

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 19.04.01 Биотехнология, профиль Фармацевтическая биотехнология  
Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Получение продигиозина с использованием диких штаммов продуцентов</b>
УДК <u>579.222.3</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ91	Бейсек Каныш Жулдзбекулы		07.06.2021

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Чубик М.В.	К.М.Н.		08.06.2021

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук И.В.	К.Т.Н.		04.06.2021

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОТД ШБИП	Сечин А.А.	К.Т.Н.		04.06.2021

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП 19.04.01 Биотехнология	Краснокутская Е.А.	Д.Х.Н., профессор		10.06.2021

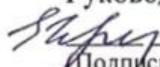
Томск – 2021 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 19.04.01 Биотехнология, профиль Биотехнология  
 Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП 19.04.01 Биотехнология

 Краснокутская Е.А.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)  
 02.02.2021 г.

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ91	Бейсек Каныш Жулдзбекулы

Тема работы:

Получение продигиозина с использованием диких штаммов продуцентов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	21.04.2021 г. № 111-8/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021 г.
--	---------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>          (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p><i>Получение продигиозина с использованием диких штаммов продуцентов</i></p>
--	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обзор литературы</li> <li>• Объект и методы исследования</li> <li>• Описание экспериментальной части</li> <li>• Результаты проведенного исследования</li> <li>• Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>• Социальная ответственность</li> <li>• Заключение</li> </ul>
--	---

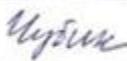
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И.В., доцент ОСГН ШБИП, к.т.н.
Социальная ответственность	Сечин А.А., доцент ООД ШБИП, к.т.н.
Раздел на иностранном языке	Ажель Ю.П., старший преподаватель

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

**Задание выдал руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Чубик М.В.	к.м.н., доцент		02.02.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ91	Бейсек Каныш Жулдзбекулы		02.02.2022

# ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

## по направлению 19.04.01 Биотехнология

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	способен к профессиональной эксплуатации современного биотехнологического оборудования и научных приборов
ОПК(У)-2	готов к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	готов руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-4	готов использовать методы математического моделирования материалов и технологических процессов, готов к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез
ОПК(У)-5	способен использовать современные информационные технологии для сбора, обработки и распространения научной информации в области биотехнологии и смежных отраслей, способен использовать базы данных, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-6	готов к защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	готов к планированию, организации и проведению научно-исследовательских работ в области биотехнологии, способен проводить корректную обработку результатов экспериментов и делать обоснованные заключения и выводы
ПК(У)-2	способен проводить анализ научной и технической информации в области биотехнологии и смежных дисциплин с целью научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>ПК(У)-3</b>	способен представлять результаты выполненной работы в виде научно-технических отчетов, обзоров, научных докладов и публикаций с использованием современных возможностей информационных технологий и с учетом требований по защите интеллектуальной собственности
<b>ПК(У)-13</b>	готов к организации, планированию и управлению действующими биотехнологическими процессами и производством
<b>ПК(У)-14</b>	способен использовать типовые и разрабатывать новые методы инженерных расчетов технологических параметров и оборудования биотехнологических производств
<b>ПК(У)-15</b>	готов обеспечивать стабильность показателей производства и качества выпускаемой продукции
<b>ПК(У)-16</b>	способен осуществлять эффективную работу средств контроля, автоматизации и автоматизированного управления производством, химико-технического, биохимического и микробиологического контроля
<b>ПК(У)-17</b>	готов к проведению опытно-промышленной отработки технологии и масштабированию процессов
<b>ПК(У)-18</b>	способен к выработке и научному обоснованию схем оптимальной комплексной аттестации биотехнологических продуктов
<b>ПК(У)-19</b>	способен к анализу показателей технологического процесса на соответствие исходным научным разработкам
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
<b>ДПК(У)-1</b>	готов к разработке учебно-методической документации для реализации образовательных программ, проведения занятий и обучения персонала

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ91	Бейсек К.Ж.

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Н.М.Кижнера
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	19.04.01 Биотехнология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска  Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности  SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	Расчет бюджетной стоимости ИР
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

1. «Портрет» потребителя
2. Оценка конкурентоспособности ИР
3. Матрица SWOT
4. График разработки и внедрения ИР
5. Инвестиционный план. Бюджет ИП
6. Основные показатели эффективности ИП

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

01.02.2021

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук И.В.	к.т.н., доцент		22.02.21

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ91	Бейсек К.Ж.		22.02.21

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ91	Бейсек Каныш Жулдзбекулы

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	НОЦ Н.М.Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Биотехнология

Тема ВКР:

### Получение продигиозина с использованием диких штаммов продуцентов

#### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объекты исследования: красный бактериальный пигмент продигиозин, синтезируемый Serratia marcescens и способы оптимизации его культивирования Область применения: фармацевтика, красители</i>
--	---

#### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	ГОСТ 12.2.033-78 <i>Рабочее место при выполнении работ стоя</i> Трудовой кодекс РФ ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. <i>Опасные и вредные производственные факторы. Классификация</i> ГОСТ 12.1.003-2014 <i>Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности</i>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<i>Вредные факторы:</i> -изменение температуры, влажности воздуха в рабочей зоне, -превышение уровня шума -работа с патогенными микроорганизмами -низкая освещенность рабочей зоны -неисправное электрооборудование
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<i>Атмосфера: контаминация воздуха. Гидросфера: бактериальное загрязнение</i>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<i>Возможные ЧС: Химический/термический ожог, возгорание легковоспламеняющихся жидкостей, электротравма, взрыв аппаратов высокого давления</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.А.	к.т.н.		02.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ91	Бейсек К.Ж.		02.02.2021

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа – 85 с., 12 рис., 29 табл., 49 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: продигиозин, продигиозиноподобный фермент, *Serratia marcescens*, оптимизация синтеза.

Объектом исследования является продигиозин и продигиозинподобные ферменты, синтезируемые дикими штаммами *Serratia marcescens*.

Цель работы – увеличение синтеза продигиозина дикого штамма *Serratia marcescens*.

В процессе исследования проводились: получение дикого штамма *Serratia marcescens*, культивирование, получение пигмента продигиозина, экстракция, УФ анализ.

В результате исследования: была получена чистая культура продуцента *Serratia marcescens*, экстрагирован продигиозинподобный пигмент, определены его структура, оптимальная среда для культивирования продуцента продигиозинподобного пигмента. Проведена оценка ресурсоэффективности проекта. Определены факторы, негативно влияющие на работу с данным процессом.

Область применения: пигмент промышленного назначения, нефтяной маркер, лекарственное вещество

Значимость работы – изучена производительность дикого штамма бактерии *Serratia marcescens*, полученной в помещениях ТПУ.

В будущем планируется изучение влияния состава питательной среды, физического, биологического факторов на биосинтез продигиозина, внедрение новых методов извлечения пигмента.

