осадков).

Оборудование для концентрирования культуральных жидкостей и нативных растворов вакуум-выпариванием (аппараты с восходящей и падающей пленкой; роторно-пленочные испарители).

Оборудование для проведения процессов осаждения (влияние начальной концентрации осаждаемого вещества, температуры на скорость образования осадка).

Оборудование для проведения процессов экстракции из твердой фазы и органическим растворителем (влияние соотношения фаз на эффективность процесса).

Оборудование для баромембранного разделения и очистки продуктов биосинтеза и воздуха (микрофльтрация, ультрафльтрация, обратный осмос, селективность баромембранных процессов; концентрация гелеобразования).

Оборудование для хроматографического концентрирования и разделения компонентов нативного раствора (ионный обмен и гельфльтрация; очистка продуктов биосинтеза на гидрофобных сорбентах).

Оборудование для сушки биотехнологической продукции (сушилки распылительные, вальцево-ленточные, барабанные, кипящего слоя, пневматические, сублимационные, вакуумные, вакуумные с подбросом давления).

Оборудование для очистки газо-воздушных выбросов и сточных вод (трубы Вентури, скрубберы мокрой очистки, отстойники, биофильтры, аэротенки, окситенки, метанотенки).

5. Разработка принципов регулирования, контроля и автоматического управления процессами биосинтеза, включая создание приборов и компьютеризированных систем для измерения различных параметров.

Контролируемые параметры при выращивании клеток прокариот и эукариот в биореакторах: коэффициент заполнения, мощность и скорость вращения мешалки, redox-потенциал, количество растворенного кислорода, количество растворенного CO₂, обнаружение пены, регулирование пенообразования, потребление глюкозы, азота, количество биомассы, температура, скорость потока газа. Скорость добавления потока питательных веществ, давление, вязкость, pH, отбор (слив) культуральной жидкости, ферментативная активность, антибиотическая активность, определение ДНК и РНК, определение АТФ.

Методы контроля микробиологического процесса: физический (светооптический), механический (внешний – регулирование уровня, динамометрический датчик, температура, торсионная динамометрия, внутренний – тензодатчик, расходомеры тахометрия, ротаметры, расходомеры, счетчик капель, динамометрические датчики, манометрия, вискозиметрия), физический (электропроводность, определение окислительно-восстановительного потенциала, спектрофотометрия, нефелометрия, термометрия,), физико-химический (ИК- электрохимический, спектрометрия и др.), биохимический, химический.

Создание и эксплуатация приборов систем измерения физических, физико-химических, биохимических и физиологических параметров, компьютеризированных биотехнологических комплексов.

6. Разработка принципов и алгоритмов для проектирования и создания оптимальных компьютеризированных систем управления биотехнологическими процессами.

Классификация систем автоматизированного управления (АСУ). Статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления.

Типовые динамические звенья систем управления. Синтез системы автоматического управления.

Этапы компьютерного моделирования биотехнологических процессов: 1. определение объекта – установление границ, ограничений и измерителей эффективности функционирования объекта. 2. Формализация объекта (построение модели) – переход от

реального объекта к некоторой логической схеме (абстрагирование). 4. Определение объекта – установление границ, ограничений и измерителей эффективности функционирования объекта. 5. Формализация объекта (построение модели) - переход от реального объекта к некоторой логической схеме (абстрагирование). 6. Подготовка данных – отбор данных, необходимых для построения модели, и представление их в соответствующей форме. 7. Разработка моделирующего алгоритма и программы ЭВМ. 8. Оценка адекватности – повышение до приемлемого уровня степени уверенности, с которой можно судить относительно корректности выводов о реальном объекте, полученных на основании обращения к модели. 9. Стратегическое планирование – планирование вычислительного эксперимента, который должен дать необходимую информацию. 10. Тактическое планирование - определение способа проведения каждой серии испытаний, предусмотренных планом эксперимента. 11. Экспериментирование – процесс осуществления имитации с целью получения желаемых данных и анализа чувствительности. 12. Интерпретация – построение выводов по данным, полученным путем имитации. 13. Документирование – регистрация хода осуществления процесса компьютерного моделирования и его результатов, а также документирование этого процесса.

Методология компьютерного моделирования. Математическое моделирование процессов биотрансформации и биокатализа. Математическое моделирование мембранных процессов в биотехнологии.

7. Разработка новых технологических процессов на основе микробиологического синтеза, биотрансформации, биокатализа, иммуносорбции, биодеструкции, биоокисления и создание систем биокомпостирования различных отходов, очистки техногенных отходов (сточных вод, газовых выбросов и др.).

Микробиологический синтез для получения углеводов, жиров, органических кислот, дрожжей кормовых. Система биотрансформации ксенобиотков. Биокатализаторы возобновляемого сырья, деградируемого в окружающей среде. Типы реакций, используемые в биокатализе. Получение L-аспарагиновой кислоты.

