

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»  
 ООП/ОПОП Химическая технология в биологии и медицине  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Исследование влияния органических солей лития на выход целевого продукта бактерий <i>Xanthomonas campestris</i></b>

УДК 579.841.12:546.34-38

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Малинина Алена Игоревна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Чернова Анна Павловна	к.х.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	к.х.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	к.х.н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

### 18.03.01 Химическая технология

#### «Химические технологии в биологии и медицине»

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
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью 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

<b>ОПК(У)-6</b>	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
<b>ПК(У)-2</b>	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
<b>ПК(У)-3</b>	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
<b>ПК(У)-4</b>	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
<b>ПК(У)-5</b>	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
<b>ПК(У)-6</b>	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
<b>ПК(У)-7</b>	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
<b>ПК(У)-8</b>	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
<b>ПК(У)-9</b>	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
<b>ПК(У)-10</b>	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
<b>ПК(У)-11</b>	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
<b>ДПК(У)-1</b>	Способность планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов.
<b>ДПК(У)-2</b>	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования

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

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология  
 Уровень образования Бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Обзор литературы	
	Выполнение экспериментов	
	Разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
	Разработка раздела «Социальная ответственность»	
	Обработка полученных данных	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Чернова Анна Павловна	к.х.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	к.х.н., доцент		

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Михеева Е.В.  
 (Подпись) (Дата)                      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Малининой Алене Игоревне

Тема работы:

Исследование влияния органических солей лития на выход целевого продукта бактерий <i>Xanthomonas campestris</i>
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.01.2022 №28-78/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>Объекты исследования: штамм бактерий <i>Xanthomonas campestris</i>, органические соли лития</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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>	<p>Обзор литературы по тематике научно-исследовательской работы.</p> <p>Проведение комплекса экспериментов для достижения цели исследования.</p> <p>Анализ и обсуждение результатов проделанной работы.</p> <p>Анализ экономической эффективности и ресурсоэффективности проекта.</p> <p>Анализ рисков и опасностей, возникающих при проведении исследования.</p> <p>Формулирование выводов по работе.</p>
--	--

<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	Креницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

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

**Задание выдал руководитель / консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Чернова Анна Павловна	К.Х.Н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Малинина Алена Игоревна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д83	Малининой Алене Игоревне

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение химической инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавриат</b>	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Бюджет проекта – не более 271129 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 95105 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 3,6 баллов из 5
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	В соответствии с Налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30,0 %.

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных Исследований</i>	1. Планирование структуры работ 2. Определение трудоемкости работ 3. Разработка графика проведения исследования 4. Определение затрат на разработку
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей),</i> 4. <i>финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Проведение оценки эффективности исследования

**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>
Доцент ОСГН ШПИБ ТПУ	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д83	Малинина Алена Игоревна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2Д83		Малинина Алена Игоревна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

**Исследование влияния органических солей лития на выход целевого продукта бактерий *Xanthomonas campestris***

**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/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> влияние солей лития на выход ксантана, продуцируемого бактериями <i>Xanthomonas campestris</i>.</p> <p><i>Область применения:</i> пищевая, фармацевтическая, косметическая промышленности.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> автоклав, ламинарный шкаф, термостат, сухожаровой шкаф.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль параметров процесса.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации:</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>	<p>ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ потенциальных вредных и опасных производственных факторов</li> <li>– Разработка мероприятий по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, способных вызывать ожог тканей организма человека;</li> <li>2. Производственные факторы, связанные с электрическим током.</li> </ol> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отклонение показателей микроклимата от заданных норм.</li> <li>2. Монотонность труда;</li> <li>3. Длительное сосредоточенное наблюдение.</li> <li>4. Производственные факторы, связанные с ультрафиолетовым излучением.</li> </ol>



	5. Недостаток искусственного освещения. 6. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм человека.
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации</b>	<b>Воздействие на литосферу:</b> твердые отходы. <b>Воздействие на гидросферу:</b> химическое и биологическое загрязнение водотоков в результате удаления биологических, неорганических и органических отходов. <b>Воздействие на атмосферу:</b> выбросы из вентиляционных систем.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации</b>	Возможные ЧС: пожары и взрывы. Наиболее типичная ЧС: пожары.
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Малинина Алена Игоревна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 83 страницы, 11 рисунков, 28 таблиц, 44 источника.