## **Список сокращений**

- ГОСТ – государственный стандарт  
ЛВЖ - легко воспламеняющиеся жидкости  
ГН – государственный норматив  
СанПиН – санитарные правила и нормы  
ПДК – предельно-допустимая концентрация  
СНиП – строительные нормы и правила  
ЧС - чрезвычайная ситуация  
ТСХ – тонкослойная хроматография

## Оглавление

Введение.....	13
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1 Химические и физические свойства продигиозина .....	14
1.2 Природные продуценты продигиозина .....	15
1.3 <i>Serratia marcescens</i> .....	16
1.4 Применение продигиозина.....	20
1.5 Экстракция продигиозина.....	20
1.6 Очистка и идентификация продигиозина.....	23
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	25
2.1 Описание бактерий рода <i>Serratia</i> .....	25
2.2 Питательные среды .....	26
2.3 Реактивы.....	27
2.4 Выделение дикого штамма <i>S. marcescens</i> .....	28
2.4.1 Идентификация <i>S. marcescens</i> .....	29
2.4.2 Культивирование продуцента.....	31
2.5 Получение пигмента и его экстракционная отчистка .....	32
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	34
3.1 Процесс получения дикого штамма <i>S. marcescens</i> из воздуха рабочих помещений .....	34
3.2 Идентификация и культивирование штамма <i>S. marcescens</i> .....	34
3.3 Культивирование продуцента продигиозина.....	35
3.4 Изучение влияния физических факторов на рост <i>S. marcescens</i> .....	36
3.5 Выделение пигмента из клеток <i>S. marcescens</i> .....	37
3.6 Отчистка пигмента.....	37
3.7 Установление структуры пигмента.....	38
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	40
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	44
Введение.....	44
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	45

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	45
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	45
5.1.3 SWOT-анализ .....	47
5.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	50
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	50
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	51
5.3 Бюджет научно-технического исследования .....	54
5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования ...	54
5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования .....	55
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	57
5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	59
5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	59
5.3.6 Накладные расходы .....	59
5.3.7 Бюджетная стоимость НИР.....	60
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	61
5.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности .....	61
5.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности .....	62
Выводы по разделу .....	64
6 Социальная ответственность .....	65
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	66
6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	66
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	67
6.2 Производственная безопасность .....	68
6.3 Экологическая безопасность.....	75
6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	75
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	76
6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований, и ЧС, которые могут произойти на рабочем месте .....	76

6.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований .....	77
6.4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	77
Заключение .....	79
Список использованных источников .....	80
Приложение Б .....	87

## Введение

Исследования в области биосинтетических веществ стимулируют интерес к поиску более производительных штаммов для синтеза полезных соединений. Одним из таких веществ является продигиозин, синтезируемый палочковидной грам-отрицательной бактерией *Serratia marcescens*.

Продигиозин – вторичный метаболит, обладающий ярко-красным цветом. Представляет собой линейный трипиррол (пиррол, 3-мктоксипиррол, 2-метил-3-амилпиррол). На практике применяется в качестве красителя для полимерных соединений ввиду ряда преимуществ над иными органическими и неорганическими красителями. Из-за способности к растворению в различных видах бензина, может использоваться в качестве маркера для нефтепродуктов. Так же имеется возможность использования продигиозина и продигиозинподобные пигменты в фармацевтической сфере в качестве иммунодепрессанта или противоопухолевого препарата, практически не токсичного к нормальным линиям клеток.

В данном исследовании, нами проделана работа по сбору дикого штамма микроорганизма, культивированию и оптимизации условий культивирования продуцента для синтеза продукта.

**Цель работы:** Увеличенный биосинтез продигиозина.

**Задачи:**

1. Получение дикой культуры микроорганизма *Serratia marcescens*;
2. Выделение чистой культуры;
3. Оптимизация условий культивирования;
4. Синтез и очистка продигиозина;
5. Оценка финансовой эффективности и социальной безопасности.

**Объект исследования:** Красный бактериальный пигмент продигиозин

**Научная новизна:** изучение физических факторов на биосинтез продигиозина бактерией *Serratia marcescens*.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Химические и физические свойства продигиозина

Продигиозин – ярко-красный нерастворимый в воде пигмент, синтезируемый энтеробактериями *Serratia marcescens*, представляющий собой линейный трипиррол (3-метоксипиррол, 2-метил-3-амилпиррол). Молекулярная формула:  $C_{20}H_{25}N_3O$  ( $M_r=323.4$ г/моль). [1,2]

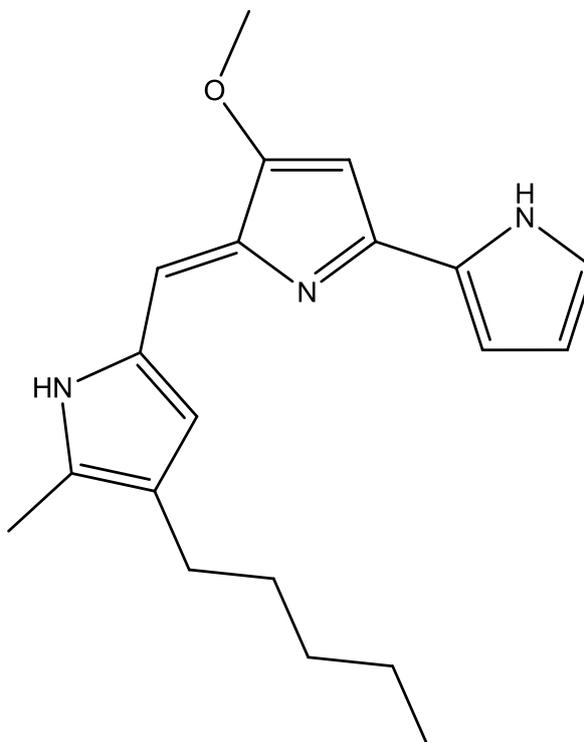


Рисунок 1.1.1. Структура продигиозина

Физико-химические свойства продигиозина подробно изучены в ряде исследований.

Известно, что в зависимости от pH среды у продигиозина показывает красный и желтый окрас. В нейтральных и кислых растворах имеет красный цвет с максимумом поглощения при 530-540 нм. В щелочной среде максимум поглощения составляет 460-470 нм и пигмент окрашивается в оранжево-желтый цвет. [1]

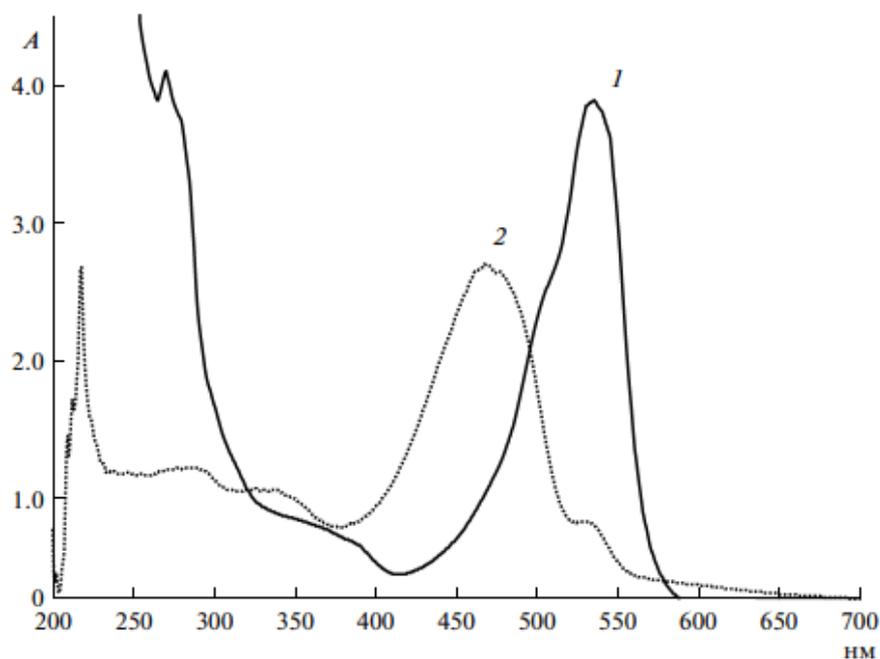


Рисунок 1.1.2. Спектр поглощения продигиозина в этаноле при рН 3,0(1) и рН 9,0(2)

## 1.2 Природные продуценты продигиозина

К продуцентам продигиозина относятся *Serratia marcescens*, *Vibrio psychoerythrus*, *Streptovorticillium rubrireticuli* и другие эубактерии. К наиболее изученным и часто применяемым относится *S. marcescens*. Продигиозин является вторичным метаболитом, который вырабатывается только на стационарной стадии роста бактерий. На производство продигиозина, влияют многочисленные факторы окружающей среды, в том числе наличие неорганического фосфата, состав среды, температура и рН.