Сорбция. Механизмы сорбционных процессов. Основы ионного обмена. Классификация ионо-обменных материалов. Синтез ионо-обменных смол. Ионообменная сорбция в процессах выделения аминокислот, пептидов и белков.

Биотехнологии для пищевой промышленности. Микробиологическое производство индивидуальных органических кислот (лимонная, яблочная, аспарагиновая кислоты). Микробиологическое производство ферментных препаратов. Использование ферментов микробного происхождения для пищевой промышленности: производство пищевого этанола, виноматериалов, пива, хлебопекарских дрожжей; производство ферментных препаратов (ренниноподобные протеиназы, глюкоизомеразы, бета-галактозидазы, бетафруктофуранозидазы); производство препаратов, основанное на переработке биологического сырья, в том числе и биомасс промышленных микроорганизмов (препараты биологически активных добавок, содержащих смеси аминокислот, пептидов, витаминов и микроэлементов; пищевкусовые добавки; концентраты и изоляты белковых веществ); производство подсластителей- заменителей сахара (глюкозо-фруктозные сиропы, аспартам); производство консервантов (низина)

Биотехнологии получения энергоносителей для энергетики. Микробиологическое производство возобновляемых источников энергии: низших спиртов, ацетона, метана,

биоконверсией органических отходов и растительного сырья. Микробиологическое производство водорода.

Биотехнологии для нефте- и горнодобывающей и обогащательной промышленности. Геомикробиология и экология нефте- и угледобычи. Бактериальное выщелачивание химических элементов из руд, концентратов и горных пород, обогащение руд, биосорбция металлов из растворов. Удаление серы из нефти и угля. Повышение нефтеотдачи. Удаление метана из угольных пластов. Подавление биокоррозии нефтепроводов. Производство био- и фоторазлагаемых конструкционных пластмасс для промышленной энергетики.

Биотехнологические методы защиты окружающей среды (экологическая биотехнология). Антропогенные факторы химического и биологического загрязнения окружающей среды. Органические ксенобиотики, соединения азота, серы, фосфора, тяжелые металлы и радионуклиды. Биологические методы для решения задач охраны окружающей среды. Основные биохимические пути микробиологической трансформации загрязняющих веществ. Микроорганизмы — биодеструкторы. Биологическая очистка сточных вод. Принципиальные схемы очистных сооружений. Основные принципы работы, методы и сооружения аэробной и анаэробной биологической очистки сточных вод и переработки промышленных отходов. Утилизация диоксида углерода с помощью микроорганизмов. Биологические методы очистки воздуха. Биологическая дезодорация газов. Основные методы и принципиальные конструкции установок. Биоремедиация и биологическая очистка природных сред. Основные подходы. Создание технологий для восстановления окружающей среды с использованием генно-инженерномодифицированных микроорганизмов. Разработка биотехнологических способов уничтожения химического оружия.

Биотрансформация металлов. Биотрансформация соединений серы. Создание замкнутых технологических схем микробиологического производства, последние с учетом вопросов по охране окружающей среды.

Биодеструкция. Микроорганизмы-биодеструкторы органических и неорганических отходов. Биоразлагаемые полимеры. Биоремедиация нефтезагрязнений с помощью микроорганизмов-деструкторов углеводородов.

Биоокисление с помощью ассоциации метаногенных микроорганизмов в анаэробных условиях. Особенности биотехнологии на основе биоокисления. Проблема экологической безопасности и защиты окружающей среды от промышленных экотоксикантов.

8. Разработка научно-методических основ для применения стандартных биосистем на молекулярном, клеточном, тканевом и организменных уровнях в научных исследованиях, контроле качества и оценки безопасности использования пищевых, медицинских, ветеринарных и парфюмерно-косметических биопрепаратов.

Уровни организации живой материи: молекулярный, субклеточный (органойды), клеточный, тканевой, органный, организменный (онтогенетический), популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный. Элементарная единица уровня жизни. Энергия. Воспроизведение генетического кода. Самовоспроизведение, самообновление и саморегуляция. Признаки жизни: дискретность и целостность; структурная организация; иерархическая соподчиненность; обмен веществ и энергии; репродукция; наследственность и изменчивость; рост и развитие; раздражимость; внутренняя регуляция; гомеостаз.

Нормативно-техническая документация в производстве биотехнологических продуктов. Государственные и отраслевые документы. Система документации предприятия.

Документация контроля качества биофармацевтической продукции. Технологический и технический регламенты. Государственная Фармакопея, Фармакопейная статья.

Документация системы менеджмента качества в общем документообороте организации (вторая часть). Международный стандарт ISO (ИСО) 9001:2008. Концепция НАССР (ХАССП).

Надлежащая лабораторная, производственная и клиническая практика, единая система GLP-GCP и GMP для производства и контроля качества лекарственных веществ (применительно к препаратам, полученным биотехнологическими методами).

Определение системы GLP-GCP и GMP. Правила организации лабораторных исследований GLP. Правила организации клинических испытаний GCP

Содержание правил GMP применительно к биотехнологическому производству. Правила GMP и меры безопасности при работе с рекомбинантными штаммами-продуцентами.

