

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1158080	Метаболическая инженерия в биотехнологии

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Пищевая биотехнология	Код ОП 1. 19.04.01/33.02
Направление подготовки 1. Биотехнология	Код направления и уровня подготовки 1. 19.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Безматерных Максим Алексеевич	кандидат химических наук, доцент	Доцент	технологии органического синтеза

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Метаболическая инженерия в биотехнологии**

1.1. Аннотация содержания модуля

Дисциплина «Метаболическая инженерия в биотехнологии» входит в состав проектного практикума А и представляет собой широкий обзор метаболического инжиниринга с акцентом на то, как метаболизм индустриально значимых микроорганизмов функционирует, как существующие метаболические пути могут быть проанализированы, как полученное знание может быть использовано для того что бы рационально изменить их, как новые метаболические пути могут быть вставлены в микроорганизмы с использованием методов рекомбинантной ДНК.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Метаболическая инженерия в биотехнологии	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Биоинженерия2. Информационные методы в науке и образовании3. Информационно-аналитические методы в науке и образовании
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Проектирование биотехнологических производств2. Проектный интенсив – ВС «Оптимизация получения продуктов биотехнологии»3. Проектный практикум – А «Моделирование биотехнологических процессов»4. Контроль качества продуктов пищевой биотехнологии5. Продукты биотехнологии из растительного и животного сырья6. Биотехнология переработки растительного и животного сырья

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Метаболическая инженерия в биотехнологии	УК-2 - Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<p>З-1 - Демонстрировать понимание процессов управления проектом, планирования ресурсов, критерии оценки рисков и результатов проектной деятельности</p> <p>З-2 - Формулировать основные принципы формирования концепции проекта в сфере профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Формулировать актуальность, цели, задачи, обосновывать значимость проекта, выбирать стратегию для разработки концепции проекта в рамках обозначенной проблемы</p> <p>У-2 - Прогнозировать ожидаемые результаты и возможные сферы их применения в зависимости от типа проекта</p> <p>У-3 - Анализировать и оценивать риски и результаты проекта на каждом этапе его реализации и корректировать проект в соответствии с критериями, ресурсами и ограничениями</p> <p>П-1 - Составлять план проекта и график реализации, разрабатывать мероприятия по контролю его выполнения и оценки результатов проекта</p> <p>П-2 - Выбирать оптимальные способы решения конкретных задач проекта на каждом этапе его реализации на основе анализа и оценки рисков и их последствий с учетом ресурсов и ограничений</p> <p>Д-1 - Проявлять способность к поиску новой информации, умение принимать решения в нестандартных ситуациях</p> <p>Д-2 - Демонстрировать способность убеждать, аргументировать свою позицию</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Метаболическая инженерия в
биотехнологии

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Безматерных Максим Алексеевич	кандидат химических наук, доцент	Доцент	технологии органического синтеза

Рекомендовано учебно-методическим советом института Химико-технологический

Протокол № 8 от 25.08.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Безматерных Максим Алексеевич, Доцент, технологии органического синтеза**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основы метаболического инжиниринга	Общие положения о метаболической инженерии. Расширение спектра используемых субстратов. Метаболическая инженерия в решении проблемы создания новых продуктов микробиологического синтеза.
P2	Обзор клеточного метаболизма	Обзор клеточного метаболизма, транспортные реакции, реакции, питающие энергетический метаболизм, реакции биосинтеза, полимеризация, биохимия метаболических путей.
P3	Моделирование клеточных реакций	Стехиометрия клеточных реакций, скорости реакций, динамический баланс масс, коэффициенты выхода и линейные уравнения скорости. Материальный баланс и соответствие данных: элементарный и окислительно-восстановительный балансы. Моделирование по принципу чёрного ящика, элементарный баланс, баланс степени восстановленности, тепловой баланс, систематический анализ стехиометрии.
P4	Сеть биохимических реакций	Метаболические сети с расходящимися ветвями, формальные и на основе матрицы описания метаболических сетей, энергетика роста, энергетика аэробных и анаэробных процессов, метаболические потоки и их измерение.
P5	Примеры манипуляции путей. Метаболический инжиниринг в практике	Повышение выхода продукта и производительности (этанол, аминокислоты, растворители, антибиотики, секретируемые белки), универсальные химикаты, биоочистка, расширение субстратного диапазона, расширение спектра продукта и новые продукты, улучшение клеточных свойств, детоксификация,

		проектирование биотехнологических процессов (критерии для коммерческого успеха).
Р6	Анализ потоков через метаболические сети	Выражение скорости формирования биомассы, структуры сетей и использованием измеряемых скоростей, использование меченых субстратов, переопределенные системы, недоопределенные систем, линейное программирование, анализ чувствительности. Структура модели и её сложность, общая структура кинетических моделей, неструктурированные кинетические модели роста, простые структурированные модели. Уравнение баланса популяции.
Р7	Оптимизация ферментационных сред	Традиционные методы изучения многофакторных зависимостей. Метод Бокса-Уилсона. Математические процедуры в методе Бокса-Уилсона. Статистическая оценка результатов. Заключительные этапы оптимизации среды. Многоуровневые планы эксперимента.
Р8	Управление технологическими режимами периодических и непрерывных процессов	Проектирование процесса ферментации. Стационарные режимы, бэтч и фэд-бэтч процессы, не стационарные режимы, реакторы с поршневым потоком. Основные технологические параметры и управляющие воздействие в процессе ферментации. Формулирование задачи оптимизации профилей изменения режимных параметров во времени. Ступенчатые профили изменения режимных параметров периодической ферментации. Особенности регулирования концентрации субстрата в периодических и полупериодических процессах ферментации. Оптимизация времени завершения периодического процесса ферментации. Тубулярные и хемостатные процессы непрерывного культивирования. Сравнение производительности периодического и непрерывного процессов. Автоселекция в непрерывном процессе. Хемостат с рециркуляцией биомассы клеток. Двухстадийный хемостат. Метод импульсных добавок для подбора оптимальной среды. Непрерывное культивирование с внешним регулированием параметров. Преимущества и недостатки периодических, полупериодических и непрерывных методов.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации /полностью на иностранном языке.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Метаболическая инженерия в биотехнологии

