

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология, профиль Биотехнология  
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Влияние температуры на продукцию пиоцианина бактерией <i>Pseudomonas aeruginosa</i></b> УДК <u>536.4:578.819</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д81	Усова Анастасия Игоревна		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ООД	Черемискина М.С.	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП 19.03.01 Биотехнология	Лесина Ю.А.	к.х.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

### по направлению 19.03.01 Биотехнология

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-3	Способность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-4	Способность понимать значения информации в развитии современного информационного общества, сознание опасности и угрозы, возникающей в этом процессе, способность соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Дополнительно сформированные общепрофессиональные компетенции университета</b>	
<b>ДОПК(У)-1</b>	Способность разрабатывать технологическую и конструкторскую документацию
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров биотехнологических процессов, свойств сырья и продукции
<b>ПК(У)-2</b>	Способность к реализации и управлению биотехнологическими процессами
<b>ПК(У)-3</b>	Готовность оценивать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
<b>ПК(У)-4</b>	Способность обеспечивать выполнение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и охраны труда
<b>ПК(У)-8</b>	Способность работать с научно-технической информацией, использовать российский и международный опыт в профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-9</b>	Владение основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области; способность проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов
<b>ПК(У)-10</b>	Владение планированием эксперимента, обработки и представления полученных результатов
<b>ПК(У)-11</b>	Готовность использовать современные информационные технологии в своей профессиональной области, в том числе базы данных и пакеты прикладных программ

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 19.03.01 Биотехнология  
 Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП 19.03.01  
 Биотехнология  
 \_\_\_\_\_ Лесина Ю.А.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4Д81	Усовой Анастасии Игоревне

Тема работы:

Влияние температуры на продукцию пиоцианина бактерией <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02.2022 № 33-32/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(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.).</i></p>	<p>Объектами исследования являются синегнойная палочка и продуцируемый ей пиоцианин.</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>• Экспериментальная часть</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>	нет
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А., профессор ОСГН
Социальная ответственность	Черемискина М.С., старший преподаватель ООД

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д81	Усова Анастасия Игоревна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Д81	Усова Анастасия Игоревна

<b>Школа</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	19.03.01 Биотехнология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 35120 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премимальный коэффициент 30%; Доплаты и надбавки 20%; Дополнительная заработная платы 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды равен 27,1 %.

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциального потребителя результатов исследования, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ разработанной стратегии.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение структуры работы, расчёт трудоёмкости выполнения работ и разработка графика выполнения исследования (диаграмма Ганта). Расчёт бюджета исследования.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение показателей финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности вариантов исполнения. Расчёт сравнительной эффективности проекта.

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

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4Д81	Усова Анастасия Игоревна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
4Д81		Усова Анастасия Игоревна	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа новых производственных технологий</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	19.03.01 Биотехнология

Тема ВКР:

**Влияние температуры на продукцию пиоцианина бактерией *Pseudomonas aeruginosa***

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

<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения</li> </ul>	<p><i>Объектами исследования являются синегнойная палочка и продуцируемый ей пиоцианин.</i></p> <p><i>Область применения: биотехнология, микробиология, медицина, сельское хозяйство.</i></p> <p><i>Рабочая зона: микробиологическая лаборатория Томского политехнического университета, 3 корпус, 025 аудитория.</i></p> <p><i>Размеры помещения: площадь 15,4 м<sup>2</sup>.</i></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: ламинарный шкаф Esco Streamline, термостат ТС 1-20, автоклав Tuttnauer 2340 МК, весы лабораторные KERN 440-330N, плитка нагревательная HP-20D, холодильник лабораторный Liebherr, спектрофотометр Specord 250 Plus, лабораторная центрифуга SIGMA 2-16P.</i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: посев микроорганизмов на плотную и жидкую питательные среды, приготовление суспензий микроорганизмов различных концентраций, культивирование бактерий в термостате и при комнатной температуре, отбор проб культуральной жидкости, пробоподготовка, определение количества микроорганизмов и концентрации пиоцианина спектрофотометрическим методом, экстракция пиоцианина.</i></p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b></p> <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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 22.11.2021)</li> <li>2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</li> <li>3. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</li> </ol>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отклонение микроклиматических параметров на рабочем месте;</li> <li>- недостаточная освещённость;</li> <li>- горячие поверхности;</li> <li>- биологические факторы: работа с условно патогенным микроорганизмом;</li> <li>- химические факторы: использование вредных химических веществ (хлороформ – 2 класс опасности, этиловый спирт - 4 класс опасности);</li> </ul>

	<p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опасность поражения электрическим током;</li> <li>- пожаровзрывоопасные факторы: работа с открытым огнём (спиртовка), наличие в лаборатории легковоспламеняющихся жидкостей</li> </ul> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: халат, маска, перчатки, огнетушитель, заземление оборудования, дополнительные источники освещения, аптечка, антибактериальный гель для рук.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b>	<p><i>Воздействие на литосферу: попадание в почву твёрдых бытовых отходов.</i></p> <p><i>Воздействие на гидросферу: слив в канализацию жидких отходов.</i></p> <p><i>Воздействие на атмосферу: проникновение вредных веществ: летучих органических жидкостей.</i></p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	<p>Возможные ЧС: пожары, взрывы, выброс вредных веществ в окружающую среду, землетрясение, обрушение здания.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Черемискина Мария Сергеевна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д81	Усова Анастасия Игоревна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 85 с., 10 рис., 32 табл., 56 источников, 0 прил.

Ключевые слова: *Pseudomonas aeruginosa*, синегнойная палочка, пиоцианин, температура, феназиновые антибиотики, биопестициды, культивирование, экстракция.

Объектами исследования являются синегнойная палочка и продуцируемый ей пиоцианин.

Цель работы – изучить влияние температуры культивирования на продукцию пиоцианина бактериями *Pseudomonas aeruginosa*.

В процессе исследования проводились эксперименты по сравнению роста синегнойной палочки и концентрации пиоцианина при различных температурах культивирования (37°C и 22°C). Количество микроорганизмов и концентрацию целевого продукта определяли путём измерения оптической плотности на спектрофотометре.

В результате исследования были построены кривые роста синегнойной палочки и графики зависимости концентрации пиоцианина от времени, полученные данные сравнивали для разных температурных режимов и определяли оптимальный. Установлено, что культивирование синегнойной палочки при комнатной температуре (22°C) обеспечивает более высокий выход продукта при меньшей биомассе.

Область применения: биотехнология, микробиология, медицина, сельское хозяйство.

Экономическая эффективность работы состоит в том, что культивирование при комнатной температуре не требует затрат энергоресурсов на нагревание и поддержание температуры, как культивирование при 37°C. При этом содержание пиоцианина повышается.

## Оглавление

Введение.....	12
1 Обзор литературы .....	14
1.1 Характеристика продуцента.....	14
1.2 Характеристика продукта.....	17
1.3 Биосинтез пиоцианина.....	19
1.4 Действие и применение пиоцианина .....	21
1.5 Влияние условий культивирования на синтез пиоцианина.....	24
2 Объект и методы исследования .....	26
3 Экспериментальная часть.....	30
3.1 Получение суточной культуры .....	30
3.2 Построение калибровочного графика .....	30
3.3 Изучение влияния температуры на рост бактерий и биосинтез пиоцианина .....	31
3.4 Определение числа клеток микроорганизмов и концентрации пиоцианина .....	32
3.5 Экстракция пиоцианина .....	33
4 Результаты проведенного исследования .....	34
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	41
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	41
5.2 Анализ конкурентных технических решений .....	42
5.3 SWOT-анализ.....	44
5.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию .....	47
5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	47
5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	48
5.4.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	49
5.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	52
5.5.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	53

5.5.2	Расчёт затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	54
5.5.3	Основная заработная плата исполнителя темы.....	56
5.5.4	Расчёт дополнительной заработной платы.....	58
5.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды .....	59
5.5.6	Накладные расходы.....	60
5.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	60
5.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	61
	Выводы по разделу.....	64
6	Социальная ответственность .....	65
	Введение.....	65
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	65
6.1.1	Правовые нормы трудового законодательства .....	65
6.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны .....	66
6.2	Производственная безопасность .....	67
6.3	Экологическая безопасность.....	73
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	74
	Выводы по разделу.....	76
	Заключение .....	77
	Список использованных источников .....	79

## Введение

На сегодняшний день одной из наиболее развивающихся отраслей является биотехнология, использующая биологические объекты для получения различных целевых продуктов.