Защита интеллектуальной собственности при создании инновационных биотехнологических продуктов. Биотехнологические продукты новых поколений. Основы патентного законодательства, объекты охраны промышленной собственности и авторского права.

Требования к оформлению нормативно-технической документации на биопрепараты отечественного и импортного производства.

Источники опасности на биотехнологических производствах. Общие требования к биобезопасности. Контроль и обеспечение безопасных условий

Эксплуатации биотехнологического производства.

Общие требования к обезвреживанию отходов биотехнологических производств.

Экологически безопасная технологическая схема опытного производства. Основные технические характеристики и потребительские свойства биотехнологических продуктов.

9. Технология рекомбинантных ДНК, гибридная технология. Биотехнология животных клеток, иммунная биотехнология.

Достижения генной инженерии в создании и разработке технологий рекомбинантных ДНК. Этапы технологии рекомбинантных ДНК: выделение из клеток и очистка молекул ДНК или РНК; изолирование интересующего фрагмента нуклеиновой кислоты; мультипликация изолированного фрагмента; анализ последовательностей интересующего фрагмента (определение последовательности нуклеотидов, определение экспрессии и позиции гена в геноме). Типы молекулярных векторов. Векторы экспрессии. Векторные молекулы ДНК: плазмиды, векторы на основе фага λ . ДНК, космиды, фосмиды, фагмиды. Гибридная технология.

Технологии лекарственных препаратов на базе стабильных адресных липосом. Конструирование и производство генно-инженерного инсулина. Другие генноинженерные лекарства и препараты. Производство иммуномодуляторов, иммуностимуляторов и иммунодепрессантов. Микробиологическое производство антибиотиков различных классов для медицины. Полусинтетические антибиотики. Микробиологическое производство витаминов для здравоохранения. Технологии продуктов трансформации органических соединений ферментами микробных клеток: сорбит в производстве

аскорбиновой кислоты; гидрокортизон и превращение его в преднизолон; продукты дегидрирования, восстановления и гидроксирования стероидов; продукты окисления производных индола и пиридина. Технологии культивирования *in vitro* клеток и тканей растений для получения фитопрепаратов и лечебно-профилактических добавок.

Биотехнология животных клеток. Трансгенная биотехнология животных. Методы: использование ретровирусных векторов; микроинъекции ДНК, использование стволовых клеток, перенос ядра и с помощью искусственных дрожжевых хромосом. Трансгенные животные – перспективные продуценты лекарственных белков на основе генов человека, модель генетических заболеваний, разработка методов генной терапии, источник органов для пересадки человеку.

Иммунная биотехнология. Монофакторные и полифакторные заболевания. Стадии клинических испытаний. Результаты. Проблема использования вируса в качестве переносчика гена человеку.

10. Биотехнология в воспроизводстве и селекции животных, гормональная регуляция; получение трансгенных животных.

Эндокринный контроль воспроизводительной функции. Регулирование полового цикла у животных. Клеточная биотехнология. Трансплантация эмбрионов. Извлечение и пересадка эмбрионов. Оплодотворение яйцеклеток вне организма. Капацитация сперматозоидов. Оплодотворение *in vitro* и обеспечение формирования эмбрионов. Межвидовые пересадки эмбрионов и получение химер. Клонирование животных. Получение трансгенных животных методом введения чужеродного гена в организм. Трансгенные животные с хозяйственно-ценными признаками. Трансгенные животные с устойчивостью к заболеваниям. Производство фармакологических белков.

11. Биотехнология препаратов для животноводства и ветеринарии.

Биотехнологическое получение белков, ферментов, антибиотиков, витаминов, интерферона. Белок животного происхождения. Получение ферментных препаратов. Типовые схемы получения ферментов: получение активных продуцентов (музейной культуры) и поддержание их в активном состоянии; получение посевного материала (ПМ); приготовление питательных сред; производственное культивирование; получение стандартного ферментного препарата и его стабилизация осуществляются путем очистки, концентрирования, высушивания и стандартизации.

Получение антибиотиков: подготовка среды, подготовка посевного материала, ферментация, отделение биомассы, выделение и очистка антибиотика, сушка, или обезвоживание, антибиотика, контроль стерильности, фасование, фармакологический контроль.

Витамины. Получение витамина В₁₂ на основе *Propionibacterium*, а также *Pseudomonas* и смешанные культуры метанобразующих бактерий. Стадии микробиологического синтеза:

Получение эргостерина. Продуценты эргостерина – *Saccharomyces*, *Rhodotoryla*, *Candida*.

Получение генно-инженерного продукта интерферонов – перспективная альтернатива традиционным методам выделения интерферонов.