Ключевые слова: полисахариды, ксантан, *Xanthomonas campestris*, синтез, соли лития.

Объектами исследования являются штамм бактерий *Xanthomonas campestris* ИБФМ В-124 и соли лития.

Цель работы – исследование влияния солей лития на выход ксантана и жизнеспособность бактерий *Xanthomonas campestris*.

В ходе работы проводилось исследование жизнеспособности бактерий *Xanthomonas campestris*, выращенных на плотной питательной среде, рассматривалось влияние солей лития на рост микроорганизмов и выход целевого продукта бактерий *Xanthomonas campestris* – ксантана.

В результате проведения исследования было установлено, что сукцинат лития при концентрации 1,25 и 0,625 ммоль/л не оказывает токсического действия на бактерии *Xanthomonas campestris*. Сукцинат лития при концентрации 0,625 ммоль/л способствует росту микроорганизмов и повышает выход ксантана на 20 %.

Область применения: пищевая, фармацевтическая и косметическая промышленности.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	14
1 Обзор литературы .....	16
1.1 Характеристика и свойства ксантана .....	16
1.2 Получение ксантана .....	17
1.3 Продуценты ксантана – бактерии <i>Xanthomonas campestris</i> .....	18
1.4 Методы анализа полисахаридов .....	19
1.5 Контроль качества ксантана .....	21
1.6 Применение ксантана в промышленности .....	23
2 Экспериментальная часть .....	26
2.1 Объекты исследования .....	26
2.2 Приготовление питательных сред .....	27
2.2.1 Приготовление твердой питательной среды для выращивания культуры .....	27
2.2.2 Приготовление твердой питательной среды для поддержания культуры .....	28
2.2.3 Приготовление жидкой питательной среды для получения ксантана .....	28
2.2.4 Приготовление стерильной воды .....	29
2.3 Методика проведения экспериментов .....	29
2.3.1 Культивирование бактерий <i>Xanthomonas campestris</i> .....	30
2.3.2 Идентификация бактерий методом окрашивания по Граму .....	30
2.3.3 Исследование токсичности методом диффузных дисков .....	31
2.3.4 Определения количества колониеобразующих единиц (КОЕ) .....	32
2.3.5 Синтез ксантана бактериями <i>Xanthomonas campestris</i> .....	33
2.3.6 Методика выделения ксантана .....	33
3 Результаты проведенного исследования .....	36
3.1 Культивированные бактерии <i>Xanthomonas campestris</i> .....	36
3.2 Определение бактерий окрашиванием по Граму .....	36

3.3	Исследование токсичности солей лития на плотной питательной среде.....	37
3.4	Подсчет колониеобразующих (КОЕ) единиц.....	38
3.5	Определение количества выделенного ксантана.....	40
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	42
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	42
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	43
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	45
4.1.3	SWOT-анализ.....	45
4.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	49
4.3	Планирование научно-исследовательских работ .....	51
4.3.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	51
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	53
4.3.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	54
4.4	Бюджет научно-технического исследования .....	56
4.4.1	Расчет материальных затрат (НТИ) .....	57
4.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .....	57
4.4.3	Расчет основной заработной платы исполнителей темы.....	59
4.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	61
4.4.5	Накладные расходы .....	62
4.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	62
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	63
5	Социальная ответственность.....	67
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	67
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства .....	67

5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны .....	68
5.2 Производственная безопасность .....	69
5.3 Экологическая безопасность.....	74
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	79

## ВВЕДЕНИЕ

Ксантан – микробный полисахарид, синтезируемый бактериями *Xanthomonas campestris* на различных питательных средах и применяющийся в качестве загустителя, гелеобразователя и стабилизатора.

