

8594 Метаболическая инженерия
ОП «8D05105-Биотехнология»

Календарь (график) реализации содержания дисциплины. Методы преподавания и обучения.

Неделя	Название темы	Кол-во часов	Макс. балл	Типы практических занятий
МОДУЛЬ 1. Введение в метаболическую инженерию				
1	<p>СЗ 1. Задачи, области применения и методологическая основа метаболической инженерии. Объекты метаболической инженерии</p> <p>Цель: сформировать у докторантов представление о предмете «метаболическая инженерия», её задачах, объектах исследования и методологической основе как междисциплинарной области на стыке биологии, химии, биоинформатики и инженерных наук.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: определение понятия «метаболическая инженерия» и её отличие от традиционной биотехнологии. Исторические этапы развития дисциплины: от селекции продуцентов к системной биологии и синтетической биологии. Основные задачи: перенаправление метаболических потоков, повышение выхода целевых соединений, оптимизация биосинтетических путей. Области применения: производство аминокислот, витаминов, антибиотиков, ферментов, гормонов; разработка биотоплива и биополимеров; медицина и фармацевтика (биотерапевтические препараты, вакцины, пробиотики); пищевая промышленность и агробиотехнология. Объекты метаболической инженерии: бактерии (<i>E. coli</i>, <i>Corynebacterium glutamicum</i>), дрожжи (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>Pichia pastoris</i>), микроводоросли, растительные и животные клетки. Методологическая основа: инженерный подход, моделирование метаболических сетей, использование –омных технологий (геномика, транскриптомика, протеомика, метаболомика). Современные концепции: «design–build–test–learn cycle», интеграция</p>	2	8	<p>Аналитическое обсуждение обзорных статей (Scopus, Web of Science); работа в малых группах над картой «объекты и области применения метаболической инженерии»; мини-дискуссия «метаболическая инженерия vs традиционная биотехнология».</p>

	<p>с искусственным интеллектом и автоматизированными платформами. Связь метаболической инженерии с устойчивым развитием (ЦУР 3, 9, 12). Задание: подготовить краткий обзор (2–3 стр.) на тему «Современные направления и перспективы метаболической инженерии» с примерами из последних публикаций (Q1–Q2 журналы).</p>			
2	<p>СЗ 2. Метаболизм прокариот и эукариот Цель: сформировать у докторантов системное понимание метаболических процессов в прокариотических и эукариотических клетках, выявить сходства и различия в организации энергетического и пластического обмена, а также показать практическое значение этих особенностей для метаболической инженерии. Рассматриваемые вопросы: универсальные пути метаболизма: гликолиз, цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса), пентозофосфатный путь, дыхательная цепь. Метаболизм прокариот: разнообразие энергетических стратегий (анаэробный, аэробный, фотосинтетический, хемолитотрофный). Особенности метаболизма эукариот: компартментализация (митохондрии, хлоропласты, пероксисомы), роль мембранных структур в регуляции. Сравнение механизмов регуляции метаболизма у прокариот и эукариот: аллостерическая регуляция, сигнальные каскады, эпигенетический контроль. Метаболическая пластичность и адаптация к изменениям внешней среды (температура, pH, наличие субстратов). Метаболизм вторичных соединений у прокариот и эукариот и их значение для биотехнологии. Практическое применение различий метаболизма в метаболической инженерии (промышленные продуценты, биофармацевтические системы). Задание: составить сравнительную таблицу «Метаболизм прокариот vs эукариот», выделив ключевые различия и их значение для практической биотехнологии.</p>	2	8	<p>Работа с метаболическими картами (KEGG, MetaCyc), анализ научных публикаций, групповая дискуссия по кейсам (например, производство биотоплива у прокариот vs получение вторичных метаболитов у растений).</p>
3	<p>СЗ 3. Методы получения и очистки белков</p>	2	8	<p>Анализ протоколов очистки белков из</p>