Источники литературы

1. Биоресурсы и биотехнологии. Основы биотехнологии: учеб. пособие / Ю. Г. Максимова, А. Ю. Максимов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2019 – 104 с.: ил.
2. Дворецкий С.И., Егоров А.Ф., Дворецкий Д.С. Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 224 с.
3. Глик Б., Пастернак Дж.. Молекулярна биотехнология. Принципы и применение. М., Мир, 2002. 2. Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия. М., Бином, 2014.
4. Жимулев И.А. Общая и молекулярная генетика / Новосибирск: Новосибирское университетское издание, 2004. 384 с.
Загоскина Н.В., Назаренко Л.В., Калашникова Е.А., Живухина Е.А.. Биотехнология: теория и практика. М., ОНИКС, 2009.
Иванова Л.А. Пищевая биотехнология: учебное пособие. Кн. 2. Переработка растительного сырья / Л. А. Иванова, Л. И. Войно, И. С. Иванова. - М.: КолосС, 2008. - 472 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
Льюин Б., Кассимерис Л., Лингаппа В.П., Плоппер Д. Клетки. М.: Бином. 2013.
Маннапова, Р. Т. Микробиология и иммунология. Практикум. / Р.Т. Маннапова. М.: Изд-во ГЭОТАР-Медиа, 2013. 544 с.
Иммуно- и нанобиотехнология / Э.Г. Деева, В.А. Галынкин, О.И. Киселев и др. – СПб.: Проспект Науки, 2008. 215 с.
Нетрусов А. И. Введение в биотехнологию: учебник для вузов по направлению "Биология" и смежным направлениям - М.: Академия, 2014. 288 с.
Патрушев Л.И. Искусственные генетические системы. Т.1: Генная и белковая инженерия. М., Наука, 2004.
Уилсон К., Уолкер Дж. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. М., Бином, 2013.
Чхенкели, В. А. Биотехнология: учебное пособие / В. А. Чхенкели. - СПб.: Проспект науки, 2014. 335 с.
Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 325 с.
Шугалей, И. В. Химия белка (учебник) / И.В. Шугалей, И.В. Целинский, А.В. Гарабаджиу - СПб.: «Проспект Науки». – 2011. 200 с.

Дополнительная литература

Государственная фармакопея Российской Федерации (XII издание). – М.: «Научный центр экспертизы средств медицинского применения», 2008. 704 с.

Интернет-ресурсы

Патентные базы данных:

<http://www.uspto.gov>; <http://ep.espacenet.com>; <http://www.derwent.com>.

Нормативное обеспечение биотехнологических производств. – Режим доступа: <http://bio-x.ru/articles/normativnoe-obespechenie-biotehnologicheskikh-proizvodstv>

Поиск информации в электронных библиотеках:

WEB of Science, WOS <http://www.chemweb.com>,

Электронная библиотека РФФИ e-library <http://elibrary.ru> <http://e-library.ru>

Scirus <http://www.scirus.com>

Scencedirect <http://www.sciencedirect.com>

PubMed, PubMedCentral, Biomedcentral <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov> <http://www.biomedcentral.com>
CAS <http://www.cas.org> <http://www.chemport.org> <http://www.chemistry.org>
<http://www.pubs.acs.org>
CiteXplore <http://www.ebi.ac.uk/citexplore>
CSA <http://www.csa.com>

Сайты международных издательств научной литературы (ACS, RSC, J. Wiley IS, M. Dekker, Elsevier, Taylor & Francis Web site, CRC Press Web site).

Микробиологический синтез – основа биотехнологических производств. Модели кинетики роста микроорганизмов в биохимических реакторах. Рост и развитие микробной популяции. Модели зависимости скорости роста микроорганизмов от концентрации субстрата. Модели зависимости скорости

роста микроорганизмов от концентрации продукта метаболизма. Многофакторные модели. Отмирание биомассы (диссимиляция). Зависимость скорости роста микроорганизмов от температуры. Модели зависимостей скорости роста микроорганизмов от величины рН. Математические модели процессов биосинтеза продуктов метаболизма как функции удельной скорости роста. субстрат-зависимые математические модели кинетики биосинтеза продуктов метаболизма. Модели биосинтеза продукта, основанные на оценке возраста культуры микроорганизмов. Модели кинетики деградации (инактивации) продуктов метаболизма. Модели кинетики потребления субстрат. Блочный подход к моделированию процессов ферментации. Модели кинетики роста микроорганизмов в биореакторах периодического действия. Моделирование кинетики роста микроорганизмов в биореакторах непрерывного действия. Масштабирование биотехнологических процессов.

Аппараты для микробиологического синтеза: промышленные биореакторы, ферментаторы, контрольно-измерительные приборы (автоматическое регулирование температуры, рН ферментационной среды, расхода воздуха, уровня пены, а также контроль давления, уровня жидкости, температуры и рН среды).

4. Разработка принципов регулирования, контроля и автоматического управления процессами биосинтеза, включая создание приборов и компьютеризированных систем для измерения различных параметров.