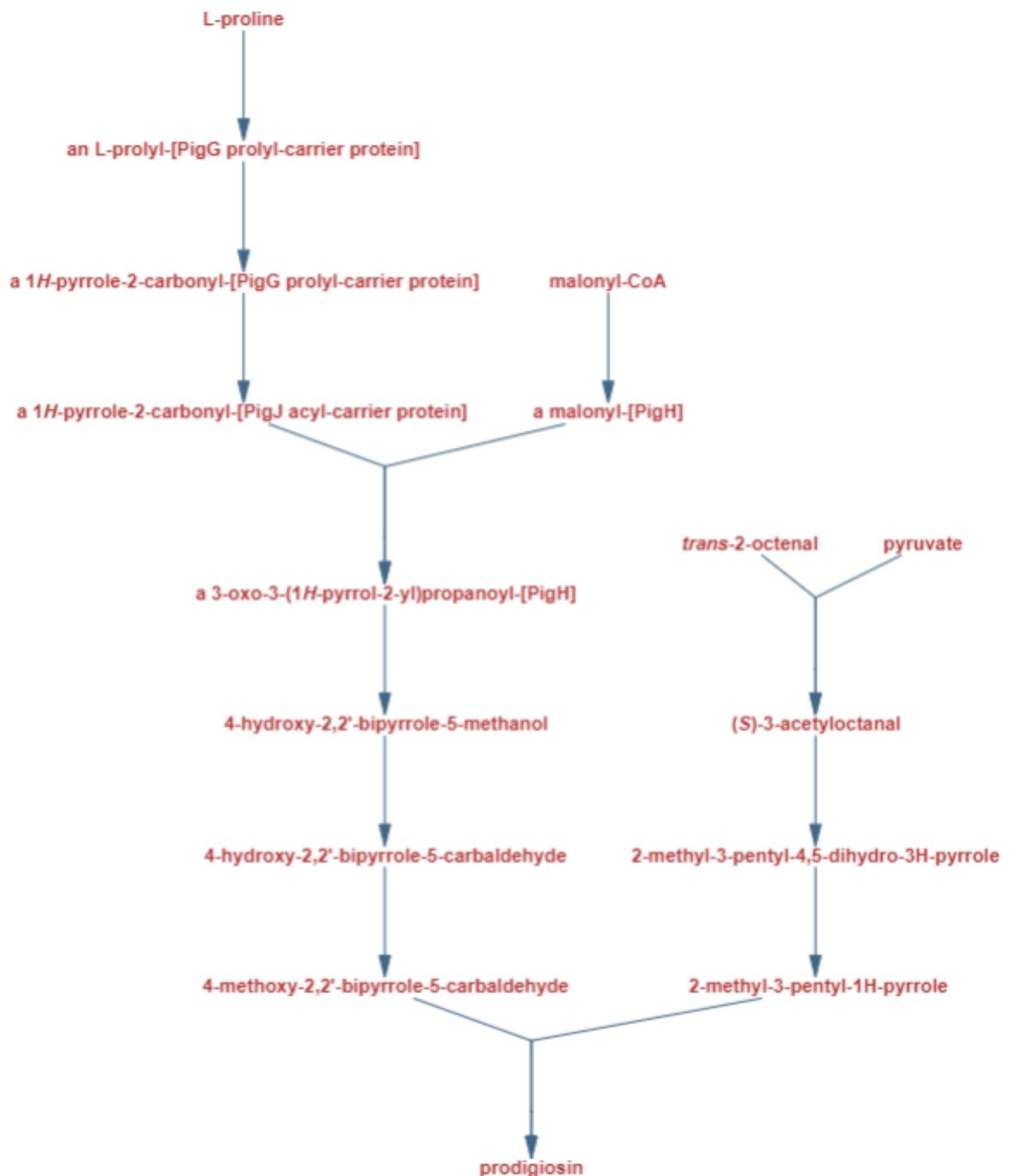


Рисунок 1.2.1 – Биосинтетический путь продигиозина [3]

### 1.3 *Serratia marcescens*

*Serratia marcescens* - палочковидная, грамотрицательная, факультативная анаэробная бактерия. В качестве источника энергии бактерия использует ферментативные реакции и содержит ферменты (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза), которые защищают его от активных форм кислорода, позволяя ему жить в насыщенной кислородом

среде. [4]. Наружная мембрана также служит средством регулирования поглощения питательных веществ и исключения токсинов. Белковые поры и переносчики, обнаруженные в слоях оболочки, различаются по селективности [5].

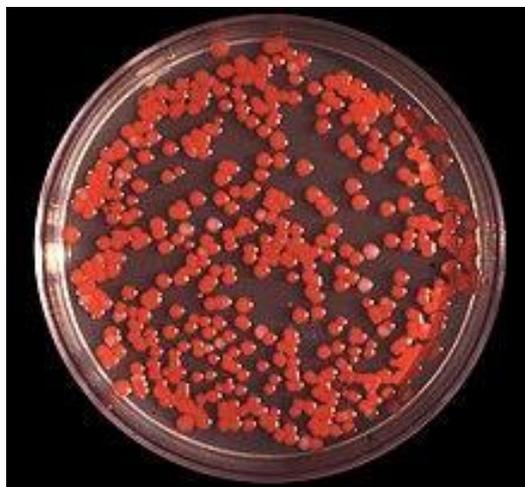


Рисунок 1.3.1 - *Serratia marcescens* на агаре.

*Serratia marcescens* обладает воспроизводимой способностью расщеплять казеин, образуя просветление на чашках с молочным агаром. Она использует протеазы, для разрушения пептидных связей (CO-NH) в казеине [6].

Распространена *S. marcescens* повсеместно. Обычно она содержится в почве, воде, растениях и животных. Она широко присутствует в непитьевой воде в слаборазвитых странах из-за плохого хлорирования. Этот микроорганизм является обычным возбудителем заражения чашек Петри в лабораториях, а также растет на хлебе [7]. Хотя *S. marcescens* является патогенным микроорганизмом, это относится только к людям с ослабленным иммунитетом, например, в больницах, где имеют место многие задокументированные инфекции. Этот микроорганизм передается либо при прямом контакте, либо через катетеры, капли, солевые растворы для орошения и другие растворы, которые считаются стерильными [7].

В плане патогенности данный микроорганизм относится к условно-патогенным. Вызывает нозокомиальные инфекции. Он устойчив ко многим

антибиотикам, традиционно используемым для лечения бактериальных инфекций, таким как пенициллин и ампициллин [8]. Большинство штаммов устойчивы к нескольким антибиотикам из-за присутствия R-факторов (генов, кодирующих устойчивость к антибиотикам) на плазмидах [9]. Заболевания вызываемые *S. marcescens*: сепсис, бактериемия, менингит, церебральные абсцессы, инфекции мочевыводящих путей, остеомиелит, глазные инфекции и эндокардит [10]. В связи с широким спектром болезней, вызываемых *S. marcescens*, не существует одного определяющего симптома или источника происхождения. Так же образующиеся биопленки обычно являются патогенными для организма [2].

Кроме того, ЛПС действует как эндотоксин. Высвобождение ЛПС должно чрезмерно стимулировать защитный механизм хозяина и вызывать у последнего смертельный эндотоксический шок [18]. Таким образом, присутствие ЛПС затрудняет уничтожение *S. marcescens*, не вызывая гибели клеток хозяина.

Некоторые из антибиотиков, которые оказались эффективными против *S. marcescens*, являются антипсевдомонадными бета-лактамными антибиотиками, которые убивают бактерии, подавляя синтез клеточной стенки. Хотя они были разработаны и использовались для уничтожения псевдомонад, они также доказали свою эффективность против *S. marcescens* [10] и других близкородственных грамотрицательных бактерий. Частично проблема этого организма заключается в его способности колонизировать любую поверхность. Например, *S. marcescens* была определена как наиболее часто встречающийся организм как в соскобах роговицы, так и в контактных линзах [8]. Однако было обнаружено, что поликватерний-1 (биоцид, коммерчески используемый в растворе для дезинфекции контактных линз) активен против цитоплазматической мембраны *S. marcescens* [11].

*S. marcescens* содержат R-факторы, которые представляют собой определенные типы плазмиды, несущие один или несколько генов, которые придают устойчивость к различным типам противомикробных агентов.