	<p>Цель: изучить современные методы выделения, очистки и анализа белков, включая рекомбинантные, а также сформировать представление о критериях выбора методов в зависимости от природы белка и целей исследования.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: классические подходы: осаждение солями, центрифугирование, ультрафильтрация. Хроматографические методы: ионообменная хроматография, гель-фильтрация, гидрофобное взаимодействие, аффинная хроматография (His-tag, GST-tag, MBP-tag). Электрофоретические методы: SDS-PAGE, изоэлектрическое фокусирование, Western blot. Ренатурация и стабилизация белков после очистки. Методы выделения мембранных белков и белков с низкой растворимостью. Современные системы автоматизированной очистки (АКТА, FPLC). Посттрансляционные модификации и их учет при выделении. Масштабирование процесса очистки: лабораторный и промышленный уровни. Примеры успешной очистки терапевтически значимых белков (инсулин, антитела, ферменты). Ограничения и перспективы методов (наноматериалы, микрофлюидные технологии). Задание: разработать схему очистки выбранного белка (по литературным данным) с указанием этапов, применяемых методов и ожидаемых характеристик.</p>			<p>современных публикаций (Q1–Q2 журналы), работа в группах над сравнением разных методов (эффективность, стоимость, масштабируемость), решение кейса «выбор оптимального метода очистки рекомбинантного белка».</p>
4	<p>СЗ 4. Конструирование штаммов для производства соединений различной химической природы</p> <p>Цель: освоить современные стратегии создания высокопродуктивных штаммов микроорганизмов и клеточных культур для синтеза целевых соединений различной природы (первичные и вторичные метаболиты, белки, липиды, полисахариды), изучить принципы перенаправления метаболических потоков и оптимизации клеточных систем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: основные подходы конструирования штаммов: генетические модификации (вставка/удаление генов, мутагенез,</p>	2	8	<p>Анализ реальных кейсов из научных публикаций (Nature Biotechnology, Metabolic Engineering), работа в группах над моделированием метаболического пути (использование KEGG и COBRA Toolbox), мини-дискуссия «сравнение природных и инженерных продуцентов».</p>

	<p>усиление экспрессии); системная инженерия (балансировка метаболических потоков, использование метаболического моделирования); синтетическая биология (создание новых метаболических путей, модульные конструкции). Использование промоторов, регуляторных последовательностей и кодон-оптимизации для повышения экспрессии. Примеры инженерии продуцентов: <i>E. coli</i> для синтеза инсулина и аминокислот; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> для этанола и вторичных метаболитов; <i>Corynebacterium glutamicum</i> для лизина и глутаминовой кислоты; актиномицеты для антибиотиков; микроводоросли для липидов и биотоплива. Проблемы метаболического баланса: побочные пути, токсичность промежуточных продуктов, лимитирующие ферменты. Использование CRISPR/Cas и других методов редактирования генома для быстрого конструирования штаммов. Методы адаптивной лабораторной эволюции (ALE) для повышения устойчивости и продуктивности. Экономические и экологические аспекты применения инженерных штаммов в промышленности. Задание: разработать схему конструирования штамма-продуцента для синтеза выбранного соединения (аминокислоты, антибиотика, витамина или вторичного метаболита), указав предполагаемые этапы модификации.</p>			
5	<p>СЗ 5. Современные методы редактирования геномов организмов Цель: изучить современные технологии редактирования геномов у микроорганизмов, растений и животных, оценить их возможности и ограничения для задач метаболической инженерии и биомедицины. Рассматриваемые вопросы: Историческое развитие методов редактирования генома: от мутагенеза и рекомбинации к направленному редактированию. CRISPR/Cas-системы: CRISPR/Cas9 – механизм действия, примеры применения; новые варианты (Cas12a/Cpf1, Cas13, CasX, CasY) и их особенности;</p>	2	8	<p>Работа с научными статьями и базами данных по CRISPR-применениям; дискуссия по этическим аспектам редактирования генома; решение кейса «Выбор оптимальной технологии редактирования для заданного организма».</p>