Автоматическое управление процессами биосинтеза

3. Изучение и разработка технологических режимов выращивания микроорганизмов-продуцентов, культур тканей и клеток растений и животных для получения биомассы, ее компонентов, продуктов метаболизма, направленного биосинтеза биологически активных соединений и других продуктов, изучение их состава и методов анализа, технико-экономических критериев оценки, создание эффективных композиций биопрепаратов и разработка способов их применения.

КЛАССИФИКАЦИЯ, СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ. Биологически активные вещества. Единицу биологической активности. Природные БАВ. Экзогенно-природные БАВ. Микотоксины. Душистые вещества. Белки. Протеины. Протеиды. Витамины. Липиды. Ферменты. Фитогормоны. Лекарственные препараты.

4. Изучение и разработка процессов и аппаратов микробиологического синтеза, включая физико-химическую кинетику, гидродинамику, массо- и теплообмены в аппаратах для ферментации, сгущение биомассы, разделения клеточных суспензий, сушки, грануляции, экстракции, выделения, фракционирования, очистки, контроля и хранения конечных целевых продуктов. Разработка теории моделирования, оптимизации и масштабирования процессов и аппаратов микробиологического синтеза.

Технология микробного синтеза. Биологические агенты. Получение стерильного воздуха.

Промышленные способы культивирования микроорганизмов. Выделение продуктов микробного синтеза. Производство белка одноклеточных. Технологии ферментных препаратов. Производство антибиотиков. Микробиологические средства защиты растений. Бактериальные удобрения. Витамины. Производство лимонной кислоты. Технология микробного жира. Микробиологический синтез полисахаридов и нуклеозидов. Техника безопасности на микробиологических производствах. Аппаратурно-технологическое оформление стадии культивирования продукта. Перспективные методы концентрирования клеток из суспензии. Перспективные методы ферментации, сгущение биомассы, разделения клеточных суспензий, сушки, грануляции, экстракции, выделения, фракционирования, очистки, контроля и хранения конечных целевых продуктов. Основные функции и системы ферментера. Особенности процессов ферментации на различных средах, учет тепловых, массообменных и гидродинамических эффектов в биореакторах. Ферментеры: основные типы, их классификация, конструкции и характеристики. Ферментеры в схеме биотехнологического производства.

Способы культивирования микроорганизмов (периодическое, непрерывное, иммобилизация клеток и ферментов). Смешанные культуры, консорциумы. Принципы их культивирования. Метаболизм микроорганизмов. Взаимосвязь биосинтетических и энергетических процессов. Понятие «биологическое окисление». Особенности электронтранспортных систем микроорганизмов. Анаэробные процессы окисления. Анаэробное дыхание. Брожение. Аэробное дыхание. Разнообразие субстратов, окисляемых микроорганизмами (природные биополимеры, углеводороды, ксенобиотики и др.). Полное аэробное окисление субстрата, неполное окисление и трансформация органических субстратов. Окисление неорганических субстратов. Особенности бактериального фотосинтеза. Биосинтетические процессы. Ассимиляционная нитратредукция, сульфатредукция, азотфиксация.

Основные мономеры конструктивного метаболизма. Пути образования и дальнейшего их использования. Значение цикла трикарбоновых кислот и

гликоксилатного шунта в конструктивном метаболизме. Синтез липидов, полисахаридов и других компонентов клетки. Практическое значение этих процессов.

Образование микроорганизмами биологически активных веществ: ферментов, антибиотиков, витаминов, токсинов. Первичные и вторичные метаболиты. Их роль в природе. Практическое использование. Селекция, генетические основы селекции. Понятие о генотипе и фенотипе. Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. Рекомбинация. Понятие о генетике популяций и популяционной изменчивости. Методы селекции. Селекция микроорганизмов. Производственный ферментатор как экологическая ниша. Биосфера и распространение микроорганизмов. Участие микроорганизмов в круговоротах углерода, азота, кислорода, серы. Формы взаимоотношений микроорганизмов.

Изучение и разработка технологических режимов выращивания микроорганизмов-продуцентов, культур тканей и клеток растений и животных для получения биомассы, ее компонентов, продуктов метаболизма, направленного биосинтеза биологически активных соединений и других продуктов, изучение их состава и методов анализа, технико-экономических критериев оценки, создание эффективных композиций биопрепаратов и разработка способов их применения.

Селекция микроорганизмов генетические основы селекции. Понятие о генотипе и фенотипе. Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. Рекомбинация. Понятие о генетике популяций и популяционной изменчивости. Методы селекции микроорганизмов. Производственный ферментатор, как экологическая ниша.

Понятие биотехнологии как технологического приема получения модифицированных биообъектов с целью придания им новых свойств и/или способности производить новые вещества. Основные области применения современной биотехнологии и основные ее аспекты (биологические, химические, технологические). Научные основы инженерного оформления биотехнологии.

Основные объекты биотехнологии.