Актуальной задачей является поиск и получение новых соединений с антибиотическими свойствами, потому что патогенные микроорганизмы способны приобретать устойчивость к существующим и широко используемым противомикробным препаратам. Соединения феназинового ряда синтезируются бактериями и обладают выраженным бактерицидным и фунгицидным действием, к ним относится пиоцианин, выделяемый бактерией *Pseudomonas aeruginosa* (синегнойная палочка). Перспективным применением пиоцианина служит создание биопестицидов для защиты сельскохозяйственных растений от грибковых и бактериальных фитопатогенов. Преимущество биопестицидов в том, что они менее токсичны для человека и окружающей среды. Также возможно применение пиоцианина в качестве красителя для тканей, ведутся исследования его противоопухолевых свойств.

Так как продуцентом пиоцианина являются живые бактерии, то изменения внешних условий способны оказывать существенное влияние на их жизнедеятельность. Важной задачей биотехнологов является оптимизация условий культивирования микроорганизмов-продуцентов, результатом которой будет экономия ресурсов, затрачиваемых при выращивании бактерий, и повышение выхода получаемого продукта.

Цель работы: изучение влияния температуры культивирования на продукцию пиоцианина синегнойной палочкой.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести эксперименты по выращиванию синегнойной палочки при 37°C в термостате и при комнатной температуре 22°C, определить оптимальную температуру для получения пиоцианина.

2. Рассчитать бюджет исследования, оценить его ресурсную и финансовую эффективность.

3. Проверить данное исследование на соответствие требованиям безопасности.

Объектами исследования являются синегнойная палочка и продуцируемый ей пиоцианин.

Предмет исследования: воздействие температуры на биосинтез пиоцианина синегнойной палочкой.

Практическая значимость работы состоит в том, что её результаты могут использоваться научно-исследовательскими лабораториями в области биотехнологии, микробиологии, медицины и сельского хозяйства при разработке промышленных методик культивирования *P. aeruginosa*.

## 1 Обзор литературы

### 1.1 Характеристика продуцента

Синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*) относится к роду *Pseudomonas*, семейству *Pseudomonadaceae*, классу *Gamma*proteobacteria, типу *Proteobacteria*. Впервые описана А. Люкке в 1862 г [1].

*P. aeruginosa* – грамотрицательная прямая или слегка изогнутая палочковидная бактерия (рисунок 1.1), средние размеры которой составляют 1,5-5,0 мкм в длину и 0,5-1,0 мкм в ширину. Обычно подвижна, имеет один или несколько полярно расположенных жгутиков (монотрих или лофотрих). Не образует спор, но способна синтезировать слизь полисахаридной природы, покрывающую клетку капсулоподобной оболочкой [2].



Рисунок 1.1 – Окраска по Граму чистой культуры *P. aeruginosa* [2]

Оптимальная температура роста 37°C, а также 42°C, pH 7,2-7,5. Однако синегнойная палочка способна расти в довольно широком диапазоне температур от 6 до 45°C и в интервале pH от 4,5 до 9,0.

Нетребовательна к условиям существования и составу питательных сред. Хорошо растёт на простых средах без дополнительных факторов роста, может сохранять жизнеспособность в условиях, когда питательные вещества практически отсутствуют. В бульоне *P. aeruginosa* образует помутнение с серовато-серебристой плёнкой на поверхности. На скошенном агаре появляется тонкий блестящий налёт [1].

Синегнойная палочка является хемоорганотрофом и аэробом. Однако в бескислородных условиях она способна использовать в качестве конечных

акцепторов электронов нитраты, осуществляя денитрификацию – анаэробное восстановление нитратов до азота [3, 4].

*P. aeruginosa* каталаза-положительна, синтезирует цитохромоксидазу, при идентификации бактерии важную роль играет оксидазный тест. Специфической особенностью при культивировании синегнойной палочки является характерный запах, так как она синтезирует триметиламин, придающий культуре аромат жасмина или карамели.

Для синегнойной палочки характерна слабая сахаролитическая активность: бактерия способна окислять только глюкозу с образованием глюконовой кислоты. Протеолитическая активность более высокая: гидролизует казеин, разжижает желатин, утилизирует гемоглобин. Являясь неферментирующей палочкой, *P. aeruginosa* даёт положительный тест Хью-Лейфсона только с глюкозой в аэробных условиях [5].

Характерной особенностью синегнойной палочки служит образование сине-зелёного водорастворимого пигмента – пиоцианина. Окрашивая питательные среды или перевязочный материал, он является важным диагностическим признаком. Высоковирулентные штаммы синтезируют большее количество пигмента. Также некоторые штаммы могут синтезировать и другие окрашенные вещества: зелёный светящийся при УФ-облучении флюорисцеин (пиовердин), красный пиорубин, чёрно-коричневый пиомеланин и жёлтый L-оксифеназин [1].

*P. aeruginosa* распространена в природе, обитает в воде и почве, на растениях и животных. Это условно-патогенный для человека микроорганизм, который иногда можно обнаружить у здоровых людей в составе микрофлоры кишечника, а также на коже и слизистых оболочках. В то же время синегнойная палочка может вызывать заболевания при определённых условиях, например, у людей с ослабленным иммунитетом, при длительном нахождении в стационаре, при повреждении анатомических барьеров.

Синегнойная палочка – один из наиболее часто встречающихся возбудителей гнойно-воспалительных процессов в условиях стационаров.

Вызывает до 15-20% всех нозокомиальных (госпитальных) инфекций, является одним из главных возбудителей внутрибольничных пневмоний (до 20%) [5].

*P. aeruginosa* отличается устойчивостью ко многим антимикробным препаратам и обладает множеством факторов патогенности. Патогенные свойства вызваны образованием экзотоксинов и высвобождением эндотоксинов при распаде бактериальных клеток после их гибели.

Экзотоксины представлены продуктами жизнедеятельности бактерий с выраженной биологической активностью, среди которых основное значение имеют:

- экзотоксин А – термолабильный белок, действие которого заключается в подавлении биосинтеза белка. Более токсичен, чем другие продукты *P. aeruginosa*;

- экзоэнзим S – ингибирует синтез белков, вызывает патологические процессы в лёгких;

- цитотоксин – проявляет выраженное цитотоксическое действие, вызывает нарушение физиологических градиентов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  и глюкозы путём повышения проницаемости клеточных мембран, в результате чего происходит набухание клеток и потеря крупных молекул.

Действие эндотоксина синегнойной палочки вызывает пирогенную реакцию и развитие воспаления, как и эндотоксины других грамотрицательных бактерий.

Синегнойная палочка синтезирует ряд ферментов, повышающих её патогенные свойства: нейраминидазу (усиливает действие остальных токсинов в 2-3 раза), коллагеназу (гидролизует коллаген в соединительных тканях), протеолитические ферменты [6].