	<p>CRISPR interference (CRISPRi) и CRISPR activation (CRISPRa) для регуляции экспрессии.</p> <p>Альтернативные технологии: TALEN (транскрипционные активаторы-нуклеазы), цинковые пальцевые нуклеазы (ZFN).</p> <p>Методы доставки редакторов: плазмиды, вирусные векторы, наночастицы.</p> <p>Редактирование геномов в различных системах:</p> <p>микроорганизмы (создание штаммов-продуцентов аминокислот, антибиотиков); растения (устойчивость к стрессам, обогащение питательными веществами); клетки млекопитающих (модели заболеваний, терапевтические белки).</p> <p>Проблемы и ограничения: off-target эффекты, эффективность редактирования, стабильность генетических изменений.</p> <p>Этические и правовые аспекты применения технологий геномного редактирования.</p> <p>Перспективы: геномное редактирование <i>in vivo</i>, персонализированная медицина, интеграция с ИИ и автоматизированными платформами.</p> <p>Задание: подготовить презентацию (10–12 слайдов) «Применение CRISPR/Cas в метаболической инженерии» с анализом конкретного примера из научной литературы (Q1–Q2 журналы).</p>			
МОДУЛЬ 2. X-омные технологии. Системная биология				
6	<p>СЗ 6. Методы получения и очистки рекомбинантных белков</p> <p>Цель: изучить современные системы экспрессии рекомбинантных белков и методы их очистки, а также оценить возможности масштабирования и применения в биофармацевтике и промышленности.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: системы экспрессии рекомбинантных белков: прокариотические (<i>E. coli</i>); эукариотические (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>Pichia pastoris</i>); клетки насекомых (система Baculovirus); клетки млекопитающих (CHO, HEK293). Особенности посттрансляционных модификаций (гликозилирование, фосфорилирование) и их значение.</p>	2	8	<p>Анализ научных статей по системам экспрессии; работа с протоколами очистки рекомбинантных белков; кейс-обсуждение: «Оптимизация стратегии получения белка для промышленного производства».</p>

	<p>Проблемы агрегации и образования телец включения; стратегии их предотвращения. Методы повышения выхода и качества рекомбинантных белков: кодон-оптимизация, коэкспрессия шаперонов, использование сильных промоторов. Очистка рекомбинантных белков: использование аффинных тегов (His-tag, Strep-tag, FLAG-tag); методы хроматографии (ионообменная, гидрофобная, гель-фильтрация, аффинная); современные автоматизированные системы очистки (АКТА, FPLC). Масштабирование процессов очистки: переход от лабораторного уровня к промышленному. Примеры успешного получения и очистки терапевтических белков (инсулин, интерфероны, моноклональные антитела). Ограничения и перспективы: микрофлюидные системы, наноматериалы, роботизированные платформы.</p> <p>Задание: подготовить сравнительный обзор (3–4 стр.) «Системы экспрессии рекомбинантных белков: возможности и ограничения» с акцентом на применение в фармацевтике.</p>			
7	<p>СЗ 7. Роль транскриптомики в поиске новых генов</p> <p>Цель: освоить современные подходы транскриптомного анализа, методы RNA-seq и биоинформатическую обработку данных для выявления новых генов и регуляторных механизмов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: понятие транскриптома и его значение в системной биологии. Методы анализа транскриптома: микрочипы (DNA microarray); высокопроизводительное секвенирование РНК (RNA-seq); одно-клеточная транскриптомика (scRNA-seq). Этапы анализа данных RNA-seq: выделение РНК, подготовка библиотек, секвенирование, биоинформатическая обработка. Дифференциальная экспрессия генов и её биологическая интерпретация. Использование транскриптомики для: идентификации новых генов и альтернативных изоформ; анализа стрессовых ответов и патогенеза;</p>	2	8	<p>Анализ транскриптомных данных из открытых баз; работа с биоинформатическими инструментами (Galaxy, Cufflinks, DESeq2); обсуждение кейса: «Поиск новых генов-мишеней для метаболической инженерии на основе транскриптомного анализа».</p>