Физико-химические свойства ксантана позволяют использовать данное вещество во многих областях промышленности: пищевая, фармакологическая, парфюмерная, нефтедобывающая, текстильная и другие [1].

Литий является самым легким металлом, благодаря чему его соединения нашли широкое применение в промышленности. Применение солей лития распространено в медицине для лечения психических расстройств, профилактики и лечения аффективных психозов, наружное применение при дерматологических заболеваниях [2].

Спрос на ксантан постоянно возрастает, что обуславливает необходимость поиска методов, позволяющих повысить количество синтезируемого полисахарида. На данный момент влияние солей лития на выход ксантана, продуцируемого бактериями *Xanthomonas campestris*, не изучено, поэтому данное исследование является актуальным.

Целью данной работы является исследование влияния органических солей лития на выход ксантана и жизнеспособность бактерий *Xanthomonas campestris*.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- культивировать бактерии *Xanthomonas campestris* на жидкой и плотной питательных средах;
- провести идентификацию выделенных бактерий, подтвердив принадлежность бактерий к роду *Xanthomonas*;
- исследовать влияние органических солей лития на жизнеспособность бактерий *Xanthomonas campestris*;

- провести микробиологический синтез ксантана с использованием в качестве продуцента бактерии *Xanthomonas campestris*;

- исследовать влияние солей лития на выход ксантана.

Объектом исследования является штамм бактерий *Xanthomonas campestris* ИБФМ В-124 и соли лития.

Предмет исследования – действие солей лития на жизнеспособность бактерий *Xanthomonas campestris* и выход ксантана.

# 1 Обзор литературы

## 1.1 Характеристика и свойства ксантана

Ксантан – линейный полисахарид, содержащий большое число трисахаридных цепей. Главная цепь состоит из звеньев D-глюкозы, а боковые формируют два звена D-маннозы и одно звено глюкуроновой кислоты, к котором присоединены ацетильные группы и группы пировиноградной кислоты [3].

Строение ксантана представлено на рисунке 1.

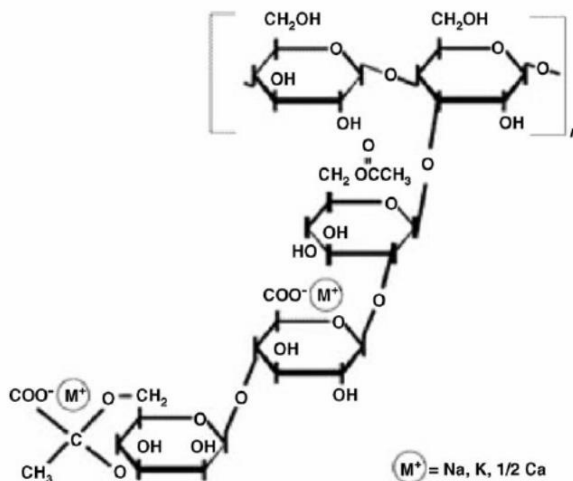


Рисунок 1 – Структурная формула ксантана [1]

Ксантан представляет собой белый или серовато-белый сыпучий порошок без вкуса и запаха. Молекулярная масса полисахарида может принимать значения от  $2 \cdot 10^6$  до  $15 \cdot 10^6$  в зависимости от условий получения [4].

В водных растворах молекулы ксантана самоассоциируются, а увеличение ионной силы раствора или концентрации полисахарида приводит к образованию геля – трехмерной сетки, состоящей из двойных спиралей ксантана, связанных межмолекулярными водородными связями (Рисунок 2) [1].