Геном типовых штаммов бактерии обладает достаточно большими размерами (6,3-6,9 миллионов пар оснований), содержание G+C в ДНК составляет 66,2-66,5%. У синегнойной палочки имеется очень большое число (по сравнению с остальными бактериями) регуляторных генов, которые

занимают 8,4% объёма хромосомы. Высокая доля регуляторных генов обеспечивает адаптацию к различным условиям внешней среды [3, 7].

Регуляция факторов вирулентности у *P. aeruginosa* происходит не только на уровне отдельных клеток, но и на уровне всей популяции. Такая регуляция экспрессии генов в соответствии с изменениями плотности популяции бактериальных клеток называется «чувство кворума» (quorum sensing). Под контролем данной системы находится синтез большинства факторов вирулентности и вторичных метаболитов, а также образование биоплёнки.

Биоплёнка состоит из микробных клеток, плотно прикрепленных к субстрату или друг к другу и заключенных в матрицу внеклеточных полимерных веществ. Биоплёнка защищает бактерий от неблагоприятного влияния окружающей среды и факторов естественной защиты организма, а также обеспечивает *P. aeruginosa* устойчивость к антибиотикам и дезинфицирующим средствам [6].

## 1.2 Характеристика продукта

Пиоцианин – сине-зеленый бактериальный пигмент, который продуцируют от 90 до 95% штаммов *P. aeruginosa* и который относится к антибиотикам феназинового ряда [8].

Феназиновые антибиотики представляют собой гетероциклические азотсодержащие соединения, в основе которых лежит дибензопиразиновая структура, показанная на рисунке 1.2.

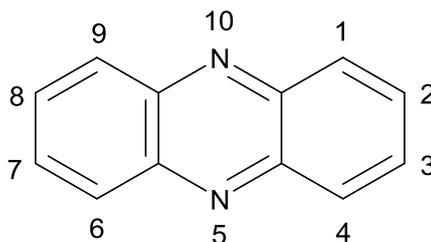


Рисунок 1.2 – Основной дибензопиразиновый скелет феназинов [10]

Феназиновые антибиотики проявляют высокую антимикробную активность в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также грибов [9]. В природе их источником получения являются исключительно бактерии. Синтезировать феназины способны несколько родов бактерий: *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Brevibacterium* и *Nocardia*. Большинство феназинов растворимы в воде и накапливаются в культуральной жидкости, в органических растворителях, как правило, имеют ограниченную растворимость, но многие хорошо экстрагируются хлороформом. Для феназинов характерно интенсивное окрашивание, они имеют несколько полос поглощения в ультрафиолетовой области и не менее одной главной полосы в видимой части спектра. Многие феназины жёлтые ( $\lambda_{\max} = 400-450$  нм), однако пиоцианин обладает сине-зелёной окраской ( $\lambda_{\max} = 695$  нм), а иодинин – пурпурной ( $\lambda_{\max} = 530$  нм) [10].

Одним из наиболее известных производных феназина является пиоцианин (рисунок 1.3). Он представляет собой цвиттер-ион (при физиологическом pH) с молекулярной массой 210,23 г/моль. Низкая молекулярная масса и цвиттерионная форма позволяют пиоцианину легко проникать в клетку через мембрану [11].

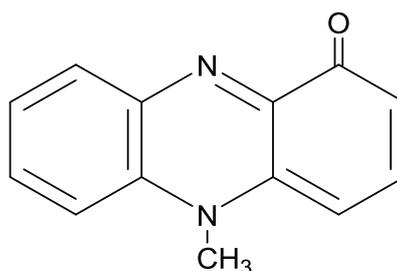


Рисунок 1.3 – Структурная формула пиоцианина

Молекула может находиться в трёх состояниях: ионизированная при физиологическом pH (синий цвет), протонированная в кислой среде (красный цвет) и нейтральная (синий цвет) [12].

Широкий диапазон биологической активности пиоцианина обусловлен механизмом его действия. Вступая в окислительно-восстановительные реакции, он вызывает генерацию и накопление активных форм кислорода (в частности

супероксида  $O_2^-$  и пероксида водорода  $H_2O_2$ ), что вызывает окислительный стресс и гибель клетки. Этим явлением обусловлена его бактерицидная и фунгицидная активность [8,13].

Установлено, что во внеклеточном пространстве антибиотики феназинового ряда обычно вызывают образование  $H_2O_2$ , а внутри клеток –  $O_2^-$ , как показано на рисунке 1.4. Независимо от места образования и преобладающей активной формы кислорода, результатом является гибель чувствительных к ним клеток. При этом клетки-продуценты устойчивы к собственным феназинам [9].

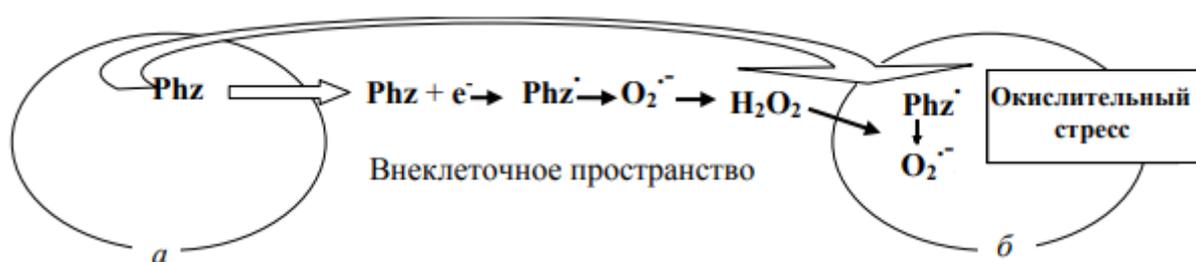


Рисунок 1.4 – Механизм антагонистической активности бактерий-продуцентов феназиновых антибиотиков: Phz – феназиновые антибиотики; а – клетка-продуцент, б – клетка-мишень [9]

### 1.3 Биосинтез пиоцианина

Основой для синтеза пиоцианина, как и других феназинов, является хоризмовая кислота – один из интермедиатов шикиматного пути [14].

В начале шикиматного пути лежит реакция конденсации эритрозо-4-фосфата и фософоенолпирувата, в результате которой образуется 3-дезоксид-арабиногептулозонат-7-фосфат (ДАНР) [15]. Шикиматный путь заканчивается синтезом хоризмовой кислоты, промежуточным продуктом является шикимовая кислота. Описанная схема биосинтеза хоризмовой кислоты приведена на рисунке 1.5.