Вклад R-факторов в устойчивость *Serratia* к различным лекарственным средствам был изучен в 1969 году [12]. Это исследование показало, что из 22 множественных устойчивых штаммов, 21 смог передать одну форму своего сопротивления другим. Это исследование также показало, что лекарственная устойчивость была гораздо более распространена у *Serratia*, чем у любого другого обычно изолированного представителя *Enterobacteriaceae*. Было также обнаружено, что R-факторы не только опосредуют лекарственную устойчивость к штаммам, которые когда-то были восприимчивы к определенным лекарствам, но также придают дополнительную устойчивость к лекарствам, к которым эти штаммы уже ранее были устойчивы [12]. С тех пор другие эксперименты пришли к выводу, что система переноса R-факторов у *S. marcescens* может быть чувствительной к температуре и с большей вероятностью происходить между теми организмами, которые, как было установлено, более тесно связаны филогенетически.

*S. marcescens* не только имеет R-факторы, которые кодируют гены определенной лекарственной устойчивости, но также содержит эффлюксные насосы, которые дополнительно удаляют токсины, которые могут быть фатальными для микроорганизмов. В частности, SdeXY был первым оттоком от нескольких лекарственных препаратов, принадлежащим к семейству RND (Resistance-Nodulation-Cell Division), обнаруженным у *S. marcescens*. Обнаружено, что ген SdeY является членом семейства RND, тогда как SdeX является членом слитых белков мембраны. При правильной работе эти белки снижают восприимчивость организма к эритромицину, тетрациклину, норфлоксацину, хлориду бензалкония, бромиду этидия, акрифлавину и родамину 6G (ссылка 4). Другие эффлюксные насосы также были разделены на категории, такие как насос SdeAB RND и насос SdeCDE RND. Первый функционирует с широкой субстратной специфичностью, а второй состоит из белков слияния мембран и двух разных переносчиков RND (SdeD и SdeE) [13]. Другой тип эффлюксного насоса для некоторых лекарственных препаратов, обнаруженных у этого микроорганизма - эффлюксный насос

типа ABC, называемый SmdAB. Оба гена SmdA и SmdB должны присутствовать и необходимы для устойчивости [14].

#### **1.4 Применение продигозина**

Как и многие вторичные метаболиты бактерий, продигозин в последнее время приобретает практическое значение.

Полимерная красящая композиция-концентрат на основе полиолефинов. Используется для получения окрашенных полимеров и материалов на их основе. Соотношение полифенил: продигозин = 9:1 или 19:1 [15]

Маркер нефтепродуктов. Выступает в виде красителя. Используется  $(1,2-9,3)10^{-6}$  г/л [16]

Продигозин и продигозинподобные пигменты, синтезируемые некоторыми видами микроорганизмов, рассматриваются как новое семейство противоопухолевых лекарственных препаратов [1]. Также продигозин обладает антибактериальной, противомаларийной и антибиотической активностью. [2].

#### **1.5 Экстракция продигозина**

Экстракция - это первый шаг для отделения желаемых натуральных продуктов от сырья. Методы экстракции включают экстракцию растворителем, метод дистилляции, прессование и сублимацию по принципу экстракции. Экстракция растворителем - наиболее широко используемый метод. Экстракция натуральных продуктов проходит через следующие стадии:

- 1 растворитель проникает в твердую матрицу;
- 2 растворенное вещество растворяется в растворителях;
- 3 растворенное вещество диффундирует из твердой матрицы;
- 4 собираются извлеченные растворенные вещества.

Любой фактор, повышающий коэффициент диффузии и растворимость на вышеуказанных этапах, облегчит экстракцию. [17] В нашем случае это будет Тип растворителя (органический и неорганический) и растворение при нагревании. В качестве органического растворителя выступает этанол, неорганического – раствор HCl.

Ультразвуковая экстракция, также называемая обработкой ультразвуком, использует энергию ультразвуковой волны для экстракции. Ультразвук в растворителе вызывает кавитацию, ускоряет растворение и диффузию растворенного вещества, а также передачу тепла, что повышает эффективность экстракции. Другое преимущество ультразвука- низкое потребление растворителей и энергии, а также снижение температуры и времени экстракции. [18].

Протоколы типов воздействия:

Ультразвуковое воздействие - биомасса клеток была разрушена ультразвуковым гомогенизатором, установленной на 35% мощности, частота колебаний–20. 5 мл аликвоты в химическом стакане 25 мл и время обработки ультразвуком шесть минут;

Тепловое воздействие - биомассу клеток растворяли в 5 мл этанола на водяной бане 30 ° C и 60 ° C в течение 6 часов;

Воздействие неорганическим растворителем - в этом методе высушенная биомасса клеток обрабатывалась HCl (0,1 н.) И NaOH (0,1 н.), в обоих случаях объем экстракционной смеси составлял 5 мл, выдерживали 24 ч при комнатной температуре;

Воздействие органическим растворителем - биомассу клеток растворяли в 5 мл органического растворителя (метанол, ацетон, этанол, ацетонитрил, ДМСО, этилацетат, бензол, хлороформ) в течение 24 ч при комнатной температуре;

Гомогенизация - гомогенизация клеточной биомассы ступкой и пестиком в присутствии жидкого азота;

Замораживание и оттаивание - Биомасса клеток подвергалась замораживанию в течение 30 мин при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ , затем размораживали 30 мин на водяной бане при температуре  $40^{\circ}\text{C}$ , повторяя данную процедуру пять раз.

Результат проделанной работы можно наблюдать на таблице №1. [19]

Таблица 1 – Таблица результатов экстракции.

Метод экстракции	Биомасса, мг	Экстрагированно продигиозина, мг/мл
Ультразвук	50	2,54
Тепловая обработка		1,42
Обработка HCl(0,1)		1,36
Обработка Этанолом		1,19
Гомогенизация		0,49
Замораживание и оттаивание		0,06

Еще один метод экстракции продигиозина из бактериальной ферментации был реализован с использованием интегрированного реактора последовательной периодической экстракции (SBER - sequential batch extraction reactor), содержащего функционализированные оксиды железа  $[\text{Fe}_3\text{O}_4]$ ф. Группа  $[\text{Fe}_3\text{O}_4]$ ф, повышает эффективность адсорбции продигиозина. Два SBER были объединены с ферментером непрерывного действия для непрерывной экстракции продигиозина. Исследование установило метод экономии растворителя примерно на 95% во время стадии экстракции продигиозина. Предлагаемый метод экстракции можно рассматривать как прямую безрастворительную экстракцию бактериальных биологически активных соединений из бактериальной ферментированной среды. [20].

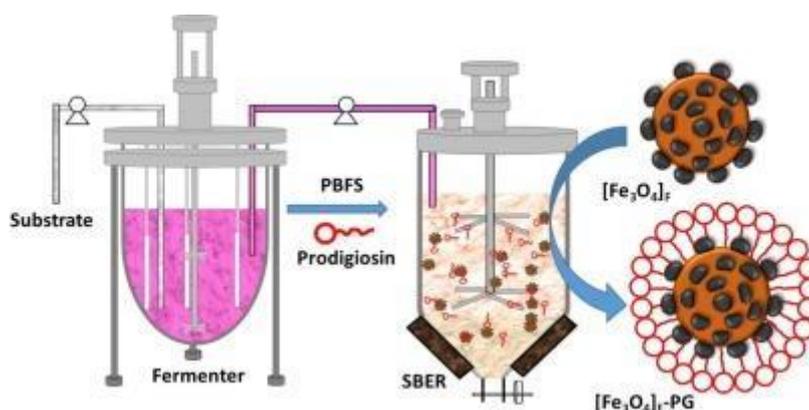


Рисунок 1.5.1 – схема интегрирования реактора последовательной периодической экстракции

### 1.6 Очистка и идентификация продигиозина.

Этанольный экстракт выпаривают в вакуумном шкафу при температуре 45-50°C и перерастворяют пигмент в хлороформе. Полученный раствор смешивают с равной по объему водно-этанольной смесью (объемное соотношение этанол-вода – 1/4) и эмульгируют на магнитной мешалке в течение 1 часа. От водорастворимых примесей и водно-этанольной смеси освобождаются на делительной воронке. Процедуру повторяют, увеличив объемное соотношение этанола вдвое. Затем пигментный препарат повторно высушивают в вакуумном шкафу и перерастворяют в этаноле.