	<p>поиска генов-мишеней для метаболической инженерии. Базы данных транскриптомных исследований (NCBI GEO, ENA, Expression Atlas).</p> <p>Ограничения и перспективы транскриптомики: интеграция с протеомикой и метаболомикой, применение искусственного интеллекта для анализа больших данных.</p> <p>Задание: подготовить мини-обзор (2–3 стр.) «Применение RNA-seq в выявлении новых генов у микроорганизмов или растений» с использованием актуальных публикаций (Q1–Q2 журналы).</p>			
8	<p>СЗ 8. Преимущества использования методов «Протеомики» в современных исследованиях структуры и функции белков</p> <p>Цель: изучить возможности протеомики как инструмента системной биологии для анализа структуры, функций и взаимодействий белков.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: основные подходы протеомики: сравнительная, функциональная, структурная. Методы: 2D-электрофорез, масс-спектрометрия (MALDI-TOF, LC-MS/MS), хроматография в сочетании с MS. Посттрансляционные модификации белков (фосфорилирование, гликозилирование, ацетилирование) и их функциональное значение. Протеомные карты организма: систематизация и аннотирование белков. Применение протеомики в медицине (поиск биомаркеров заболеваний, персонализированная медицина). Интеграция протеомики с транскриптомикой и метаболомикой в системной биологии. Ограничения методов (чувствительность, воспроизводимость) и пути их преодоления.</p> <p>Задание: подготовить карту белков выбранного организма или клеточной линии с использованием данных UniProt/ProteomeXchange.</p>	2	8	Анализ протеомных баз данных, интерпретация MS-спектров, работа в группах над кейсом «поиск биомаркеров».
Рубежный контроль 1				
9	<p>СЗ 9. Примеры использования методов системной биологии в метаболической инженерии</p>	2	10	Работа с метаболическими моделями (FBA, KEGG, MetaCyc),

	<p>Цель: показать роль системной биологии в интеграции данных разных уровней организации (геном, транскриптом, протеом, метаболом) и её применение для оптимизации метаболических сетей и создания высокопродуктивных биосистем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: основные концепции системной биологии: «от гена к сети», многомасштабный анализ биологических процессов. Подходы к моделированию метаболических сетей: стехиометрические модели, кинетические модели, гибридные модели. Flux Balance Analysis (FBA) и его использование для предсказания потоков метаболизма. Инструменты системной биологии: COBRA Toolbox, OptFlux, CellNetAnalyzer. Интеграция –омных данных (геномика, транскриптомика, протеомика, метаболомика) для построения целостных моделей. Примеры применения в метаболической инженерии: оптимизация продуцентов аминокислот (<i>Corynebacterium glutamicum</i>), инженерия дрожжей для производства этанола и изопреноида, синтез поликетидов и антибиотиков у актиномицетов.</p> <p>Системная биология в биомедицине: моделирование метаболических заболеваний и поиск терапевтических мишеней. Ограничения и перспективы: необходимость стандартизации данных, роль искусственного интеллекта в интеграции больших биологических данных.</p> <p>Задание: подготовить эссе (3–4 стр.) «Применение системной биологии в метаболической инженерии: анализ одного кейса из научной литературы (Q1–Q2 журналы)».</p>			<p>анализ статьи с использованием системной биологии для оптимизации продуцента, групповая презентация: «системная биология как инструмент метаболической инженерии».</p>
10	<p>СЗ 10. Использование биоинженерных методов для получения БАВ различного происхождения</p> <p>Цель: изучить современные подходы и биоинженерные стратегии получения биологически активных веществ (БАВ) из микроорганизмов, растений и животных клеток, а также оценить их потенциал для фармацевтики, медицины и пищевой промышленности.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: Определение и классификация БАВ</p>	2	10	<p>Анализ научных кейсов (Nature Biotechnology, Metabolic Engineering, Biotechnology Advances); групповое обсуждение преимуществ разных продуцентов (бактерии, дрожжи, растения, клетки млекопитающих);</p>