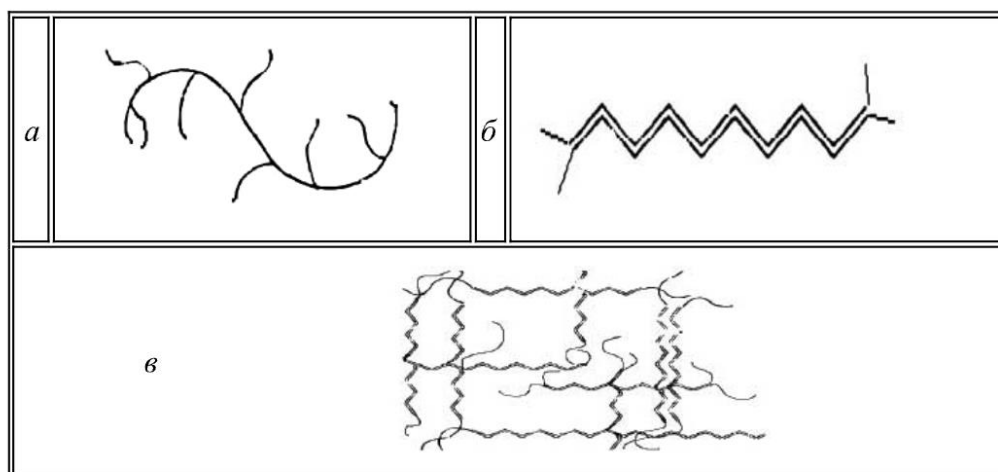


Рисунок 2 – Конфигурация макромолекул ксантана:

*a* – неионизованный раствор; *б* – в присутствии ионов металлов;  
*в* – самоассоциация макромолекул в виде трехмерной сетки [1]

Ксантан обладает хорошей диспергирующей способностью, набухаемостью в холодной и горячей воде с образованием вязких коллоидных растворов. Данный полисахарид устойчив к действию кислот, щелочей и ферментов. Ксантан обладает устойчивостью к высоким температурам, сохраняет высокую вязкость от 1 до 13 pH [5; 6].

## 1.2 Получение ксантана

Ксантан получают в процессе микробиологического синтеза, используя в качестве продуцентов бактерии *Xanthomonas campestris*, выращенные на питательной среде с добавлением различных источников углерода: сахарозы, глюкозы, крахмала, мелассы.

Выделение и очистка синтезированного ксантана проходит в несколько стадий [7]:

- 1) отделение биомассы от культуральной жидкости;
- 2) концентрирование раствора;
- 3) осаждение полисахарида;
- 4) очистка продукта;

5) высушивание.

Осаждение ксантана может происходить путем добавления осадителя, вступающего в реакцию с веществом, образуя нерастворимое соединение. Так, при добавлении ионов двухвалентного металла (например, кальция) ксантан осаждается в виде геля.

Также возможно осаждение, индуцированное растворителем. Полисахарид осаждают, добавляя в раствор спирт.

Выход ксантана зависит от следующих факторов [1]:

- способ культивирования;
- состав среды;
- условия выращивания (рН, температура, соотношение азота и углерода в питательной среде).

Состав питательной среды, на которой происходит выращивание бактерий *Xanthomonas campestris*, значительно влияет на выход ксантана. Она должна содержать источники углерода, фосфора, азота, биологически активные соединения и микроэлементы. Источником углерода может служить: сахароза, глюкоза, меласса, мальтоза, крахмал, фруктоза. В качестве источника азота могут применяться нитраты, соли аммония.

### **1.3 Продуценты ксантана – бактерии *Xanthomonas campestris***

Продуцентами ксантана являются бактерии рода *Xanthomonas*. *Xanthomonas campestris* – граммотрицательные фитопатогенные бактерии, представляющие собой прямые палочки размером 0,4-0,7×0,7-1,8 мкм, преимущественно одноклеточные, подвижные за счет полярного жгутика [1].

Бактерии *Xanthomonas campestris* характеризуются двумя особенностями: продуцирование полисахарида ксантана и наличие мембраносвязанных пигментов – ксантомонадинов (Рисунок 3), представляющих собой бромзамещенный арильные полиены и придающие мукоидность и желтую окраску колониям.