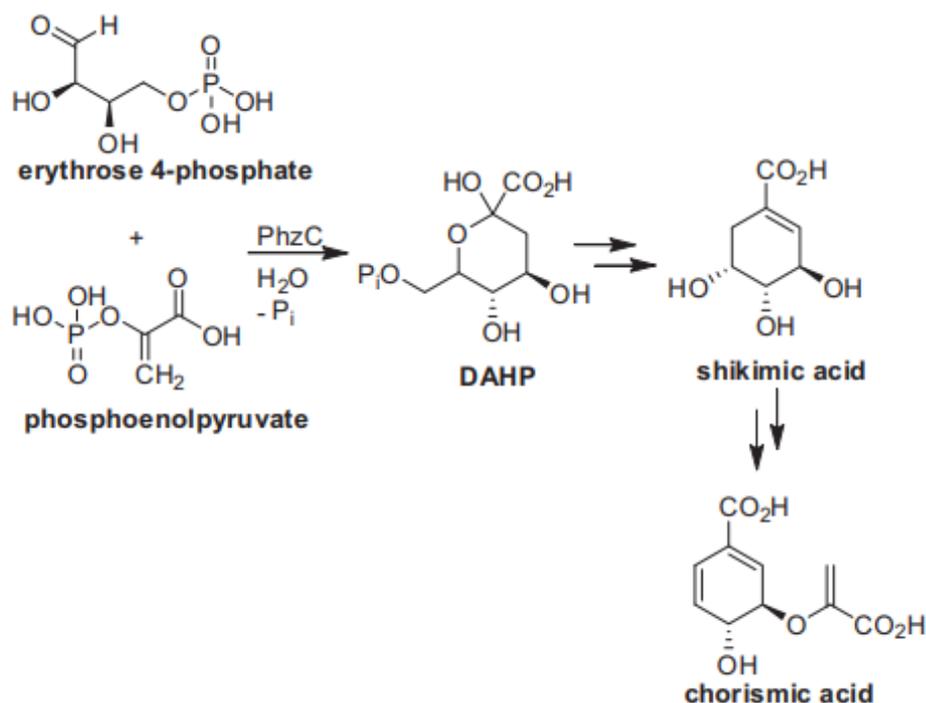


Рисунок 1.5 – Схема биосинтеза хоризмовой кислоты [16]

Хоризмовая кислота – общий предшественник многих первичных и вторичных метаболитов, таких как витамин К, ароматические аминокислоты, фолиевая кислота, убихинон и другие [16].

Хоризмовая кислота также является начальным субстратом в биосинтезе пиоцинина, из неё с помощью ферментов синтезируется феназин-1-карбоновая кислота. Из последней в две стадии получается пиоцианин.

Установлено, что в биосинтезе пиоцианина бактериями *P. aeruginosa* участвуют семь генов: *phz C, D, E, F, G, M* и *S*. Из них основными генами, ответственными за превращение феназин-1-карбоновой кислоты в пиоцианин, являются *phzM* и *phzS*.

На первом этапе двухстадийного превращения, который катализируется ферментом PhzM (S-аденозилметионин-зависимой метилтрансферазой), феназин-1-карбоновая кислота превращается в бетаин 5-метилфеназин-1-карбоновой кислоты путем метилирования атома азота феназинового кольца.

Второй этап катализируется ферментом PhzS, NADH-зависимой монооксигеназой, и заключается в декарбоксилировании бетаина 5-

метилфеназин-1-карбоновой кислоты с получением пиоцианина в качестве конечного продукта [8, 17, 18].

Схема биосинтеза пиоцианина изображена на рисунке 1.6.

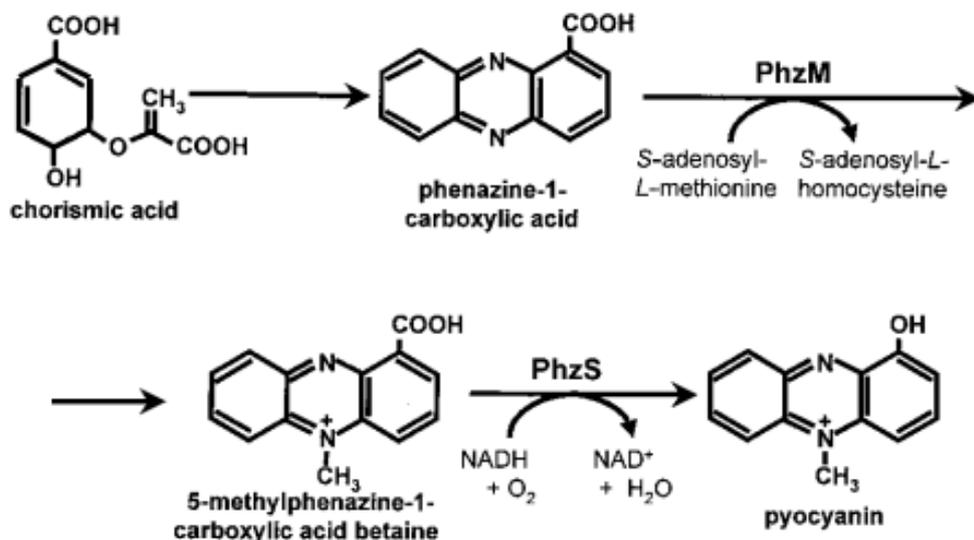


Рисунок 1.6 – Схема биосинтеза пиоцианина [8]

Существует способ химического синтеза пиоцианина с использованием таких реагентов, как феназин метосульфат (PMS), азот, хлороформ, гексан, метанол, трис-HCL и гидроксид натрия. Такой химический синтез признан дорогостоящим и трудоёмким. Несмотря на то, что микробный синтез достаточно продолжительный и требует времени, биосинтез пиоцианина бактериями *P. aeruginosa* является предпочтительным. Максимальная концентрация пиоцианина достигается на четвёртые сутки [19, 20].

#### 1.4 Действие и применение пиоцианина

Пиоцианин обладает рядом преимуществ:

- он является натуральным, биоразлагаемым и экологически чистым;
- можно воздействовать на микроорганизм-продуцент, подбирая оптимальные условия для наибольшего выхода продукта;
- для его получения используются простые способы культивирования с недорогими субстратами;

- процесс экстракции пигмента из культуральной жидкости является быстрым и несложным по сравнению с процессом химического синтеза [12].

Наиболее изученной функцией пиоцианина является его антибактериальная активность. В результате исследований установлено, что пиоцианин из *P. Aeruginosa* DSO-129 оказывает антимикробное действие на такие организмы, как *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*. Также пигмент проявляет очень высокую активность в отношении *Escherichia coli*, *Acinetobacter* и *Streptococcus pneumoniae*. Пиоцианин, выделенный из штамма *P. Aeruginosa* 4В, действует против бактерий, вызывающих порчу пищевых продуктов, таких как *Listeria monocytogenes* и *Bacillus cereus* [21].

Пиоцианин обладает фунгицидными свойствами и ингибирует рост *Aspergillus fumigatus* и *Candida albicans*, выделенных из мокроты пациентов с муковисцидозом. Также он действует в отношении *Aspergillus niger*. Известно, что минимальная подавляющая концентрация пиоцианина составляет 64 мкг/мл против *Aspergillus flavus* и *Aspergillus fumigatus* и 128 мкг/мл против видов *Candida* [17].

Перспективным применением пиоцианина является создание биопестицидных препаратов для защиты сельскохозяйственных культур от грибковых и бактериальных фитопатогенов. Пиоцианин продемонстрировал активность в отношении *Magnaporthe grisea* и *Xanthomonas oryzae* в концентрациях 150 и 200 мг/л соответственно. Также изучена антагонистическая активность пиоцианина в отношении патогенного гриба растений *Macrophomina phaseolina*, который вызывает стеблевую и корневую гниль и поражение рассады [20]. Кроме защиты от фитопатогенов, пиоцианин способствует росту растений [21].

Использование природных биологически активных веществ в сельском хозяйстве является предпочтительным, поскольку они могут снизить применение токсичных синтетических соединений, которые обладают побочным отрицательным воздействием на окружающую среду. Биопестициды

на основе бактерий родов *Pseudomonas* и *Bacillus* являются одними из наиболее перспективных [22].

Известно успешное применение пиоцианина в качестве антибиотика в аквакультуре против вибриоза, заболевания с высоким уровнем смертности, особенно среди креветок. Применение пиоцианина в концентрациях от 5 до 10 мг/л не оказывало какого-либо патологического эффекта для эукариот, что означает безопасность использования пиоцианина вместо обычных антибиотиков [12, 23].