Электронные ресурсы (издания)

1. Решетняк, , Е. П.; Синтез систем автоматического управления в биотехнологии методом стандартных коэффициентов; Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Вузовское

образование, Саратов; 2006; <http://www.iprbookshop.ru/8158.html> (Электронное издание)

2. Хабибуллин, Р. Э.; Оптимизация биотехнологических процессов переработки отходов агропромышленного комплекса : монография.; Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/62515.html> (Электронное издание)

3. Сироткин, А. С.; Теоретические основы биотехнологии : учебно-методическое пособие.; Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань; 2010; <http://www.iprbookshop.ru/63475.html> (Электронное издание)

4. Щелкунов, С. Н.; Генетическая инженерия : учебно-справочное пособие.; Сибирское университетское издательство, Новосибирск; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/65273.html> (Электронное издание)

5. Сучкова, Е. П.; Разработка инновационной продукции пищевой биотехнологии; Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, Санкт-Петербург; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/68075.html> (Электронное издание)

6. Миронов, П. В.; Моделирование и масштабирование биотехнологических процессов : учебное пособие для студентов магистратуры по направлению подготовки 19.04.01 «биотехнология» всех форм обучения.; Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/94889.html> (Электронное издание)

7. ; Системный анализ и оптимизация биотехнологических производств : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, Тамбов; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/99812.html> (Электронное издание)

8. Кошкина, Л. Ю.; Инжиниринг биотехнологических процессов и систем : учебное пособие.; Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/100533.html> (Электронное издание)

9. Кошкина, Л. Ю.; Инжиниринг биотехнологических процессов и систем : учебное пособие.; Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/100533.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Бирюков, В. В.; Основы промышленной биотехнологии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов" и "Машины и аппараты хим. пр-в".; КолосС : Химия, Москва; 2004 (44 экз.)

2. Бейли, Д. Э., Джеймс Э., Кирюшкин, А. А.; [Ч.] 1 : в 2 частях.; Мир, Москва; 1989 (3 экз.)

3. Бейли, Д. Э., Джеймс Э., Кирюшкин, А. А.; [Ч.] 2 : в 2 частях.; Мир, Москва; 1989 (3 экз.)

4. Безбородов, А. М.; Микробиологический синтез; Проспект Науки, Санкт-Петербург; 2011 (15 экз.)

5. Валентас, Кеннет Дж., К. Дж., Ротштейн, Ротштейн Э., Сингх, Р. Пол, Р. П., Ишевский, А. Л., Ашкинази, В., Игнатович, В., Лешин, С.; Пищевая инженерия. Справочник с примерами расчетов; Профессия, Санкт-Петербург; 2004 (11 экз.)

6. Кольман, Я., Рем, К.-Г., Козлов, Л. В., Левина, Е. С., Решетов, П. Д., Соркина, Т. И.; Наглядная биохимия : [справочник].; Мир, Москва; 2004 (33 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Зональная библиотека УрФУ – <http://lib.urfu.ru/>.

Центр биоинженерии РАН – <http://www.biengi.ac.ru/>.

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Научный электронный журнал «Живые системы» – <http://biorf.ru/>.

Журнал «Биотехнология» – <http://www.genetika.ru/journal/>.

Журнал «Nature» – <http://www.nature.com/index.html>.

Журнал «Science» – www.sciencemag.org/.

Журнал «Biotechnology: theory and practice» – <http://www.biotechlink.org/>.

Журнал «Biotechnology Advances» – <http://www.journals.elsevier.com/biotechnology-advances/>.

Журнал «Current Opinion in Biotechnology» – <http://www.journals.elsevier.com/current-opinion-in-biotechnology/>.

Журнал «Journal of Biotechnology» – <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-biotechnology/>.

Научная электронная библиотека eLibrary.ru – <http://elibrary.ru>.

Научная электронная библиотека КиберЛенинка – <http://cyberleninka.ru/>.

Биотехнологический портал – <http://bio-x.ru/>.

Общество биотехнологов России – <http://www.biorosinfo.ru>.

Сайт о промышленной биотехнологии – <http://sredovarka.ucoz.com/>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Метаболическая инженерия в биотехнологии

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Браузер Google Chrome или Mozilla Firefox

		<p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> <p>Мультимедийная аудитория</p>	
2	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Браузер Google Chrome или Mazila Firefox</p>
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Браузер Google Chrome или Mazila Firefox</p>
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Браузер Google Chrome или Mazila Firefox</p>