Жидкостную хроматографию проводят на стеклянной колонке общим объемом 628 см с использованием силикагеля марки КСК. Однородную суспензию сорбента готовят из расчета 5 г силикагеля на 20-30 мл смеси гексан - ацетон 90 10 (об/об). После наполнения колонки уровень растворителя опускали до верхней границы столбика силикагеля и дважды промывали смесью гексан - ацетон 90 30 (об/об). Раствор пигмента в этаноле наносят на поверхность сорбента. Колонку промывают следующими растворителями: 350 мл смеси гексана с ацетоном в соотношении 90 30 (об/об), 200 мл ацетона. Скорость движения подвижной фазы (растворителя) в колонке - 03 мл/сек. Все полученные фракции собирают по отдельности и анализируют)

Тонкослойную хроматографию проводят на стеклянных пластинках для препаративного разделения, с силикагелем марки 60 F254. Смесь для разделения гексан - этиловый эфир - уксусная кислота в соотношении 70 30 1 (об/об/об) Для количественной и качественной характеристики измеряют величины Rf полученных полос, затем их по отдельности снимают с пластин вместе с сорбентом и последовательно элюируют следующими растворителями: 96% этанол, ацетон, хлороформ

Хроматографические полосы анализируют с использованием реактивов для определения фосфолипидов 0.5% раствор родамина В в этаноле, реактив Драгендорфа, нингидрин, пары йода.

Каждый этап очистки завершают анализом оптических спектров поглощения полученных фракций в ультрафиолетовой и видимой областях спектра

Физико-химические методы анализа очищенного пигмента продигиозина. ЯМР спектр на ядрах <sup>1</sup>H записывают на ЯМР спектрометре, с использованием в качестве растворителя дейтерированного хлороформа (CDC13)

Анализ оптических спектров поглощения полученных в работе фракций продигиозина проводят с использованием двулучевого спектрофотометра в диапазоне длин волн 200 700 нм Масс-спектрометрию проводили на приборе ВПМС [21]

## 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является красный внутриклеточный пигмент, продуцируемый бактерией *S. marcescens* – продигиозин. Продигиозин, красный линейный трипиррольный пигмент, секретируется *Serratia marcescens* в качестве вторичного метаболита.

### 2.1 Описание бактерий рода *Serratia*

Палочковидные (0,9-2,0 x 0,5-0,8 мкм), подвижные, грамотрицательные, условно-патогенные бактерии семьи *Yersiniaceae*. Имеют антигены O и H. относятся к факультативным анаэробам. К источникам энергии относятся аэробное дыхание и анаэробного окисление органических субстратов. Температурный оптимум 30 – 37°C, оптимальная pH 5-9 [22]. Катаболизируют D-глюкозу и другие углеводы с образованием кислоты и газа, способны к гидролизу казеина. Большинство штаммов положительные по лизиндекарбоксилазе и орнитиндекарбоксилазе, отрицательные по аргининдигидролазе. В таблице 2 приведены дифференциальные признаки рода *Serratia* [23].

Таблица 2 – Дифференциальные признаки рода *Serratia*

Признак	Наличие+ / Отсутствие -
Реакция Фогеса - Проскауэра	+
Гидролиз мочевины	-
Гидролиз желатины	+
Использование малоната	-
Дезоксирибонуклеаза	+
Липаза (кукурузное масло)	+
D-глюкоза, образование кислоты в присутствии иодацетата, 0,001 М	+

Таблица 3 – Дифференциальные признаки рода *Serratia* от биохимически сходных таксонов

Признак	Наличие+ / Отсутствие -
Источники углерода 4-аминобутират	+
5-аминовалерат	-

Продолжение таблицы 3

аргинин	-
капринат, капроат и каприлат	+
D-дульцитол	-
L-фукоза	+
тагатоза	-
тирозин	+
Гидролиз трибутирина	+
Глюконат, образование восстанавливающих соединений	+
Гидролиз пектата	-

Таблица 4 – Дифференциальные признаки *S. marcescens* по отношению к роду *Serratia*

Признак	Наличие+ / Отсутствие -
Реакция Вогеса – Проскауэра	+
Лизиндекарбоксилаза	+
Аргининдигидролаза	-
Орнитиндекарбоксилаза	+
Гидролиз желатины	+
Использование малоната	-
Образование кислоты из	
L-арабинозы	-
целлобиозы	-
дульцитола	-
лактозы	-
мелибиозы	-
рафинозы	-
L-рамнозы	-
D-сорбитола	+
сахарозы	+
D-ксилозы	-
α – Метил – D - глюкозид	-
Дезоксирибонуклеаза	+
Липаза	+
Пигмент (красный, розовый, оранжевый)	+

## 2.2 Питательные среды

Для получения дикого штамма *S. marcescens* использовалась питательная среда ГРМ-агар, состоящая из ПГРМ (12,0 г/л), пептона сухого ферментативного (12,0 г/л), агара микробиологического (10,0±2,0 г/л), натрия хлорида (6,0 г/л).

«ГРМ-агар» - Среда, используемая для культивирования различных микроорганизмов. Функциональное назначение заключается в культивировании патогенных энтеробактерий, стафилококков, стрептококков, синегнойной палочки, эшерихий, иных микроорганизмов. На среде возможна пигментация от *P. aeruginosa* и *S. marcescens*. Питательная среда представляет собой порошок светло-желтого цвета, способный впитывать влагу.

Для культивирования продуцента использовалась коммерческая среда ГРМ № 9 следующего состава: ПГРМ (20,0 г/л), калия сульфат (10,0 г/л), дрожжевой экстракт (2,0 г/л), магния хлорид (1,4 г/л), агар (10,0±3,0 г/л). Представляет собой мелкодисперсный гигроскопичный порошок светло-желтого цвета.

### 2.3 Реактивы

Этанол (этиловый спирт) – представляет собой бесцветную, легкоподвижную, летучую прозрачную жидкость, обладающая дезинфицирующим свойством. Рациональная формула -  $C_2H_5OH$ . Молекулярная масса 46,069 а.е.м., температура плавления  $-114,15\text{ }^{\circ}C$ , температура кипения  $78,39\text{ }^{\circ}C$ .

Изопропанол (изопропиловый спирт) – прозрачная, бесцветная жидкость, имеющая резкий запах. Водный раствор обладает дезинфицирующим свойством при концентрации в 75%. При высоких концентрациях в газообразном и жидком состоянии, может оказывать раздражающий эффект на слизистые оболочки. Молярная масса 58,08 г/моль, температура плавления  $-89,5\text{ }^{\circ}C$ , температура кипения  $82,4\text{ }^{\circ}C$ , плотность  $0,7851\text{ г/см}^3$  (при  $20\text{ }^{\circ}C$ ). Растворим в ацетоне и бензоле.

Ацетон – Бесцветная летучая жидкость с характерным запахом. Рациональная формула  $CH_3-C(O)-CH_3$ . Является хорошим растворителем. Молярная масса 58,08 г/моль, температура плавления  $-95^{\circ}C$ , температура кипения  $56,1\text{ }^{\circ}C$ .