Также пиоцианин может использоваться в качестве натурального красителя для хлопчатобумажной ткани в текстильной промышленности. В работе [20] было продемонстрировано свойство пигмента окрашивать белую хлопчатобумажную ткань в розовый цвет (рисунок 1.7). Это открывает новую область применения вещества. Отмечена надёжность окрашивания: изменение цвета оставалось после 3-5 раз промывки с мылом.

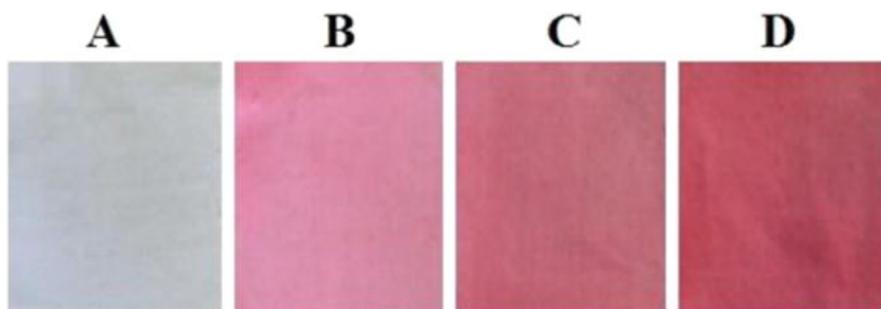


Рисунок 1.7 – Применение пиоцианина как текстильного красителя. А – ткань до обработки пиоцианином; В – ткань, промытая после шестичасового воздействия пиоцианина; С – ткань, промытая после 12 ч воздействия пиоцианина; D – ткань, показывающая более высокое накопление красителя после 24 ч воздействия пиоцианина [20]

Таким образом, пиоцианин может быть использован при создании экологически чистых агрохимикатов с широким спектром действия, а также при получении натуральных текстильных красителей.

Пиоцианин имеет потенциальное противоопухолевое применение. Согласно [24-26], он оказывает цитотоксическое действие на клетки гепатомы и на клетки рака толстой кишки и поджелудочной железы человека.

### **1.5 Влияние условий культивирования на синтез пиоцианина**

Количество вырабатываемых бактериями феназиновых антибиотиков во многом определяется условиями культивирования. На образование пиоцианина влияют такие внешние факторы, как содержание питательных веществ, изменение рН и температуры, длительность культивирования.

Добавление в питательную среду глицерина, являющегося доступным и недорогим реагентом, увеличивает образование пиоцианина [12].

Подбор наиболее благоприятной температуры для продукции пиоцианина относится к важным направлениям исследований по оптимизации условий культивирования синегнойной палочки.

В работе [27] говорится, что оптимальной температурой для синтеза феназиновых антибиотиков бактерией *P. aeruginosa* является 28°C при значении рН среды 7,0. При повышении температуры уровень продукции пиоцианина уменьшается. Максимальное количество антибиотика регистрируется на третьи-четвёртые сутки.

Согласно [28], температура 37°C оптимальна как для роста бактерий, так и для образования пиоцианина. Там же приведены сведения о нецелесообразности использования более высоких температур: когда бактерии, инкубированные при 37°C в течение 2 суток, переносили в термостат с температурой 40°C, синтез пигмента прекращался.

В исследовании [29] графики поверхности отклика указывают на возможный положительный эффект при использовании более низких значений параметров среды (температура 21,5°C; рН 5) для более высокого выхода пиоцианина.

В работе [30] были изучены изменения в экспрессии генов *P. aeruginosa* при изменении температуры с 22°C на 37°C, что соответствует переходу бактерии из окружающей среды в организм хозяина. Полученные результаты подтверждают, что температура 37°C является наиболее оптимальной для роста синегнойной палочки, и показывают, что процессы, участвующие в энергетическом обмене и репликации клеток, активируются при этой температуре. Однако другие процессы, участвующие в клеточной адаптации, регулируются при 22°C. Это показывает, что, хотя скорость деления клеток *P. aeruginosa* ниже при 22°C, эта температура позволяет экспрессировать факторы, необходимые для выживания бактерий вне хозяина.

## **2 Объект и методы исследования**

**Объект исследования:** синегнойная палочка и пиоцианин.

Синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*) – грамотрицательная неферментирующая бактерия, характерной особенностью которой является синтез сине-зелёного пигмента пиоцианина, обладающего антибиотической активностью. Пиоцианин относится к производным феназина, гетероциклического азотсодержащего соединения, и по химической структуре является 1-гидрокси-5-метилфеназином. Имеет молекулярную массу 210,23 г/моль.

В данной работе был использован непатогенный штамм *P. aeruginosa*, предоставленный Областной клинической больницей города Томска. Штамм хранили в лаборатории Биотехнологии Томского политехнического университета в термостате при температуре 37°C.

### **Оборудование:**

1. Ламинарный шкаф Esco Streamline;
2. Термостат ТС 1-20;
3. Автоклав Tuttnauer 2340 МК
4. Весы лабораторные KERN 440-330N;
5. Плитка нагревательная HP-20D;
6. Холодильник лабораторный Liebherr;
7. Спектрофотометр Specord 250 Plus;
8. Лабораторная центрифуга SIGMA 2-16P;
9. Микроскоп бинокулярный Primo star;
10. Автоматические дозаторы (диапазон измеряемых объёмов: от 100 мкл до 5 мл).

### **Лабораторная посуда:**

1. Стеклянные пробирки;
2. Пробирки для центрифугирования;
3. Плоскодонные колбы;

4. Химический стакан;
5. Мерный цилиндр;
6. Наконечники для дозаторов;
7. Петля бактериологическая;
8. Делительная воронка.

В работе использовались различные химические вещества и реактивы, которые приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристика используемых химических веществ

Название веществ	Квалификация	Внешний вид	Брутто формула	М, г/моль	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	T пл., °C
1	2	3	4	5	6	7
Глицерин	ХЧ	Прозрачная, бесцветная, густая, гигроскопическая жидкость	$C_3H_8O_3$	92,1	1,261	17,9
Соляная кислота	Ч	Бесцветная прозрачная жидкость с резким запахом, дымит на воздухе	HCl	36,5	1,17	-114
Едкий натр	ЧДА	Гранулы белого цвета	NaOH	40	2,13	323
Хлороформ	ЧДА	Бесцветная прозрачная жидкость с характерным запахом	$CHCl_3$	119,38	1,483	-63,5
Этиловый спирт	ХЧ	Бесцветная прозрачная жидкость с характерным запахом	$C_2H_5OH$	46,07	0,789	-114

**Питательные среды:**

1. ГРМ №9 (использовался для получения суточной культуры), состав указан в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Состав питательной среды ГРМ №9

Компонент	Концентрация, г/л
Панкреатический гидролизат рыбной муки	20,0
Дрожжевой экстракт	2,0
Калия сульфат	10,0
Магния хлорид	1,4
Микробиологический агар	10,0 ± 3,0

2. ГРМ-бульон (использовался для культивирования синегнойной палочки с целью сравнения количества микробных клеток и концентрации пиоцианина при различных температурах). Состав питательной среды приведён в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Состав питательной среды ГРМ-бульон

Компонент	Концентрация, г/л
Панкреатический гидролизат рыбной муки	8,0
Пептон сухой ферментативный	8,0
Натрия хлорид	4,0

3. Также при приготовлении питательных сред и разведений использовалась стерильная дистиллированная вода.

### **Подготовительные работы**

Перед началом основных работ подготавливали питательные среды и стерильную лабораторную посуду.