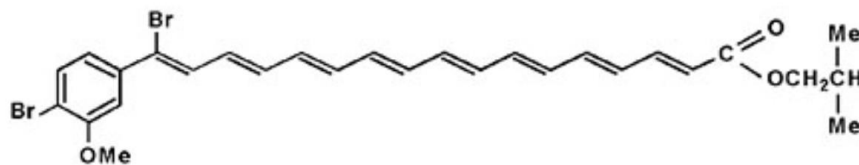


Рисунок 3 – Структурная формула ксантамонадинов

Для бактерий *Xanthomonas campestris* характерен метаболизм дыхательного типа, конечным акцептором электронов служит кислород. Оптимальная температура роста составляет 25-30 °С, максимальная достигает 40 °С [8]. Так как бактерии являются хемоорганотрофными, то для их жизнедеятельности необходим источник углерода, которым могут служить различные углеводы и соли органических кислот. Бактерии являются оксидазоотрицательными и каталазоположительными [9].

Бактерии *Xanthomonas campestris* могут гидролизовать крахмал разжижать желатин, способны свертывать молоко. Нитраты не восстанавливают [10].

Образующиеся в результате культивирования колонии бактерий *Xanthomonas campestris* на плотной питательной среде обычно гладкие, круглые, целые.

#### 1.4 Методы анализа полисахаридов

Установление строения полисахаридов заключается в определении места разветвлений, последовательности моносахаридов в каждой ветви, конфигурации каждого моносахаридного звена, а также положении гликозидных связей [11].

Существует несколько методов определения строения полисахаридов. К ним относятся [12]:

- эксклюзионная хроматография;

- высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ);
- масс-спектрометрия;
- инфракрасная (ИК) спектроскопия;
- ЯМР-спектроскопия;
- фенол-сернокислотный метод.

Высокоэффективная жидкостная хроматография является одним из наиболее распространенных хроматографических методов анализа веществ, так как обладает несколькими преимуществами: высокая скорость движения хроматографической зоны, что способствует быстрому проведению исследования; проведение хроматографического процесса в мягких условиях, обычно при комнатной температуре. Исследование проводится на хроматографической колонке, заполненной неподвижной фазой – сорбентом, через которую движется подвижная фаза – жидкость [13; 14].

Еще одним часто применяющимся хроматографическим методом является эксклюзионная хроматография, которая позволяет провести анализ соединений путем разделения веществ по размерам молекул в колонках, заполненных пористыми сорбентами (гелями). Вещества разделяются за счет разной способности проникать в поры неподвижной фазы. Достоинствами метода являются: возможность анализа образца в малых количествах, широкий интервал молекулярно-массового распределения и быстрое получение результатов [15].

Масс-спектрометрия и ЯМР-спектроскопия позволяют получить из небольшого количества образца достаточно сведений о конфигурации, последовательности звеньев и положении гликозидных связей.

ЯМР-спектроскопия является эффективным методом анализа полисахаридов, основанным на способности образцов, помещенных во внешнее магнитное поле, поглощать электромагнитное излучение. С помощью ЯМР высокого разрешения можно получать различную информацию о веществе благодаря тонкой структуре сигналов. Расщепление сигналов возникает в результате спин-спинового взаимодействия неэквивалентных магнитных ядер в

молекуле. На спектре отображаются разделенные пики за счет химического сдвига. По спектрам ЯМР можно получить как качественную, так и количественную информацию [16].

Инфракрасная (ИК) спектроскопия является методом анализа, заключающимся в регистрации и исследовании инфракрасных спектров поглощения веществ. Поглощение в ИК-области связано с колебаниями атомов, в результате которых происходит изменение межатомных расстояний и углов между связями. Количество полос в спектре зависит от количества атомов в молекуле. Анализ ИК-спектров позволяет идентифицировать вещества, получить информацию о строении макромолекул и характере внутре- и межмолекулярных связей [17].