Гексан - бесцветная жидкость, оказывающая наркотическое действие. Насыщенный углеводород с рациональной формулой  $C_6H_{14}$ . Молярная масса 86,18 г/моль, температура плавления  $-95\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $68\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Диэтиловый эфир - бесцветная, прозрачная, летучая, легко воспламеняемая жидкость. Широко используется в качестве растворителя. Химическая формула  $C_4H_{10}O$ . Молекулярная масса 74,12 г/моль, температура плавления  $-116\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $34,65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Уксусная кислота (этановая кислота) - органическое соединение, слабая, предельная одноосновная карбоновая кислота. Бесцветная жидкость с кислым вкусом и резким запахом. Рациональная формула  $CH_3COOH$ . Молекулярная масса 60,05 г/моль, температура плавления  $-16,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $118,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.4 Выделение дикого штамма *S. marcescens***

Дикий штамм *S. marcescens* был получен из воздуха рабочего помещения в учебно-исследовательской лаборатории биотехнологии кафедры Биотехнологии и органической химии. Для получения культур клеток производили посев воздуха на чашки Петри, со заранее приготовленной питательной средой ГРМ-агар (рис.2.4.2). Рост колоний бактерий отмечался на 2-3 сутки после посева воздуха (рис. 2.4.1) при комнатной температуре.

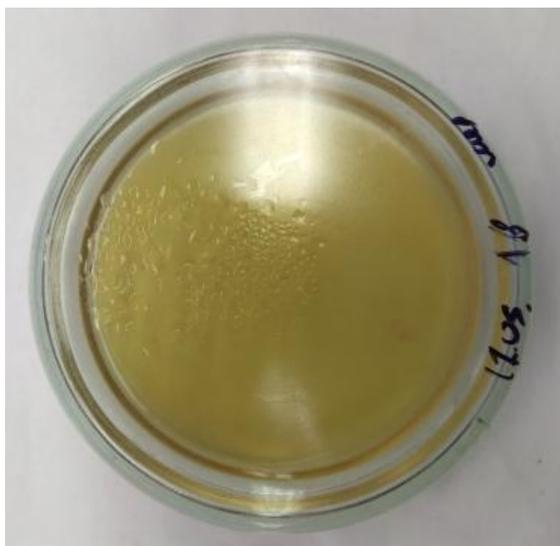


Рисунок 2.4.1 – посев воздуха на среду ГРМ-агар



Рисунок 2.4.2 – рост колоний бактерий на 2 сутки после посева воздуха

#### 2.4.1 Идентификация *S. marcescens*

Для идентификации бактерии сделали окраску по Граму (рис. 2.4.1.1) [24].

Приготовление мазка:

Приготовление состоит из следующих операций: подготовка мазка, высушивание, фиксация и окраска. Исследуемый материал наносят на чистое обезжиренное предметное стекло.

Для взятия бактериальной культуры необходимо:

1. в пламени горелки нагреть бактериальную петлю до покраснения;

2. взять чашку Петри с исследуемой культурой в левую руку так, чтобы видеть поверхность среды;
3. приоткрыть чашку Петри возле пламени огня горелки, осторожно ввести петлю и взять исследуемый материал;
4. вынуть петлю;
5. предварительно нанести каплю стерильного физ. раствора на предметное стекло
6. взятый материал осторожно распределить по предметному стеклу тонким слоем, после чего простерилизовать бактериальную петлю в пламени спиртовки;
7. мазки высушить на воздухе при комнатной температуре или в токе теплого воздуха, держа предметное стекло высоко над пламенем горелки. Нельзя допускать закипания материала, т.к. при этом может нарушиться структура микроорганизмов.
8. фиксация препарата: высушенные мазки подвергают термической (предметное стекло (мазком вверх) проводят несколько раз через пламя горелки) или химической (фиксирующие растворы: формалин, спирты, глутаральдегид, жидкость Карнау, ацетон, пары осмиевой кислоты) обработке, в результате которой бактерии погибают и плотно прикрепляются к поверхности стекла.

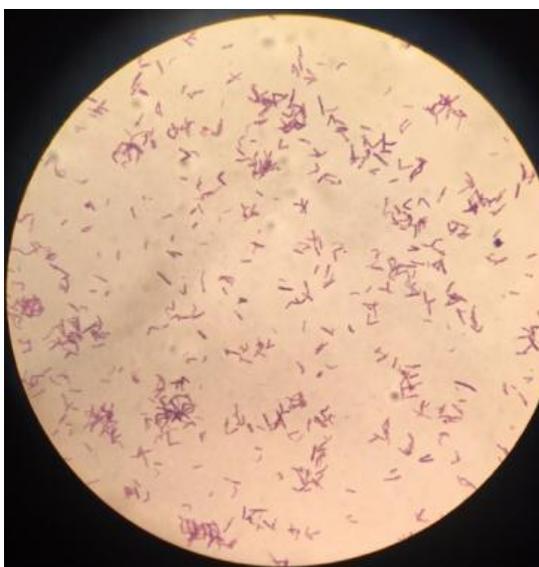


Рисунок 2.4.1.1 – Препарат автора, окраска по методу Грама.

Иммерсионная микроскопия, ув. ×1000.

Для окрашивания по методу Грама необходимо:

1. Наложить небольшие кусочки фильтровальной бумаги на фиксированный мазок и окрашивают аниловым красителем (генцианвиолет или метиленовый синий).
2. Спустя 1-3 минуты снять окрашенную фильтровальную бумагу и обрабатывать мазок раствором Люголя в течение 1 минуты. Препарат принимает темный окрас.
3. Слить раствор Люголя и обесцветить мазок чистым этиловым спиртом: капать несколько капель на препарат, спустя 10-20 секунд слить. Процедуру повторить 2-3 раза.
4. Промыть стекло с исследуемым препаратом дистиллированной водой.
5. Докрасить препарат водным раствором фуксина. Спустя 1-2 минуты смыть краситель.

После высыхания препарата изучаем мазок под микроскопом. Грамположительные бактерии будут иметь сине-фиолетовый цвет, грамотрицательные - розовый или красный.

Полученная культура имеет морфологическое [23] и тинкториальное соответствие характеристикам *S. marcescens*.

#### **2.4.2 Культивирование продуцента**

Получение изолированной культуры *S. marcescens* было осуществлено по методу Дригальского. Метод Дригальского является широко используемым в бактериальной практике. Получаем жидкую культуру бактерий разведением в стерильном физиологическом растворе или бульоне. Распределяем каплю полученного раствора простерилизованным стеклянным шпателем равномерно по поверхности питательной среды в 1-ой чашке

Петри. Следующим шагом тем же шпателем, не дезинфицируя его огнем, делаем посев на чашке Петри 2 и 3. Суть данного метода заключается в уменьшении концентрации культур аэробов при последовательном посеве одним шпателем на трех чашках Петри. На 3-ей чашке происходит обособление клеток, каждая бактериальная клетка при этом дает клон, образующего отдельную колонию. Далее колонии пересеваются на скошенный агар для накопления продуцента [25].

При использовании метода Дригальского, рост культуры клеток, наблюдается на 2-3 сутки. Колонии имеют округлую форму, гладкую поверхность, каплевидный профиль, однородную структуру, желто-оранжевый окрас, хрупкую консистенцию. Культуральные признаки соответствуют справочным данным [23].

Посев дикого штамма микробиологической петлей на среду ГРМ №9 объемом 500 мл производится при соблюдении условий стерильности. Посевным материалом служила ранее полученная культура клеток со среды ГРМ-агар. Для проведения культивирования были взяты одинаковые условия. Культивирование осуществлялось при комнатной температуре и отсутствии света на протяжении 2-3 дней. Далее проводился анализ и экстракция прокультивированных колоний.

## **2.5 Получение пигмента и его экстракционная очистка**

Пигмент был получен из 2-х суточной культуры клеток *S. marcescens*. Биомасса, полученная ранее, экстрагировалась в присутствии растворителя(этанол). Для этого клеточный экстракт помещался на шейкер до полного обесцвечивания, центрифугировался, повторно заливался этанолом до полной вытяжки пигмента. Для определения спектра поглощения была использована УФ-спектроскопия.

Получение пигмента происходило под действием выпаривания этанольного экстракта в ротационном испарителе, дальнейшая сушка проходила в вакуумном шкафу.

Для проведения тонкослойной хроматографии пигмент растворялся в метаноле. В качестве абсорбента использовался силикагель (пластины ВЭТСХ, на алюминии, Sorbfil). В качестве элюента выступала система гексан-этиловый эфир-уксусная кислота (70:30:1). Далее проходило вычисление величины Rf полученных полос.

