

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кемеровский государственный университет»



Программа вступительных испытаний
для поступающих 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

Форма обучения
очная

Кемерово, 2022

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 вступительного экзамена по специальности «1.5.6 Биотехнология, отрасль – биологические науки» предназначена для магистрантов и соискателей ученой степени кандидата наук в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче вступительного экзамена.

Вступительный экзамен представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой планируются научные исследования и подготовлена диссертация. Сдача вступительного экзамена по специальности обязательна для зачисления в аспирантуру.

Вступительный экзамен сдаётся в соответствии с научной специальностью и отраслью науки, предусмотренными номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утверждаемые 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 вступительный 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.

Вступительный экзамен проводится по билетам. Решение экзаменационных комиссий оформляется протоколом, в котором указываются шифр и наименование научной специальности и отрасли науки, по которым сдан вступительный экзамен; оценка уровня знаний; фамилия, имя, отчество (последнее - при наличии), ученая степень каждого члена экзаменационной комиссии. Уровень знаний оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протоколы заседаний экзаменационных комиссий после утверждения ректором (курирующим проректором) хранятся по месту сдачи кандидатского экзамена. Сдача вступительного 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, физиология клеток растений и животных).

Биотехнология растений. Культура *in vitro*. Актуальные вопросы молекулярной биологии. Классические методы идентификации микроорганизмов. Методы ПЦР-анализа и ДНК-диагностики.

Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. Понятие о генетике популяций и популяционной изменчивости. Методы селекции. Селекция микроорганизмов.

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. Методы стерилизации посуды и питательных сред. Условия культивирования микроорганизмов. 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. Этапы выделения продукта: фильтрация, флотирование, сепарирование, автолиз, осаждение, экстракция, кристаллизация, центрифугирование, ультрафильтрация. Очистка – сорбция (связывание) каолином, трифосфатом кальция, гидроксидом алюминия и другими адсорбентами.

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, вода. Строение и функции клетки (различия клеток прокариот и эукариот). Типы клеточного деления у растений: amitoz, mitoz, meioz.

Молекулярные основы генетической инженерии. Прикладное значение генной инженерии для биотехнологии.

Мутационный процесс. Классификация мутаций. Спонтанный и индуцированный мутагенез. Классификация мутагенов. Идентификация и селекция мутантов.

Плазмиды, их строение и классификация. Физический анализ структуры 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.

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.

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.

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);

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 (микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос, селективность баромембранных процессов; концентрация гелеобразования).

Оборудование для хроматографического концентрирования и разделения компонентов нативного раствора (ионный обмен и гельфильтрация; 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, редок-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, электропроводность, определение окислительно-восстановительного потенциала, спектрофотометрия, нефелометрия, термометрия), механический (внешний – регулирование уровня, динамометрический датчик, температура, торсионная динамометрия, внутренний – тензодатчик, расходомеры тахометрия, ротаметры, расходомеры, счетчик капель, динамометрические датчики, манометрия, вискозиметрия), 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.

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.).

Проблема экологической безопасности и защиты окружающей среды от промышленных экотоксикантов.

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 (рениноподобные 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 обогатительной промышленности. 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. Основные биохимические пути микробиологической трансформации загрязняющих веществ.

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.

Создание технологий для восстановления окружающей среды с использованием генно-инженерно-модифицированных 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 углеводов.

Биоокисление с помощью ассоциации метаногенных микроорганизмов в анаэробных условиях.

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;
- органнй, организменный (онтогенетический);
- популяционно-видовой;
- биогеоценотически;
- 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 (пример). Система документации предприятия (пример).

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

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

Достижения генной инженерии в создании разработке технологий рекомбинантных ДНК. Этапы технологии рекомбинантных ДНК. Типы молекулярных векторов. Векторные молекулы ДНК: плазмиды, векторы на основе фага λ , ДНК, космиды, фосмиды, фагмиды.

Технологии лекарственных препаратов на базе стабильных адресных липосом. Конструирование и производство генно-инженерного инсулина.

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 животных. Регулирование полового цикла. Клеточная биотехнология. Трансплантация эмбрионов. Извлечение и пересадка эмбрионов. Оплодотворение яйцеклеток вне организма. 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.

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*, *Pseudomonas* и смешанных культур метанообразующих бактерий.

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. Громова Н.Ю., Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Технология синтеза и биосинтеза биологически активных веществ: Учебное пособие. Тверь: ТГТУ, 2006. 84 с.
5. Жимулев И.А. Общая и молекулярная генетика / Новосибирск: Новосибирское университетское издание, 2004. 384 с.
6. Загоскина Н.В., Назаренко Л.В., Калашникова Е.А., Живухина Е.А.. Биотехнология: теория и практика. М., ОНИКС, 2009.
7. 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).
8. Льюин Б., Кассимерис Л., Лингаппа В.П., Плоппер Д. Клетки. М.: Бином. 2013.
9. Маннапова, Р. Т. Микробиология и иммунология. Практикум. / Р.Т. Маннапова. М.: Изд-во ГЭОТАР-Медиа, 2013. 544 с.
10. Иммуно- и нанобиотехнология / Э.Г. Деева, В.А. Галынкин, О.И. Киселев и др. – СПб.: Проспект Науки, 2008. 215 с.
11. Нетрусов А. И. Введение в биотехнологию: учебник для вузов по направлению "Биология" и смежным направлениям - М.: Академия, 2014. 288 с.
12. Патрушев Л.И. Искусственные генетические системы. Т.1: Генная и белковая инженерия. М., Наука, 2004.
13. Приготовление питательных сред и культивирование микроорганизмов : методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплинам «Микробиология», «Фармакология, биохимия, микробиология» и «Биотехнология» для студентов ИПР, ИФВТ дневной формы обучения / сост. А.П. Асташкина ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 19 с.
14. Процессы и аппараты биотехнологии: ферментационные аппараты : учебное пособие для вузов / под редакцией В. А. Быкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 274с.
15. Ручай, Н. С. Р92 Технология микробного синтеза : электронный курс лекций для студентов специальности 1-48 02 01 «Биотехнология» / Н. С. Ручай, И. А. Гребенчикова. – Минск : БГТУ, 2014. – 167 с.
16. Уилсон К., Уолкер Дж. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. М., Бином, 2013.

17. Чхенкели, В. А. Биотехнология: учебное пособие / В. А. Чхенкели. - СПб.: Проспект науки, 2014. 335 с.
18. Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 325 с.
19. 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).