ГРМ №9 готовили по следующей методике: 4,04 г среды размешивали в 100 мл дистиллированной воды с добавлением 1 мл глицерина, кипятили 2 минуты и фильтровали через ватно-марлевый фильтр. После чего среду разливали по флаконам, закрывали пробками и автоклавировали 15 минут при температуре 121°C. Среду охлаждали до 45-50°C и разливали по стерильным пробиркам.

Для приготовления ГРМ-бульона 4 г порошка добавляли в 200 мл дистиллированной воды с 2 мл глицерина и кипятили 3 минуты. Среду разливали по флаконам, закрывали пробками и стерилизовали в автоклаве 15

минут при температуре 121°C. После охлаждения стерильный ГРМ-бульон разливали в плоскодонные колбы объёмом 250 мл по 100 мл среды в каждую.

Перед началом экспериментов лабораторная посуда подвергалась стерилизации в автоклаве при температуре 134°C в течение 40 минут.

Посевы микроорганизмов на питательные среды осуществлялись в ламинарном шкафу Esco Streamline вблизи пламени спиртовки для защиты чистой культуры *P. aeruginosa* от контаминации.

Культивирование синегнойной палочки проводили при комнатной температуре в помещении микробиологической лаборатории и в термостате ТС 1-20 при 37°C.

### **Методы исследования**

Для определения количества клеток микроорганизмов в культуральной жидкости был выбран оптический метод, к достоинствам которого можно отнести быстроту анализа и точность. Он основан на измерении ослабления пучка света, когда тот проходит через суспензию клеток. Интенсивность света измеряется с помощью спектрофотометра при длине волны 540-650 нм. В таком диапазоне практически отсутствует поглощение света клеточными компонентами, а оптическая плотность суспензии обусловлена рассеянием света клетками микроорганизмов и пропорциональна их концентрации. Следует отметить, что при высоких концентрациях микробных клеток возможно искажение результатов из-за вторичного рассеяния света.

Для количественной оценки числа клеток предварительно определяют оптическую плотность суспензий с различной концентрацией бактерий и строят калибровочный график в координатах оптическая плотность от количества клеток в 1 мл суспензии. Необходимо строить свой калибровочный график для каждого микроорганизма [31].

Концентрация пиоцианина определяется спектрофотометрическим методом по закону Бугера-Ламберта-Бера.

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

Данная выпускная квалификационная работа заключается в изучении влияния температуры на продукцию пиоцианина бактериями *Pseudomonas aeruginosa* (синегнойная палочка). Целевой продукт – пиоцианин – является антибиотиком широкого спектра действия. В качестве потенциального применения пиоцианина возможно создание биологических пестицидов для защиты растений от грибковых и бактериальных фитопатогенов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение конкурентоспособности, перспективности и экономической целесообразности исследования, а также оценка его эффективности.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований;
2. Провести планирование научно-исследовательских работ;
3. Рассчитать бюджет исследования;
4. Произвести оценку исследования с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

### **5.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

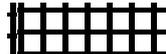
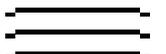
Потенциальными потребителями результатов проведённого исследования являются научно-исследовательские лаборатории, занимающиеся разработками в области сельского хозяйства, медицины, микробиологии и биотехнологии. Лаборатории заинтересованы в получении новых препаратов с противомикробными свойствами. Наиболее привлекательным будет препарат, который безвреден для экологии, недорогой и эффективный. Получаемый в данной работе антибиотик пиоцианин, продуцируемый синегнойной палочкой,

может стать перспективным компонентом биопестицидов. Примером предприятия потребителя является ООО НПК «Агрофармика», занимающаяся внедрением новых технологий в сельское хозяйство.

Для определения и анализа потребителей результатов исследования провели сегментирование рынка препаратов для защиты сельскохозяйственных растений от вредителей. Были выбраны два критерия сегментирования для коммерческих организаций: выпускаемая продукция и масштаб производства (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка

		Тип препарата для защиты растений		
		Химические пестициды	Биологические пестициды	Растительные пестициды
Размер компании	Крупные			
	Средние	/ / / / /		
	Мелкие		# # # # #	# # # # #

 АО «Щелково Агрохим»     
  ООО «Листерра»  
 ООО «КОППЕРТ РУС»     
  ООО НПК «Агрофармика»

Являясь наиболее распространёнными, химические пестициды производятся крупными и средними компаниями. В этих секторах высок уровень конкуренции, имеется достаточно большое количество производителей химических препаратов для защиты растений. В качестве альтернативы химическим пестицидам выступают средства биологического происхождения, которые менее токсичны и более безопасны для людей и животных. Наиболее перспективными являются средние компании по производству биопестицидов.

## 5.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения проводился путём сравнения разрабатываемого решения ( $B_{\phi}$ ) с разработкой лабораторий Белорусского государственного университета – биопестицид «Бетапротектин» ( $B_{к1}$ ) и с химическим пестицидом «Ганрек» ( $B_{к2}$ ). Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{к1}$	$B_{к2}$	$K_{\phi}$	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота технологии получения	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
2. Ресурсоэкономичность	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,6
3. Экологичность	0,15	5	5	2	0,75	0,75	0,3
4. Комплексное действие	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
5. Эффективность	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
6. Возможность внедрения в промышленность	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	2	3	4	0,2	0,3	0,4
3. Цена	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
4. Финансирование научной разработки	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>36</b>	<b>4,2</b>	<b>3,95</b>	<b>3,1</b>

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

По данным оценочной карты видно, что данное исследование имеет относительно высокую конкурентоспособность. Преимуществами разработки являются его экологичность, усовершенствованная технология получения и ресурсоэкономичность, а также широкий спектр действия.

### 5.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

На первом этапе анализа были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы для его реализации. Результаты представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Экономичность и ресурсоэффективность технологии.	В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.
С2. Экологичность технологии.	В2. Использование инфраструктуры СибГМУ.
С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	В3. Публикации о проекте в тематических журналах.
С4. Простота технологии.	В4. Использование разработки в промышленных масштабах.
С5. Минимальное количество отходов производства.	В5. Повышение стоимости конкурентных разработок и снижение спроса на них.
	В6. Дальнейшая разработка НИ.

Продолжение таблицы 5.3.

Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Отсутствие финансирования для дальнейшего научного развития.	У1. Отсутствие спроса на данную технологию.
Сл2. Особенности работы с микроорганизмами: необходимость строгого соблюдения стерильности, чтобы не контаминировать чистую культуру другими микробами.	У2. Конкуренция имеющихся технологий производства. У3. Ограничение возможности вхождения на российский рынок.
Сл3. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца.	У4. Введения дополнительных требований к сертификации продукции. У5. Нехватка финансирования.
Сл4. Отсутствие патента на разработку.	

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого строятся интерактивные матрицы проекта, в которых каждый фактор помечается либо знаком «+» (сильное соответствие), либо знаком «-» (слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы проекта представлены таблицами 5.4 и 5.5.

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

		Сильные стороны					Слабые стороны			
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	В1	+	+	+	0	-	+	0	+	+
	В2	-	+	+	0	-	+	0	+	+
	В3	+	+	0	+	+	0	-	-	0
	В4	+	+	+	+	+	+	-	-	+
	В5	+	0	+	+	-	+	-	+	0
	В6	+	+	+	+	+	+	0	+	0

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей или слабых сторон и возможностей:

- В1С1С2С3; В2С2С3; В3С1С2С4С5; В4В6С1С2С3С4С5; В5С1С3С4;
- В1В2Сл1Сл3Сл4; В4Сл1Сл4; В5В6Сл1Сл3.