	<p>(аминокислоты, витамины, антибиотики, гормоны, ферменты, вторичные метаболиты). Методы биоинженерии для синтеза БАВ: редактирование геномов продуцентов (CRISPR/Cas, TALEN, ZFN); перенаправление метаболических потоков; использование регуляторных элементов и промоторов высокой активности. Получение БАВ из микроорганизмов: <i>Corynebacterium glutamicum</i> (аминокислоты), <i>Streptomyces</i> spp. (антибиотики), дрожжи (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>Pichia pastoris</i>) — витамины, ферменты. Растительные системы как источники БАВ: стевиозиды (<i>Stevia rebaudiana</i>), гинзенозиды (<i>Panax ginseng</i>), алкалоиды (<i>Digitalis purpurea</i>). Животные и насекомые клеточные линии: гормоны, антитела, вакцины. Биотрансформация и комбинаторная биосинтез как инструменты получения новых БАВ. Промышленные кейсы: производство инсулина, аскорбиновой кислоты, статинов, паклитаксела. Современные тренды: синтетическая биология, клеточные фабрики, использование искусственного интеллекта для оптимизации продуцентов. Экономические и этические аспекты производства БАВ.</p> <p>Задание: подготовить схему получения одного из БАВ (например, антибиотика, витамина или растительного метаболита), включая этапы конструирования продуцента и методы оптимизации синтеза.</p>			<p>решение кейса «Выбор оптимальной системы для получения конкретного БАВ».</p>
--	--	--	--	---

МОДУЛЬ 3 Метаболическая инженерия для медицины

11	<p>СЗ 11. Конструирование трансгенных растений – продуцентов целевых белков Цель: изучить современные методы генной инженерии растений для получения трансгенных организмов, способных синтезировать целевые белки (ферменты, вакцины, антитела), а также оценить преимущества и ограничения растительных биореакторов. Рассматриваемые вопросы: основные методы трансформации растений: <i>Agrobacterium</i>-опосредованная трансформация (T-DNA перенос); биобаллистика (gene gun); методы прямой доставки (электропорация, PEG,</p>	2	10	<p>Анализ научных кейсов (съедобные вакцины, растительные антитела); составление схемы конструирования трансгенного растения-продуцента; групповая дискуссия «Преимущества и риски использования трансгенных растений для медицины».</p>
----	---	---	----	--

	<p>наночастицы). Выбор генов-мишеней и стратегий экспрессии: использование сильных промоторов (35S, ubiquitin, actin), хлоропластная трансформация, оптимизация кодонов. Примеры трансгенных растений-производителей целевых белков: рис, кукуруза, картофель — съедобные вакцины, табак — производитель антител и ферментов, люцерна и морковь — экспрессия терапевтических белков. Посттрансляционные модификации в растительных системах: гликозилирование и его отличие от модификаций у животных. Сравнение растительных биореакторов с традиционными системами (дрожжи, бактерии, клетки млекопитающих). Преимущества: низкая себестоимость, масштабируемость, безопасность. Ограничения: нестабильность экспрессии, необходимость стандартизации методов. Современные тренды: CRISPR/Cas в генной инженерии растений, использование синтетических промоторов, создание «молекулярных ферм».</p> <p>Задание: подготовить обзор (3–4 стр.) на тему «Современные достижения в создании трансгенных растений для синтеза фармацевтических белков», с примерами из актуальных публикаций (Q1–Q2 журналы).</p>			
12	<p>СЗ 12. Синтез субъединичных вакцин в трансгенных растениях</p> <p>Цель: изучить современные подходы к использованию трансгенных растений для получения субъединичных вакцин, проанализировать преимущества и ограничения данной технологии, а также рассмотреть примеры успешных разработок.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: понятие субъединичных вакцин и их отличие от цельновирионных вакцин. Преимущества субъединичных вакцин: высокая безопасность, минимизация побочных эффектов, направленное действие. Методы получения субъединичных вакцин в растительных системах: экспрессия антигенных белков в хлоропластах и ядре клетки; использование транзитных экспрессионных систем (<i>Agrobacterium</i></p>	2	10	<p>Анализ публикаций по разработке растительных вакцин (HIV, COVID-19, гепатит В); обсуждение преимуществ и рисков «съедобных вакцин»; групповое моделирование схемы синтеза субъединичной вакцины в выбранном растении.</p>