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

Цель, стоящая перед нами в данном разделе – оценить финансовый потенциал продигиозина. Спроецировать возможный интерес к нашему способу культивирования, оценить затраты финансов, труда на производство нашего продукта, определить примерную цену на наш продукт. Сравнить наш метод с конкурентными разработками.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.
- Биосинтез красного продигозинподобного пигмента и (или) продигозина путем оптимизации условий культивирования продуцента *S. marcescens*.

## **5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Ярко-красный пигмент продигиозин, синтезируемый энтеробактериями *Serratia marcescens*, представляет собой линейный тетрапиррол, является вторичным метаболитом. В промышленности продигиозин рекомендуется в качестве красителя для полимеров, поскольку он обладает рядом преимуществ по сравнению с применяемыми в настоящее время органическими и неорганическими пигментами. Известен способ использования продигиозина для маркирования нефтепродуктов. Пигмент хорошо растворим в различных марках топлива и легко обнаруживается по характерному спектру поглощения. Продигиозин и продигиозинподобные пигменты в медицине, рассматриваются как новое семейство противоопухолевых лекарственных препаратов. Показано, что продигиозин действует, как иммунодепрессант, селективно блокируя пролиферацию Т-клеток киллеров, избирательно индуцирует апоптоз различных типов злокачественных клеток, ингибирует образование метастаз.

В связи с большой практической значимостью продигиозина возникает необходимость в выработке больших количеств пигмента и снижении его стоимости.

### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

В ходе исследования были рассмотрены два конкурирующих метода культивирования продукта:

- 1) Культивирование на питательной среде ГРМ №9 при температуре 27-28 °С при свете
- 2) Культивирование по методу SBER

Первый метод взят как объяснение необходимости минимизации отсутствия света, а второй метод является наиболее продуктивным из тех, что известны, но при этом нераспространенным.

В таблице 7 показано сравнение конкурирующих разработок и разработки данной ИР с точек зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 7 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Актуальность метода	0,15	3	1	5	0,45	0,15	0,75
Скорость работы	0,13	4	1	5	0,52	0,13	0,65
Безопасность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Эффективность работы	0,10	3	3	4	0,3	0,3	0,4
Выход продукта	0,18	3	1	4	0,54	0,18	0,72
Экологичность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена сырья	0,13	5	5	3	0,65	0,65	0,39
Цена оборудования	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
Итого	1,00	31,00	24,00	32,00	3,85	2,80	4,00

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 3 = 0,3, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность проекта;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  - балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является конкурентоспособным, однако по некоторым показателям уступает конкурирующему методу. Хотя конкурирующий метод

немного и опережает наш метод, он является более применимым из-за малых затрат и простоты работы.

### 5.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон ИП, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Низкая цена исходного сырья.	Сл1. Актуальность метода.
С2. Низкая цена оборудования.	Сл2. Недостаточное количество исходных данных при тестировании исследования.
С3. Апсайклинг сырья.	Сл3. Недостаточно большая выборка исследования.
С4. Экологичность технологии.	
С5. Квалифицированный персонал.	
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ.	У1. Снижение стоимости оборудования разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Нахождение суперпродуцента конкурентами.
В3. Нахождения суперпродуцента.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность

проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 9-12.

Таблица 9 - Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	-	+
	B2	-	-	-	0	-
	B3	+	0	-	-	-

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сла-бые стороны»

Слабые стороны				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	+
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	-	-	-
	У2	0	-	-	-	-

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	-
	У2	+	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 13.

Таблица 13 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b> С1. Низкая цена исходного сырья. С2. Низкая цена оборудования. С3. Апсайклинг сырья. С4. Экологичность технологии. С5. Квалифицированный персонал.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b> Сл1. Актуальность метода. Сл2. Недостаточное количество исходных данных при тестировании исследования. Сл3. Недостаточно большая выборка исследования.
<b>Возможности</b> В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ. В2. Появление потенциального спроса на новые разработки. В3. Нахождение суперпроизводителя.	В1С1С2С5. Использование ресурсов ИШНПТ ТПУ снизит цену, затрачиваемую оборудование, а также может обеспечить исследование квалифицированными кадрами. В3С1С5. Нахождение суперпроизводителя уменьшит количество потребляемого сырья, а также может быть спроецирована приема квалифицированных кадров.	В1Сл1Сл3. В случае недостаточного количества оборудования, может снизить актуальность и уменьшить масштабы исследования.
<b>Угрозы</b> У1. Снижение стоимости оборудования разработок конкурентов. У2. Нахождение суперпроизводителя конкурентами.	У1С1С2. Снижение стоимости оборудования разработок конкурентов может покрыть разницу цен сырья и оборудования между нашим и конкурентным методом.	У1Сл1. Снижение стоимости оборудование конкурирующего метода может поднять актуальность последнего. У2Сл1 Нахождение суперпроизводителя конкурентами снижает актуальность нашей ИР.

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания,	Научный руководитель
	2	Определение целей и задач, планирование календарное плана выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Составление плана проведения исследований	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Сбор материала исследования и выделение продуцента	Инженер
	7	Культивирование продуцента, выделение и очистка пигмента	Инженер

### Продолжение таблицы 14

Обобщение и оценка результатов	8	Обработка и анализ полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Написание ВКР	Инженер

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где  $T_{pi}$  - продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, \quad (5)$$

где  $T_{кал}$  – общее количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – общее количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 15.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях(ср)	Длительность работ в календарных днях
	чел-дни		чел-дни		чел-дни			
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 4	Исп. 5	Исп. 6		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4,14
2. Определение целей и задач, планирование календарное плана выполнения ВКР	1	3	4	4	2,2	3,4	2,8	4,14

3.Обзор научной литературы	-	7	-	20	-	12,2	12,2	18,06
----------------------------	---	---	---	----	---	------	------	-------

Продолжение таблицы 15

4.Составление плана проведения исследований	-	3	-	7	-	4,6	4,6	6,81
5.Планирование эксперимента	2	6	8	14	4,4	9,2	6,8	10,06
6.Сбор материала исследования и выделение продуцента	-	3	-	10	-	5,8	5,8	8,58
7.Культивирование продуцента, выделение и очистка пигмента	-	10	-	40	-	22	22	32,56
8.Обработка и анализ полученных данных	-	10	-	25	-	16	16	23,68
9.Оценка правильности полученных результатов	3	5	6	10	4,2	7	5,6	8,29
10. Составление пояснительной записки	-	10	-	37	-	20,8	20,8	30,78
Итого:	8	57	22	167	13,6	101	99,4	147,11

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 –инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием графика Ганта (рис. 5.1).