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

		Сильные стороны					Слабые стороны			
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы проекта	У1	+	0	+	+	0	+	0	+	+
	У2	+	+	+	+	+	+	-	+	+
	У3	+	+	+	-	-	+	-	-	+
	У4	+	+	-	-	0	+	-	-	+
	У5	+	0	+	+	0	+	-	+	+

Запись сильно коррелирующих сильных или слабых сторон и угроз:

- У1У5С1С3С4; У2С1С2С3С4С5; У3С1С2С3; У4С1С2;
- У1У2Сл1Сл3Сл4; У3У4Сл1Сл4; У5Сл1Сл3Сл4.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Экономичность и ресурсоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Простота технологии.</p> <p>С5. Минимальное количество отходов производства.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие финансирования для дальнейшего научного развития.</p> <p>Сл2. Особенности работы с микроорганизмами: необходимость строгого соблюдения стерильности, чтобы не контаминировать чистую культуру другими микробами.</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл4. Отсутствие патента на разработку.</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 5.6.

<p><b>Возможности:</b>          В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.          В2. Использование инфраструктуры СибГМУ.          В3. Публикации о проекте в тематических журналах.          В4. Использование разработки в промышленных масштабах.          В5. Повышение стоимости конкурентных разработок и снижение спроса на них.          В6. Дальнейшая разработка НИ.</p>	<p>Благодаря уникальным свойствам разработки (экологичность, простота, ресурсоэффективность, экономичность и т.д.) возможно её практическое применение в промышленности и продвижение на рынке. Также возможно продолжение исследований по данной тематике с использованием инфраструктуры ТПУ и СибГМУ.</p>	<p>Несмотря на достоинства разработки из-за отсутствия финансирования и патента могут возникнуть трудности при переносе технологии в промышленность. Снижение спроса на конкурентные технические решения и преимущества данной разработки могут привлечь внимание инвесторов и обеспечить финансирование НИ. При отсутствии подходящих условий в учебном заведении существует возможность привлечения ресурсов других университетов (СибГМУ).</p>
<p><b>Угрозы:</b>          У1. Отсутствие спроса на данную технологию.          У2. Конкуренция имеющихся технологий производства.          У3. Ограничение возможности вхождения на российский рынок.          У4. Введения дополнительных требований к сертификации продукции.          У5. Нехватка финансирования.</p>	<p>Биопестицидные препараты не развиты на российском рынке. Основной причиной является отсутствие высокого спроса на данный продукт, а также наличие других пестицидов на рынке. Следует продвигать разработку, уделяя особое внимание её экологичности.</p>	<p>Недостаточное финансирование и вероятность низкой заинтересованности потенциальных потребителей в научной разработке являются самыми большими угрозами для дальнейшего развития. Следует запатентовать разработку и выработать маркетинговую стратегию в области продвижения на рынок.</p>

## 5.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

### 5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для составления плана необходимо: определить структуру и участников работ в рамках научного исследования, установить продолжительность работ, построить график проведения научных исследований.

Рабочая группа состоит из двух человек: исполнителем является студент (бакалавр) Усова А.И., руководителем – кандидат медицинских наук, доцент НОЦ Н.М. Кижнера Чубик М.В.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Обзор материалов по теме	Бакалавр
	3	Выбор направления, постановка цели и задач	Руководитель Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск и изучение литературных источников (литературный обзор)	Бакалавр
	6	Поиск и изучение методик проведения эксперимента	Бакалавр
	7	Построение калибровочного графика и проведение экспериментов	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Выполнение расчётов	Бакалавр
	9	Анализ полученных результатов, выводы	Руководитель Бакалавр
Составление и оформление текстовой части работы	10	Написание раздела «Социальная ответственность»	Бакалавр
	11	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Бакалавр
	12	Доработка и оформление ВКР	Бакалавр

#### 5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты часто могут составлять основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, потому что зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Ожидаемое значение трудоемкости  $t_{ожі}$  определяется по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (5.2)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{min\ i}$  – минимальная трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{max\ i}$  – максимальная трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (5.3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

### 5.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для относительно небольших по объёму дипломных работ наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения работ в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика длительность этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.4)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.5)$$

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

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

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

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Рассчитанные по формуле (5.4) значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляли до целого числа. Все полученные значения представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , чел-дни			
1. Составление и утверждение задания	1	2	1,4	Руководитель	1,4	2
2. Обзор материалов по теме	2	4	2,8	Бакалавр	2,8	4
3. Выбор направления, постановка цели и задач	1	2	1,4	Руководитель, бакалавр	0,7	1

Продолжение таблицы 5.8.

4.	Календарное планирование работ	1	2	1,4	Руководитель, бакалавр	0,7	1
5.	Литературный обзор	7	10	8,2	Бакалавр	8,2	12
6.	Поиск и изучение методик проведения эксперимента	3	5	3,8	Бакалавр	3,8	6
7.	Построение калибровочного графика и проведение экспериментов	26	33	28,8	Бакалавр	28,8	43
8.	Выполнение расчётов	4	7	5,2	Бакалавр	5,2	8
9.	Анализ полученных результатов, выводы	3	4	3,4	Руководитель, бакалавр	1,7	3
10.	Написание раздела «Социальная ответственность»	3	5	3,8	Бакалавр	3,8	6
11.	Написание раздела «Фин. менеджмент»	5	7	5,8	Бакалавр	5,8	9
12.	Доработка и оформление ВКР	7	10	8,2	Бакалавр	8,2	12

На основе таблицы 5.8 строится календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования в форме диаграммы Ганта, который представлен таблицей 5.9.

Таблица 5.9 – Календарный план-график проведения научного исследования

№	Вид работ	Исполнители	T <sub>ki</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май					
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление и утверждение задания	Р	2														
2	Обзор материалов по теме	Б	4														

Продолжение таблицы 5.9.

3	Выбор направления, постановка цели и задач	Р, Б	1												
4	Календарное планирование работ	Р, Б	1												
5	Литературный обзор	Б	12												
6	Поиск и изучение методик эксперимента	Б	6												
7	Построение калибровочного графика и проведение экспериментов	Б	43												
8	Выполнение расчётов	Б	8												
9	Анализ полученных результатов, выводы	Р, Б	3												
10	Написание раздела «Социальная ответственность»	Б	6												
11	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Б	9												
12	Доработка и оформление ВКР	Б	12												

 - Бакалавр (Б);  - Руководитель (Р)

### 5.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При формировании бюджета НТИ все затраты разделяются на следующие статьи: материальные затраты, затраты на специальное

оборудование для экспериментальных работ, основная и дополнительная заработная плата исполнителей, отчисления во внебюджетные фонды, затраты на командировки, контрагентные и накладные расходы.

### 5.5.1 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} , \quad (5.6)$$

где  $Z_M$  – затраты на материалы, руб.;

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

$m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Затраты на канцелярские принадлежности включены в накладные расходы и учитываются как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

В данной работе рассматривались следующие технические решения: культивирование синегнойной палочки в течение 7 суток в термостате при постоянно поддерживаемой температуре 37 °С (исполнение 1) и при комнатной температуре (исполнение 2).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 5.10.

Таблица 5.10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.	
		Исп.1	Исп.2		Исп.1	Исп.2
Питательная среда ГРМ-агар	банка 250 г	1	1	1655	1655	1655
Питательная среда ГРМ-бульон	банка 250 г	1	1	1610	1610	1610
СО мутности бактериальных взвесей	уп.	1	1	8400	8400	8400
Этанол	л	1	1	441	441	441
Хлороформ	л	0,3	0,3	426,6	128	128
Плоскодонная колба (250 мл)	шт.	1	1	147	147	147
Пробирки стеклянные 14×120	шт.	8	8	5,85	46,8	46,8
Пробирки пластиковые центрифужные	шт.	7	7	18,4	128,8	128,8
Петля микробиологическая	уп. 5 шт.	1	1	80	80	80
Перчатки нитриловые	уп. 50 пар	1	1	747	747	747
Спиртовка	шт.	1	1	380	380	380
Электроэнергия на культивирование	кВт*ч	223,2	-	3,85	859,3	-
Итого, руб.					14622,9	13763,6
Транспортные расходы (15%)					2193,4	2064,5
Материальные затраты, руб.					16816,3	15828,1

### 5.5.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры и т.д.), необходимого для проведения исследовательских работ.