Вирусы. Бактерии. Микроорганизмы – эффективные преобразователи веществ в окружающей среде, их разнообразие и практическое применение. Положение микроорганизмов среди других организмов. Вирусы. Вирусные инфекции, лизогения. Сапрофиты, паразиты, патогенные формы. Принципы

классификации бактерий: зубактерии, цианобактерии, архебактерии. Механизм поступления в клетки эукариотов и прокариотов экзогенных веществ. Физиология питания. Элементы питания, их значение для процесса биосинтеза. Разнообразие типов питания микроорганизмов (автотрофия, гетеротрофия, фотолитотрофия, фотоорганотрофия, хемолитотрофия, хемоорганотрофия). Разнообразие источников углерода, азота, фосфора, серы и других элементов, используемых микроорганизмами. Теория лимитирования и ингибирования роста клеток элементами питания.

Физиология энергетического обмена: использование клетками энергодающих процессов, их эффективность и зависимость от условий среды. Экономический коэффициент и его связь с условиями роста. Взаимодействие клеток и среды, влияние внешних физических и физико-химических факторов на рост и биосинтез у микроорганизмов. Норма и стресс, проблема сохранения способности к сверхсинтезам.

Способы культивирования микроорганизмов (периодическое, непрерывное, иммобилизация клеток и ферментов). Смешанные культуры, консорциумы. Принципы их культивирования. Метаболизм микроорганизмов. Взаимосвязь биосинтетических и энергетических процессов. Понятие «биологическое окисление». Особенности электронтранспортных систем микроорганизмов. Анаэробные процессы окисления. Анаэробное дыхание. Брожение. Аэробное дыхание. Разнообразие субстратов, окисляемых микроорганизмами (природные биополимеры, углеводороды, ксенобиотики и др.). Полное аэробное окисление субстрата, неполное окисление и трансформация органических субстратов. Окисление неорганических субстратов. Особенности бактериального фотосинтеза. Биосинтетические процессы. Ассимиляционная нитратредукция, сульфатредукция, азотфиксация.

Основные мономеры конструктивного метаболизма. Пути образования и дальнейшего их использования. Значение цикла трикарбоновых кислот и глиоксилатного шунта в конструктивном метаболизме. Синтез липидов, полисахаридов и других компонентов клетки. Практическое значение этих процессов. Образование микроорганизмами биологически активных веществ: ферментов, антибиотиков, витаминов, токсинов. Первичные и вторичные метаболиты. Их роль в природе. Практическое использование. Селекция, генетические основы селекции. Понятие о генотипе и фенотипе. Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. Рекомбинация. Понятие о генетике популяций и популяционной изменчивости. Методы селекции. Селекция микроорганизмов. Производственный ферментатор как экологическая ниша. Биосфера и распространение микроорганизмов. Участие микроорганизмов в круговоротах углерода, азота, кислорода, серы. Формы взаимоотношений микроорганизмов.

Водоросли. Классификация, биологическое значение, использование: источник биополимеров, биологически активных веществ и субстрат в биотехнологиях, единственный источник получения агара, агароидов, каррагинина, альгинатов, а также для направленного биосинтеза целого ряда соединений.

Лишайники. Классификация, биологическое значение, использование в биотехнологиях получения лекарственных средств. Грибы – перспективные продуценты биологически активных препаратов, содержащих полисахариды и их комплексы с белками, которые широко используются при лечении онкологических заболеваний: лентинан, полисахарид, пептид и полисахариды: крестин, ганодеран, плевран, грифолан.

Высшие растения *in vivo* и *in vitro*. Биотехнологии с использованием высших растений. Биотехнологии с целью создания новых сортов культурных и декоративных, лекарственных видов растений.

Животные *in vivo* и *in vitro*. Биотехнологии в животноводстве. Метод трансплантации и криосохранения эмбрионов. Биотехнологии кормового белка, аминокислот, ферментов и биологически активных веществ. Антибиотики. Витамины. Ростовые гормоны. Кормовые добавки. Пробиотики.

Методы исследования: химические, физические, физико-химические, биохимические. Компьютерная химия. Синтез и выделение продуктов, установление строения, изучение взаимосвязи между химическим строением и биологической активностью (биологической функцией) соединений.

Белки. Аминокислоты, как мономерные структурные единицы белков и пептидов. Уровни структуры белков. Первичная структура: методы определения последовательности аминокислот, секвенаторы. Вторичная структура белков: альфа- и бета- структуры. Третичная и четвертичная (субъединичная) структуры белков. Роль водородных, ионных, дисульфидных связей, гидрофобных взаимодействий. Денатурация (обратимая, необратимая) белков. Понятие о регуляторных белках. Нуклеиновые кислоты. ДНК и РНК. Структурные компоненты. Типы связей. Пространственная структура полимерных цепей. Двойная спираль ДНК. Комплементарность оснований. Методы определения нуклеотидной последовательности в нуклеиновых кислотах. Рестрикция, рестриктазы. Химико-ферментативный синтез олиго- и полинуклеотидов.