Фенол-сернокислотный метод применяется для определения количества глюкозы в полисахаридах с использованием концентрированной серной кислоты. Метод основан на том, что оксиметилфурфурол вступает в реакцию с фенолом в присутствии концентрированной серной кислоты. Под воздействием концентрированной серной кислоты сначала происходит образование оксиметилфурфуrolа, который далее реагирует с фенолом. В результате образуется окрашенное соединение – ауриновый краситель, поглощение которого можно определить при 492 нм [18].

Методы анализа полисахаридов, рассмотренные в данном разделе, можно применять как отдельно, так и комбинированно. Как правило, наиболее точные результаты анализа достигаются при совместном использовании нескольких методов.

## **1.5 Контроль качества ксантана**

Качество ксантана технического, представляющего собой полисахарид, полученный ферментацией с применением бактерий *Xanthomonas campestris* определяется в соответствии с ГОСТ Р 57682-2017 Продукция микробиологическая. Ксантан технический. Технические условия [19].

Органолептическими, физико-химическими и биологическими показателями качества ксантана технического являются [19]:

- внешний вид и цвет: серо-белый или кремово-белый порошок без запаха и вкуса;
- присутствие крахмала, гуара или их производных;
- размер частиц (определяют ситовым анализом);
- вязкость;
- титруемая кислотность;
- присутствие токсичных элементов (свинец, мышьяк);
- содержание радионуклидов;
- не допускается наличия патогенных, в том числе сальмонелл;
- не допускается присутствие плесени и дрожжи.

Определение наличия крахмала в ксантане проводят путем добавления по каплям в исследуемый раствор ксантана раствор йода/йодида. Окрашивание раствора в желтый цвет свидетельствует об отсутствии крахмала или его производных в образце, появление другой окраски указывает на противоположные результаты.

Присутствие гуара определяют, используя раствор бората натрия (буру), которая увеличивает вязкость раствора ксантана. Измерение вязкости проводят с помощью вискозиметра.

Вязкость раствора ксантана, приготовленного путем добавления ксантана в морскую воду (морская соль, растворенная в дистиллированной воде), определяют по показанием вискозиметра при скорости вращения 300, 200, 100, 6 и 3 об/мин при температуре раствора  $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$ .

Титруемую кислотность определяют титрованием раствора ксантана, содержащего фенолфталеин, раствором щелочи с молярной концентрацией 0,1 моль/дм<sup>3</sup>.

Определение содержания токсичных элементов проводят в соответствии с ОФС.1.5.3.0009.15 Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах.

## 1.6 Применение ксантана в промышленности

Ксантан впервые был получен в конце 1950-х годов и в 1967 году стал первым микробным полисахаридом, который начали производить в промышленном масштабе [20].

Ксантан нашел широкое применение в промышленности. Он применяется в следующих областях [21-23]:

- пищевая промышленность;
- нефтедобывающая;
- фармакологическая;
- лакокрасочная;
- текстильная;
- парфюмерная;
- горнодобывающая;
- сельское хозяйство;
- строительство;
- медицина.

Ксантан применяется в качестве загустителя, стабилизатора и гелеобразователя (Таблица 1).

Ксантан обладает хорошей сгущающей способностью, может увеличивать срок хранения готовых продуктов, предотвращает расслаивание, устойчив к действию кислот. Благодаря этим свойствам ксантан применяется в пищевой промышленности. Полисахарид не является токсичным и сенсibiliзирующим, поэтому может использоваться, как добавка к пище без количественных ограничений [22].

Высокая вязкость и растворимость в воде позволяют использовать ксантан в нефтяной промышленности – в бурительных жидкостях и для увеличения выхода нефти.