	<p><i>tumefaciens</i>, вирусные векторы). Примеры субъединичных вакцин, синтезированных в растениях: вакцина против гепатита В (антиген HBsAg в рисе и картофеле); вакцина против холеры (антиген СТВ в картофеле и томате); экспериментальные вакцины против ВИЧ, бешенства и COVID-19 (табак <i>Nicotiana benthamiana</i>). Проблемы гликозилирования растительных антигенов и стратегии их оптимизации. Преимущества растительных систем: низкая себестоимость, масштабируемость, возможность создания «съедобных вакцин». Ограничения: нестабильность экспрессии, необходимость стандартизации дозирования и регуляторного контроля. Перспективы: интеграция с нанотехнологиями, синтетической биологией и ИИ для ускоренного дизайна вакцин.</p> <p>Задание: подготовить доклад (10–12 слайдов) «Растительные субъединичные вакцины: достижения и перспективы», выбрав один пример из современной научной литературы (Q1–Q2 журналы).</p>			
13	<p>СЗ 13. Новые подходы к лечению метаболических заболеваний</p> <p>Цель: изучить современные и перспективные методы терапии метаболических заболеваний, включая использование метаболической инженерии, генной и клеточной терапии, а также влияние микробиома и биотехнологических инноваций.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: основные метаболические заболевания: сахарный диабет 2 типа, ожирение, наследственные нарушения обмена (фенилкетонурия, болезнь Гоше, мукополисахаридозы). Метаболическая инженерия и её роль в терапии: редактирование генов для коррекции нарушенных метаболических путей, разработка новых ферментных препаратов, биосинтез гормонов и их аналогов (инсулин, лептин). Генная терапия: вирусные и невирусные векторы для доставки генов; успешные клинические кейсы. Клеточная терапия: использование стволовых клеток, инсулин-продуцирующих β-клеток, трансплантация модифицированных</p>	2	10	<p>Анализ клинических и экспериментальных исследований, групповое обсуждение преимуществ и рисков генетической и клеточной терапии, кейс-стади «Выбор инновационной стратегии лечения наследственного метаболического заболевания».</p>

	<p>клеток. Роль микробиоты кишечника в метаболических заболеваниях и возможности её коррекции (пробиотики, пребиотики, трансплантация микробиоты). Разработка и применение новых биофармацевтических препаратов (моноклональные антитела, ингибиторы ферментов, агонисты рецепторов). Использование омыных технологий (метабономика, протеономика) для поиска биомаркеров и персонализированного подбора терапии. Перспективы применения искусственного интеллекта и big data в прогнозировании и лечении метаболических нарушений. Этические-правовые вопросы применения инновационных методов лечения.</p> <p>Задание: написать эссе (3–4 стр.) «Метаболическая инженерия и перспективные подходы к лечению диабета или ожирения» с анализом последних публикаций (Q1–Q2 журналы).</p>			
14	<p>СЗ 14. Искусственный интеллект (ИИ): применение в системной биологии и инженерии.</p> <p>Цель: изучить возможности применения методов искусственного интеллекта и машинного обучения в системной биологии и метаболической инженерии для анализа больших данных, предсказания биологических процессов и оптимизации биотехнологических систем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: основные направления применения ИИ в биологии и инженерии: анализ данных, прогнозирование, автоматизация. Машинное обучение и глубокое обучение в биоинформатике: методы классификации, кластеризации и нейронные сети. Применение ИИ в системной биологии: интеграция многомерных –омных данных (геномика, протеономика, метабономика), моделирование метаболических сетей и предсказание потоков, построение динамических моделей клеточных процессов. AlphaFold и революция в предсказании структуры белков. Применение ИИ в метаболической инженерии: оптимизация биосинтетических путей, выбор оптимальных генов-мишеней,</p>	2	10	<p>Анализ кейсов применения ИИ в биотехнологии (Nature Biotechnology, Cell Systems), работа с открытыми ИИ-инструментами (AlphaFold Protein Structure Database, ChatGPT для анализа текстов, AutoML), групповая дискуссия «ИИ в биологии: возможности и риски».</p>