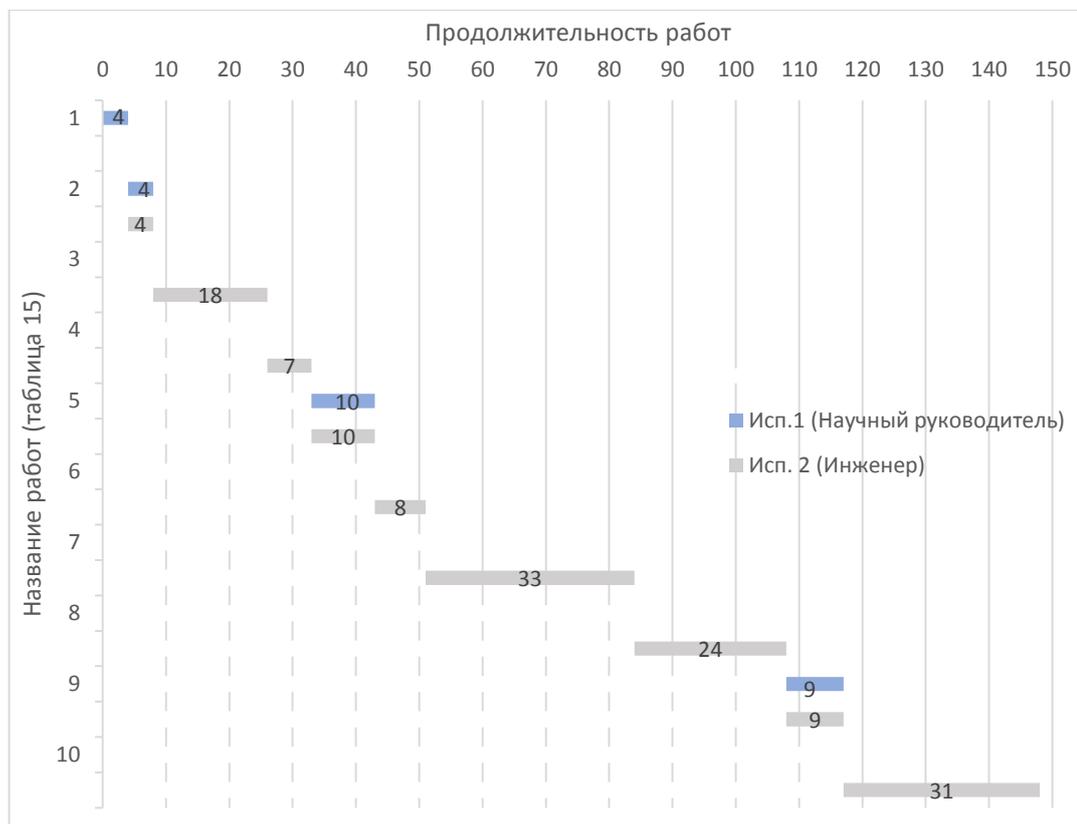


Рисунок 5.2.2.1 – План график выполнения проекта

### 5.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затраты всех материалов, используемых при получении продигиозинподобного пигмента из культивирования продуцента *S. marcescens* таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на получение продигиозинподобного пигмента

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Питательная среда ГРМ №9	гр.	200	24,75	4950
Питательная среда ГРМ-агар	гр.	38	3,40	129,2
Предметное стекло	шт.	2	7,00	14
Чашка Петри	шт.	5	55,50	277,5
Набор для окраски по Граму	прим.	1	4,2	4,2
Этанол	мл.	1000	0,4	400
Гексан	мл.	7	0,4	2,8

Продолжение таблицы 16

Этиловый эфир	мл.	3	1	3
Уксусная к-та	мл.	0,1	0,4	0,04
Стекланный стакан (10 мл)	шт.	5	60	300
Стекланный стакан (1000 мл)	шт.	5	185	925
Фильтр бумажный (100 мм)	шт.	1	7,72	7,72
Стерильные перчатки	шт.	20	44,55	891
Круглодонная колба	шт.	10	180	1800
Стекланный цилиндр (100 мл)	шт.	3	150	450
<b>Итого:</b>				10154,46

### 5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (6)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (7)$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $m$  – время использования, мес.

Таблица 17 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	$H_A, \%$	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	2340 МК – скоростной механический (полуавтоматический) автоклав класса N, 19 л	1	8	0,3	12,5	235 853	737,04
2.	AS 310/C/2 Аналитические весы	1	5	0,4	20	90290	601,93
3.	ШВ-СТЛ.180 Шкаф вытяжной	1	10	0,3	10	113870	284,68
4.	Шкаф холодильный-морозильный MPR414F	1	10	0,5	10	6165	25,69
5.	Лабораторный холодильник LIEBHERR LKV 3910	1	20	1	5	696399	2901,66
6.	Термостат электрический суховоздушный ТС-	1	10	0,1	10	17000	14,17

	1/20 СПУ						
7.	Дистиллятор ДЭ Шкаф ГП-40-ОХ ПЗ Сушильный -4	1	7	0,1	14,29	33280	39,63
8.	Стерилизатор воздушный ГП-40-Ох ПЗ	1	8	0,1	12,5	25400	26,46
9.	Спектрофлуориметр Флюорат – 02 – Панорама	1	5	0,1	20	1044000	1740,00
Итого:		6371,25					

### 5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

(таблица 15).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} =$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{34640 \cdot 10.3}{246} = 1450,37 \text{ руб.}, \quad (9)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дней – М=11,2 месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – М=10,3 месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}} = \frac{3250 * 11.2}{213} = 170,89 \text{ руб.}, \quad (10)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{пр}}) k_{\text{р}} = 17764,1 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 34640 \text{ руб.}, \quad (11)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{пр}}) k_{\text{р}} = 1666,67 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 3250, \quad (12)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 18 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	5	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{тс}}, \text{руб}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{руб}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб}$
Руководитель	17764,1	0,3	0,2	1,3	34640	1450,37	13,6	19725,09
Инженер	1666,67	0,3	0,2	1,3	3250	170,89	101	17260,09
Итого:								36985,18

### 5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0.15 * 19725,09 = 2958,76 \text{ руб.}, \quad (15)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0.15 * 17260,09 = 2589,01 \text{ руб.}, \quad (14)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

### 5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * (19725,09 + 2958,76) = 6805,15, \quad (15)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * (17260,09 + 2589,01) = 5954,73 \text{ руб.} \quad (16)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

### 5.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (17)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

### 5.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 20 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
6371,25	10154,46	36985,18	5547,77	12759,88	71818,54	11490,9664	83309,5064

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Получение продигозина с использованием диких штаммов продуцентов» по форме, приведенной в таблице 20. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 21 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	10154,46	10154,46	628904	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	6371,25	6371,25	6730415	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	36985,18	36985,18	42614,9	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5547,77	5547,77	6392,24	Пункт 4.2.3.3

5	Отчисления во внебюджетные фонды	12759,88	12759,88	14702,14	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	11490,97	11490,97	1027126	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		7446660,74	83309,51	83309,51	Сумма ст. 1- 6

#### **5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

##### **5.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности**

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Культивирование на питательной среде ГРМ №9 при температуре 27-28 °С при свете
- 2) Культивирование по методу SBER

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

где  $I_{\text{финр}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

$$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 83309,51 \text{ руб.}, \Phi_{\text{исп.2}} = 636186,71 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.исп}} = \frac{\Phi_{\text{текущ.проект}}}{\Phi_{\text{max}}} = I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{\Phi_{\text{исп1}}}{\Phi_{\text{max}}} = 83309,51/636186,71=0,13$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{\Phi_{\text{исп2}}}{\Phi_{\text{max}}} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) имеет одинаковые показатели с исп. 1 и является более приемлем со стороны финансовой эффективности в сравнении с исп. 2.

#### 5.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР ( $I_{pi}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 22).

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	1	3
3. Технические характеристики	0,2	4	4	5
4. Механические свойства	0,3	4	4	5
5. Материалоёмкость	0,15	5	1	4
ИТОГО	1	3,15	2,1	3,15

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1}=0.15*4 +0.2*4 +0.2*4+ 0.3*4+0.15*4 =3,15$$

$$I_{p2}=0.15*4 +0.2*1 +0.2*4+ 0.3*4+0.15*1 =2,1$$

$$I_{p3}=0.15*4 +0.2*3 +0.2*5+ 0.3*5+0.15*4 =3,15$$

### 5.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр.}i}} \quad (19)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр.1}}} = 3,15/0,88 = 3,57$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{\text{р-исп.2}}}{I_{\text{финр.2}}} = 2,1/0,88 = 2,41$$

$$I_{\text{исп.3}} = \frac{I_{\text{р-исп.3}}}{I_{\text{финр.3}}} = 3,15/1 = 3,15$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 23).

Таблица 23 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,13	0,13	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,15	2,1	3,15
3	Интегральный показатель эффективности	24,23	16,15	3,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,67	0,13

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и

ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

### **Выводы по разделу**

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 147 дней; общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер, составляет 101 день; общее количество рабочих дней, в течение которых работал руководитель, составляет 13,6 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 83309,51 руб.;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,13, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 24,23, по сравнению с 16,15 и 0,88;