Таблица 1 – Области применения ксантана

Области использования	Функции
1	2
Салатные покрытия	Стабилизатор эмульсии, суспензирующее соединение, диспергирующий агент
Сухие смеси	Облегчение дисперсии в холодной и горячей воде
Сиропы, соусы, приправы, сливки	Загуститель; стабилизатор однородности вязкости; желирующий агент
Фармацевтика (кремы и суспензии, стандарты вязкости крови)	Стабилизатор эмульсии; однородность в дозировке рецептур
Косметика (шампуни, зубные пасты, жидкие косметические средства, очищающие гели)	Стабилизатор и загуститель
Сельское хозяйство (добавки в пищу животным и к пестицидам)	Стабилизатор суспензии; улучшение разбрызгивания, увеличение прилипания и прочности
Текстильное печатание и штамповка	Контроль реологических свойств пасты, предотвращение миграции краски
Керамическая глазурь	Предотвращение агломерации во время перемалывания или шлифовки
Увеличение выхода нефти	Снижение подвижности воды путем увеличения вязкости и снижения проницаемости
Производство нефти	Уменьшение смазочного масла или трения в буровой скважине, приготовление буровых растворов
Мясная промышленность	Стабилизатор фарша для сосисок и колбас
Молочные продукты	Стабилизатор; контроль вязкости смеси

Ксантан может использоваться вместо агара в средах для культур тканей растений и культур микроорганизмов, в фармацевтической промышленности для получения лекарственных препаратов.



Для расширения сфер использования ксантан подвергают модификации. Модифицированный продукт может найти широкое применение для очистки сточных вод от металлов [24].

Ксантан может применяться в качестве основы для получения новых биокomпозиционных материалов: пленок, ксерогелей, аэрогелей [24].

Ксантан может служить основой для антибактериального раневого покрытия совместно с поливиниловым спиртом и наночастицами оксида цинка.

## **2 Экспериментальная часть**

В главе рассмотрены объекты и методы исследования, применяющиеся в данной работе.

Исследование проводилось с использованием следующего оборудования:

1. Сухожаровой шкаф-стерилизатор Binder.
2. Инкубатор WiseCube WIS-20R горизонтальный с орбитальным шейкером.
3. Автоклав WiseClave WAC-60.
4. Лабораторные аналитические весы ACCULAB ALC-210d4.
5. Дистиллятор WD-2004F (3,5 л/ч).
6. Ламинарный бокс Esco SC2-4A1.
7. Микроскоп Carl Zeiss Primo Star.
8. Центрифуга Eppendorf Centrifuge 5702R.
9. Дозатор переменного объема ЛАЙТ 1-10 мкл.
10. Дозатор Ленпипет БЛЭК 10 - 100 мкл.
11. Дозатор Ленпипет 100–1000 мкл.

### **2.1 Объекты исследования**

Для проведения исследования использовали штамм бактерий *Xanthomonas campestris* ИБФМ В-124 (НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИгенетика). Бактерии синтезируют пектолитические ферменты и полисахарид ксантан.

Выращивание культуры проводилось на плотной питательной среде с содержанием кальция при температуре 24-28 °С. Время инкубации составляло 48-72 ч.

В качестве солей лития были выбраны соли сукцината лития различной концентрации.

## 2.2 Приготовление питательных сред

Для проведения исследования были приготовлены твердые и жидкие питательные среды различного состава, которые были простерилизованы перед использованием посредством автоклавирования с целью предотвращения развития посторонних микроорганизмов в исследуемых образцах.

### 2.2.1 Приготовление твердой питательной среды для выращивания культуры

Для культивирования бактерий *Xanthomonas campestris* была приготовлена твердая питательная среда (Таблица 2).

Таблица 2 – Состав твердой питательной среды для культивирования

Реактив	Содержание, г/л
Сахароза	10,0
Агар	20,0
Дрожжевой экстракт	2,0
Кальций углекислый	3,0
Вода дистиллированная – 1 л	

Среды была приготовлена путем смешивания всех компонентов с водой. Полученный раствор кипятили в течение двух минут, чтобы добиться полного растворения всех веществ. Затем колбы со средой закрывали ватно-марлевыми пробками, пергаментной бумагой и отправляли на стерилизацию насыщенным водяным паром в автоклав на 20 минут при температуре 121 °С, давлении 1 атм. Остывшую до 70 °С среду разливали в асептических условиях в чашки Петри. Посев бактерий выполняли на полностью затвердевшую питательную среду.