	<p>прогнозирование выхода целевых соединений. Автоматизированные биотехнологические платформы и лаборатории «роботов-учёных». Кейсы: применение ИИ в разработке новых лекарств, ферментов, вакцин.</p> <p>Ограничения и вызовы: интерпретация моделей, необходимость качественных обучающих данных, этические аспекты.</p> <p>Перспективы: интеграция ИИ с синтетической биологией, цифровые двойники клеток, персонализированная медицина.</p> <p>Задание: подготовить презентацию (10–12 слайдов) «Применение ИИ в системной биологии и метаболической инженерии», выбрав один пример (AlphaFold, оптимизация метаболических сетей, разработка лекарств).</p>			
15	<p>СЗ 15. Будущее метаболической инженерии и биомедицинской инженерии.</p> <p>Цель: обсудить современные тенденции, перспективные направления и вызовы в развитии метаболической и биомедицинской инженерии, а также их роль в устойчивом развитии, медицине и глобальной биотехнологической индустрии.</p> <p>Рассматриваемые вопросы: современные тренды: синтетическая биология, биоинформатика, нанотехнологии, автоматизация биопроцессов. Концепция «клеточных фабрик будущего»: микроорганизмы, растения и клетки млекопитающих как платформы для производства БАВ, вакцин, белков и биотоплива.</p> <p>Персонализированная медицина и генная терапия: прогнозирование, диагностика и лечение на основе индивидуальных метаболических профилей.</p> <p>Биомедицинская инженерия и «organ-on-a-chip» технологии для моделирования заболеваний и тестирования лекарств.</p> <p>Интеграция искусственного интеллекта и больших данных в проектирование метаболических сетей и лекарственных препаратов. Роль CRISPR и новых методов редактирования генома в будущем лечении наследственных и метаболических заболеваний. Применение</p>	2	10	<p>Дискуссия «Этические вызовы биоинженерии будущего», групповая работа над дорожной картой развития метаболической инженерии, дебаты «Будущее за синтетической биологией или за традиционными биотехнологиями?».</p>

	<p>метаболической инженерии в «зеленой экономике»: производство биотоплива, биопластика, экологически чистых продуктов. Этико-правовые и социальные вызовы: биоэтика, биобезопасность, регулирование ГМО и трансгенных организмов. Вклад метаболической и биомедицинской инженерии в реализацию Целей устойчивого развития (ЦУР 3 – здоровье и благополучие, ЦУР 12 – ответственное потребление и производство, ЦУР 9 – инновации и инфраструктура).</p> <p>Задание: подготовить мини-эссе (2–3 стр.) «Перспективы развития метаболической и биомедицинской инженерии до 2050 года» с опорой на современные обзоры (Q1–Q2 журналы, прогнозы международных организаций).</p>			
Рубежный контроль 2				100

Литература

1. Nelson D.L., Cox M.M. Lehninger Principles of Biochemistry. 8th Edition. 2021.
2. Berg J.M., Tymoczko J.L., Gatto G.J., Strye L. Biochemistry. 8th Edition. 2019.
3. Н.И. Коростелева, Т.В. Громова, И.Г. Жукова Биотехнология // Барнаул, Издательство АГАУ, 2014, -127 с.
4. From Basic Research to Industrial Applications. Edited by Wim J. Quax. 2017 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
5. Jones J., Higgins I.J., Best D.J. Biotechnology: principles and applications. Blackwell Scientific Publications. 2018. -360 P.
6. Кригер О.В., Основы генетической инженерии– СПб: Университет ИТМО, 2023. – 59 с.