Биосинтез нуклеиновых кислот. Ферменты биосинтеза. Понятие о транскрипции, обратная транскриптаза. Углеводы. Моносахариды. Строение и стереохимия. Альдозы, кетозы. Ациклические и циклические структуры моносахаридов. Пиранозы, фуранозы, альфа- и бета-аномеры. Понятие о конформации. Пентозы (рибоза, арабиноза, ксилоза), гексозы (глюкоза, манноза, галактоза). Дезоксисахара (фукоза, 2-дезоксирибоза), аминодезоксисахара, уроновые кислоты, сиаловые кислоты. Моносахариды как структурные мономерные единицы олиго- и полисахаридов.

Структурный анализ олиго- и полисахаридов. Функции олиго- и полисахаридов. Понятие о лектинах. Целлюлоза, крахмал, гликоген. Углеводсодержащие смешанные биополимеры. Гликопротеины, пептидогликаны, тейхоевые кислоты. Липиды. Классификация липидов. Нейтральные липиды, фосфолипиды, сфинголипиды. Структурные компоненты липидов. Жирные кислоты. Высшие спирты, альдегиды. Полиолы, глицерин, миоинозит. Стереохимия липидов. Липопротеиды.

Понятие о строении биологических мембран. Липосомы.

Низкомолекулярные биорегуляторы - коферменты и витамины: НАД, НАДФ, ФМН, ФАД, тиаминпирофосфат, липоевая кислота, АТФ, биотин, аскорбиновая кислота, фолиевая кислота, пантотенат кальция, кобаламины. Каскад арахидоновой кислоты.

Простагландины. Биогенные амины: ацетилхолин, серотонин и другие. Антибиотики, как природные антиметаболиты. Пенициллины, цефалоспорины, тетрациклины, аминогликозиды, противоопухолевые антибиотики. Полусинтетические антибиотики.

Ферменты, и их биохимическая роль. Классификация и номенклатура. Активные центры ферментов. Субстратная специфичность. Факторы, обеспечивающие ферментативный катализ. Роль металлов в функционировании ферментов. Ингибиторы: обратимые (конкурентные, неконкурентные), необратимые. Обратимая и необратимая денатурация ферментов. Способы иммобилизации ферментов на различных носителях. Внутри- и внеклеточные ферменты. Метаболический фонд микробных клеток. Общие представления об анаболизме и катаболизме.

Методы исследования биотехнологических систем.

Дедифференциация – основа формирования клеточных культур.

Вторичные соединения растений и их образование. Основные классы вторичных соединений. Использование вторичных соединений растений в фармацевтике, косметологии и лечебной медицине. Получение клеточных культур высших растений и их свойства. Каллусные культуры растений. Культуры *in vitro* – продуценты вторичных соединений. Криосохранение и его применение к клеточным культурам растений

Суспензионные культуры растений. Изолированные протопласты. Морфогенез в клеточных культурах растений. Морфогенез и регенерация растений в каллусной культуре. Регуляция морфогенеза. Генетическая изменчивость клеток *in vitro*. Соматональная изменчивость. Клональное микроразмножение растений и его практическое применение. Клеточная селекция. Способы отбора устойчивых клеток. Сохранение отобраных признаков в ряду поколений. Методы криосохранения биоматериалов и его применение к клеточным культурам растений.

Генетическая инженерия растений. Молекулярные основы генетической инженерии. Вклад методологии генной инженерии в развитие молекулярной генетики. Прикладное значение генной инженерии для биотехнологии. Молекулярные основы наследственности. Природа генетического материала. Особенности строения генетического материала про- и эукариот. Транскрипция ДНК, ее компоненты. РНК-полимераза и промотор. Трансляция, ее этапы, функция рибосом. Генетический код и его свойства. Репликация ДНК и ее генетический контроль. Рекомбинация, ее типы и модели. Механизмы репарации ДНК. Взаимосвязь процессов репликации, рекомбинации и репарации.

Мутационный процесс. Роль биохимических мутантов в формировании теории «один ген – один фермент». Классификация мутаций. Спонтанный и индуцированный мутагенез. Классификация мутагенов. Молекулярный механизм мутагенеза. Идентификация и селекция мутантов. Супрессия: внутригенная, межгенная и фенотипическая.

Плазмиды, их строение и классификация. Половой фактор F, его строение и жизненный цикл. Роль фактора F в мобилизации хромосомного переноса. Образование доноров типа Hfr и F. Механизм конъюгации. Бактериофаги, их структура и жизненный цикл. Вирулентные и умеренные бактериофаги. Мигрирующие генетические элементы: транспозоны и IS-последовательности, их роль в генетическом обмене.

Элементы генетического анализа. Цис-транс- комплементационный тест. Генетическое картирование. Физический анализ структуры гена. Рестрикционный анализ. Методы секвенирования. Выявление функции гена.

Механизм генных мутаций, генетический контроль. Ферменты рестрикции и модификации. Выделение и клонирование генов. Векторы для молекулярного клонирования. Принципы конструирования рекомбинантных ДНК и их введения в реципиентные клетки.