Всё оборудование, использованное при выполнении данной работы, имелось в ТПУ, поэтому его стоимость учитывалась в виде амортизационных

отчислений. Расчёт амортизационных отчислений проводили по линейному методу – стоимость списывается равномерными долями в течение периода эксплуатации. Расчёты затрат на специальное оборудование сводятся в таблицу 5.11.

Таблица 5.11 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования		Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Срок службы, лет	Амортизационные отчисления за время эксперимента, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	
		Исп. 1	Исп. 2				Исп.1	Исп.2
1.	Автоклав Tuttnauer 2340 МК	1	1	229,620	8	3,381	3,381	3,381
2.	Бокс биологической безопасности II класса Esco Streamline SC2-4A1	1	1	603,919	15	4,743	4,743	4,743
3.	Термостат WiseCube WIG-155	1	-	163,466	5	3,852	3,852	-
4.	Весы лабораторные KERN 440-330N	1	1	22,630	8	0,333	0,333	0,333
5.	Плитка нагревательная HP-20D	1	1	21,252	3	0,835	0,835	0,835
6.	Спектрофотометр Specord 250 Plus	1	1	900,000	8	13,253	13,253	13,253
7.	Микроскоп бинокулярный Primo star	1	1	114,900	10	1,354	1,354	1,354
8.	Центрифуга SIGMA 2-16P	1	1	212,185	5	4,999	4,999	4,999
Итого:							32,750	28,898

### 5.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Составление и утверждение задания	Руководитель	1,4	3579	5010,6
2	Обзор материалов по теме	Бакалавр	2,8	518	1450,4
3	Выбор направления, постановка цели и задач	Руководитель Бакалавр	0,7	3579 518	2505,3 362,6
4	Календарное планирование	Руководитель Бакалавр	0,7	3579 518	2505,3 362,6
5	Литературный обзор	Бакалавр	8,2	518	4247,6
6	Поиск и изучение методик эксперимента	Бакалавр	3,8	518	1968,4
7	Построение калибровочно-го графика и проведение экспериментов	Бакалавр	28,8	518	14918,4
8	Выполнение расчётов	Бакалавр	5,2	518	2693,6
9	Анализ полученных результатов, выводы	Руководитель Бакалавр	1,7	3579 518	6084,3 880,6

Продолжение таблицы 5.12.

10	Написание раздела «Социальная ответственность»	Бакалавр	3,8	518	1968,4
11	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Бакалавр	5,8	518	3004,4
12	Доработка и оформление ВКР	Бакалавр	8,2	518	4247,6
Итого:					52210,1

Статья «Зарботная плата» включает основную и дополнительную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, и рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.7)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12–20 % от  $Z_{осн}$ ), руб.

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.8)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника, руб.;

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (из таблицы 8).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (5.9)$$

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

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

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5–дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6–дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.13).

Таблица 5.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	63 2
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	182

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (5.10)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 5.14.

Таблица 5.14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	Доцент	35120	0,3	0,2	1,3	68484	3579	4,5	16105,5
Бакалавр	Инженер	4650	0,3	0,2	1,3	9067,5	518	69,7	36104,6
Итого $Z_{осн}$									52210,1

### 5.5.4 Расчёт дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и

компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчёт дополнительной заработной платы осуществляется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (5.11)$$

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

Результаты расчёта приведены в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Заработная плата

Заработная плата	Руководитель	Бакалавр
Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$	16105,5	36104,6
Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$	2415,8	5415,7
Заработная плата $Z_{\text{зп}}$	18521,3	41520,3
Итого по статье «Заработная плата»	60041,6	

### 5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.12)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	16105,5	2415,8
Бакалавр	36104,6	5415,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого во внебюджетные фонды	16271,3	

### 5.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов, такие как канцелярские принадлежности, печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Их величина определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (5.13)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Принят в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (16816,3 + 32750 + 52210,1 + 7831,5 + 16271,3) \cdot 0,16 = \\ &= 20140,7 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (15828,1 + 28898 + 52210,1 + 7831,5 + 16271,3) \cdot 0,16 = \\ &= 19366,2 \text{ руб.} \end{aligned}$$

### 5.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

На основании рассчитанных величин затрат составлен бюджет ВКР «Влияние температуры на продукцию пиоцианина бактерией *Pseudomonas aeruginosa*», который представлен в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НИИ	16816,3	15828,1	Пункт 5.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	32750	28898	Пункт 5.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	52210,1	52210,1	Пункт 5.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7831,5	7831,5	Пункт 5.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	16271,3	16271,3	Пункт 5.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	20140,7	19366,2	Пункт 5.5.6
9. Бюджет затрат НИИ	146019,9	140405,2	Сумма ст. 1-8

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется по формуле:

$$I_{\Phi}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.14)$$

где  $I_{\Phi}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения, руб.;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта, руб.

$$I_{\Phi}^{\text{исп 1}} = \frac{146019,9}{146019,9} = 1;$$

$$I_{\Phi}^{\text{исп 2}} = \frac{140405,2}{146019,9} = 0,962.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (5.15)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по пятибалльной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведён в таблице 5.18.

Таблица 5.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Энергосбережение	0,2	3	5
2. Удобство в эксплуатации и простота технологии	0,1	4	5
3. Безопасность для персонала	0,15	4	4
4. Экологичность	0,15	5	5
5. Выход продукта (эффективность)	0,2	3	4
6. Возможность внедрения в промышленность	0,2	4	4
Итого	1	3,75	4,45

$$I_{p-\text{исп1}} = 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 = 3,75;$$

$$I_{p-\text{исп2}} = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 4,45.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{рi}}{I_{фi}} \quad (5.16)$$

$$I_{исп1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{фi}} = \frac{3,75}{1} = 3,75;$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{фi}} = \frac{4,45}{0,962} = 4,63.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ) рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (5.17)$$

Результаты расчётов заносятся в таблицу 5.19.

Таблица 5.19 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,962
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,75	4,45
3	Интегральный показатель эффективности	3,75	4,63
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1,23

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет определить, что реализация технологии во втором исполнении, представленном в данной бакалаврской работе, является более предпочтительным решением поставленной задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

## **Выводы по разделу**

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1) Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования. Были определены потенциальные потребители результатов исследования, проанализированы конкурентные технические решения и выполнен SWOT-анализ. В результате установлено, что данное исследование конкурентоспособно, его основными преимуществами являются экологичность, усовершенствованная технология и ресурсоэкономичность.

2) Выполнено планирование научно-исследовательских работ, в процессе которого разработан план-график в форме диаграммы Ганта и установлена длительность работ, которая в календарных днях составила 107 дней.

3) Рассчитан бюджет исследования: для культивирования синегнойной палочки в термостате при 37°C он составил 146019,9 рублей; для культивирования при комнатной температуре – 140405,2 рублей.

4) Произведена оценка исследований с позиции финансовой и ресурсной эффективности: более эффективным является вариант культивирования синегнойной палочки при комнатной температуре (исполнение 2).

Исследование является экономически обоснованным и востребованным, имеет актуальность и перспективу для дальнейшей разработки и реализации.