Профессиональные научные базы данных

1. Protein Data Bank (PDB) www.rcsb.org
2. omix.ru

Интернет-ресурсы

1. <http://elibrary.kaznu.kz/ru>

МООС/видеолекции open.kaznu.kz

Исследовательская инфраструктура

413 исследовательская лаборатория Биотехнология растений, 415 ауд.

Академическая политика дисциплины определяется [Академической политикой и Политикой академической честности КазНУ имени аль-Фараби](#).

Документы доступны на главной странице ИС Univer.

Интеграция науки и образования. Научно-исследовательская работа студентов, магистрантов и докторантов – это углубление учебного процесса. Она организуется непосредственно на кафедрах, в лабораториях, научных и проектных подразделениях университета, в студенческих научно-технических объединениях. Самостоятельная работа обучающихся на всех уровнях образования направлена на развитие исследовательских навыков и компетенций на основе получения нового знания с применением современных научно-исследовательских и информационных технологий. Преподаватель исследовательского университета интегрирует результаты научной деятельности в тематику лекций и семинарских (практических) занятий, лабораторных занятий и в задания СРДП,

СРД, которые отражаются в силлабусе и отвечают за актуальность тематик учебных занятий и заданий.

Посещаемость. Дедлайн каждого задания указан в календаре (графике) реализации содержания дисциплины. Несоблюдение дедлайнов приводит к потере баллов.

Академическая честность. Практические/лабораторные занятия, СРМ развивают у обучающегося самостоятельность, критическое мышление, креативность. Недопустимы плагиат, подлог, использование шпаргалок, списывание на всех этапах выполнения заданий.

Соблюдение академической честности в период теоретического обучения и на экзаменах помимо основных политик регламентируют [«Правила проведения итогового контроля»](#), [«Инструкции для проведения итогового контроля осеннего/весеннего семестра текущего учебного года»](#), [«Положение о проверке текстовых документов обучающихся на наличие заимствований»](#).

Документы доступны на главной странице ИС Univer.

Основные принципы инклюзивного образования. Образовательная среда университета задумана как безопасное место, где всегда присутствуют поддержка и равное отношение со стороны преподавателя ко всем обучающимся и обучающимся друг к другу независимо от гендерной, расовой/ этнической принадлежности, религиозных убеждений, социально-экономического статуса, физического здоровья студента и др. Все люди нуждаются в поддержке и дружбе ровесников и сокурсников. Для всех студентов достижение прогресса скорее в том, что они могут делать, чем в том, что не могут. Разнообразие усиливает все стороны жизни.

Все обучающиеся, особенно с ограниченными возможностями, могут получать консультативную помощь по телефону 87022182278 / e-mail saltanat.asrandina@kaznu.kz ; Svetlana.turasheva@kaznu.edu.kz либо посредством видеосвязи в MS Teams <https://teams.live.com/j/community/FEA5zatPu8-n1HULwI>

Интеграция МООС (massive open online course). В случае интеграции МООС в дисциплину, всем обучающимся необходимо зарегистрироваться на МООС. Сроки прохождения модулей МООС должны неукоснительно соблюдаться в соответствии с графиком изучения дисциплины.

ВНИМАНИЕ! Дедлайн каждого задания указан в календаре (графике) реализации содержания дисциплины, а также в МООС. Несоблюдение дедлайнов приводит к потере баллов.