Внехромосомные генетические элементы. Этапы создания трансгенных организмов. Генетическая инженерия прокариот. Методы генетической инженерии растений. Использование Ti-плазмид *Agrobacterium tumefaciens* и Ri-плазмид *A. rhizogenes* для создания трансгенных растений. Создание трансгенных растений, способствующих очистке территорий от загрязняющих веществ. Встраивание в геном растений гена белка животного происхождения аллотионеина, способного связывать многие тяжелые металлы с целью создания трансгенных растений, устойчивых к токсичности тяжелых металлов (кадмия, цинка, кобальта, свинца и других).

Генетическая инженерия животных. Ферменты, используемые в генетической инженерии. Конструирование рекомбинантных ДНК. Получение генов. Введение в клетку чужеродной ДНК. Перенос ДНК с помощью агробактерий. Отбор трансформированных регенерантов. Доказательство трансгенности трансформированных растений. Экспрессия интродуцированных генов. Наследование трансгенов. Фенотипическая стабильность трансгенных растений.

Биотехнология и медицина. *Escherichia coli*, как модель биоинженерной технологии. Биосинтез вакцины, инсулина, витаминов, иммуномодуляторов, иммунодепрессантов, кровезаменителей, стероидных гормонов, медицинские ферменты, подсластители, биоразлагаемые материалы. Генодиагностика и генотерапия человека.

Биотехнологии в энергетике. Производство биогаза как способ утилизации органических отходов. Получение биоорганических удобрений, регуляторов роста.

Энзиматическая инженерия Роль и значение ферментов. Имобилизованные ферменты. Биосенсоры. Разработка рецепторных элементов биосенсоров с заданными свойствами. Биочипы – инструмент биологии и медицины. История их создания, перспектива использования. Использование биочипов в поиске маркеров, соответствующих заболеваниям и тестировании отклонений в геноме.

Экологическая биотехнология. Биотехнология утилизации твердых отходов. Биотехнологии очистки сточных вод. Биотехнологии очистки газовоздушных выбросов. Биотехнологии получения металлов. Биоэнергетика. Биологические методы деградации ксенобиотиков. Биоремедиация нарушенных и загрязненных земель.

Биотехнологии в сельском хозяйстве. Применение методов биотехнологии для защиты растений. Применение методов биотехнологии для решения проблемы азотфиксации. Применение методов биотехнологии для повышения плодородия почв и продуктивности растений. Создание и культивирование сортов, устойчивых к гербицидам, насекомым, грибным болезням, значительно снижающим объемы внесения гербицидов, пестицидов и фунгицидов на поля, благодаря чему резко снижается загрязненность посевных площадей химическими веществами.

Бионанотехнологии. Представление о бионанотехнологиях. Направления развития нанобиотехнологий. Нанотехнологии в медицине и биологии. ДНК-нанотехнологии. Использование фуллеренов, дендримеров в создании эффективных лекарств от СПИДа, гриппа, болезни Паркинсона, рака. Риски, связанные с использованием нанобиотехнологий. Безопасность био– и бионанотехнологий. Биобезопасность генетически модифицированных организмов. Перспективы генной инженерии. Трансгенез и законодательство.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Глик Б., Пастернак Дж.. Молекулярна биотехнология. Принципы и применение. М., Мир, 2002.
2. Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия. М., Бином, 2014.
3. Льюин Б., Кассимерис Л., Лингаппа В.П., Плоппер Д. Клетки. М.: Бином. 2013.
4. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера. М., Бином, 2012, 2013, 2015.
5. Льюин Б. Гены. М., Бином, 2011.
6. Сингер М., Берг П. Гены и геномы. М., Мир, 1998.
7. Патрушев Л.И. Экспрессия генов. М., Наука, 2000.

8. Патрушев Л.И. Искусственные генетические системы. Т.1: Генная и белковая инженерия. М., Наука, 2004.
9. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия. // Новосибирск, Сибирское университетское издательство, 2006.
10. Остерман Л.А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот. // М.: МЦНМО, 2002.
11. Уилсон К., Уолкер Дж. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. М., Бинум, 2013.
13. Елинов Н.П. Основы биотехнологии. СПб., Наука, 1995.
16. Загоскина Н.В., Назаренко Л.В., Калашникова Е.А., Живухина Е.А.. Биотехнология: теория и практика. М., ОНИКС, 2009.
17. Егорова Т.А., Клунова С.М. Живухина Е.А. Основы биотехнологии. М., Издательский центр «Академия», 2008.
18. Евтушенков А.Н., Фомичев Ю.А. Введение в биотехнологию. Минск, Изд-во БГУ, 2002.
19. Красноштанова А.А., Крылов Б.А., Бабусенко Е.С. Основы биотехнологии. Москва, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001.
20. Биотехнология. Под ред. Егорова Н.С., Самуилова В.Д. В 8-ми книгах М., Высшая школа, 1987.

Дать описание основных разделов по темам в соответствии с паспортом НС.

Рекомендуемая литература