### 2.2.2 Приготовление твердой питательной среды для поддержания культуры

Для поддержания культуры бактерий *Xanthomonas campestris* использовали твердую питательную среду, состав которой представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Состав твердой питательной среды для поддержания культуры

Реактив	Содержание, г/л
Глюкоза	20,0
Дрожжевой экстракт	10,0
Пептон	10,0
Агар	17,0
Вода дистиллированная – 1 л	

Компоненты смешивали с водой, кипятили в течение двух минут. Затем разливали по колбам и автоклавировали 20 минут при температуре 121 °С и давлении 1 атм.

### 2.2.3 Приготовление жидкой питательной среды для получения ксантана

Для синтеза ксантана бактериями *Xanthomonas campestris* была приготовлена питательная среда МРС (Таблица 4).

Таблица 4 – Состав питательной среды МРС

Реактив	Содержание, г/л
Мясной экстракт	8,0

Продолжение таблицы 4

Дрожжевой экстракт	4,0
Пептон сухой ферментативный	10,0
Глюкоза	20,0
Марганец сернокислый	0,05
Магний сернокислый	0,2
Калий фосфорнокислый двузамещенный	2,0
Натрия ацетат 3-водный	5,0
Твин 80 – 0,001 л	
Вода дистиллированная - 1 л	

Для приготовления питательной среды компоненты смешивали и добавляли воду. Затем нагревали на плитке до полного растворения всех составляющих и разливали по колбам. Приготовленную среду закрывали ватно-марлевыми пробками, пергаментной бумагой и автоклавировали в течение 20 минут при температуре 121 °С и давлении 1 атм.

#### **2.2.4 Приготовление стерильной воды**

Дистиллированную воду объемом 9 мл разливали в пробирки, закрывали ватно-марлевыми пробками и стерилизовали в автоклаве в течение 20 минут при температуре 121 °С и давлении 1 атм.

#### **2.3 Методики проведения экспериментов**

Для исследования влияния солей лития на выход ксантана, синтезируемого бактериями *Xanthomonas campestris*, проводили следующие эксперименты:

1. Исследование токсичности солей лития на бактерии *Xanthomonas campestris*.
2. Определение количества ксантана, продуцируемого бактериями *Xanthomonas campestris*.
3. Определение количества ксантана, продуцируемого бактериями *Xanthomonas campestris* в присутствии солей лития.

### **2.3.1 Культивирование бактерий *Xanthomonas campestris***

Ампулу, содержащую штамм бактерий *Xanthomonas campestris* ИБФМ В-124, вскрывали в асептических условиях и добавляли стерильную воду. Полученную суспензию с помощью дозатора переносили на чашки Петри, в которых находилась приготовленная плотная питательная среда для культивирования. Суспензию равномерно распределяли шпателем по поверхности. Чашки Петри помещали культивироваться в термостат на 48-72 ч при температуре 24-28 °С.

### **2.3.2 Идентификация бактерий методом окрашивания по Граму**

Определение принадлежности культивированных бактерий к грамположительной или грамотрицательной группе проводили, используя метод окрашивания по Граму.

Исследование проводили в следующей последовательности:

1. Приготовили фиксированный препарат – из чашки Петри с помощью микробиологической петли отобрали образец и поместили на обезжиренное предметное стекло, на которое предварительно была нанесена капля воды. Суспензию высушивали над пламенем горелки.

2. На фиксированный мазок с помощью пипетки наносили раствор красителя геницианвиолета и накрывали фильтровальной бумагой. Спустя 2 минуты краситель смыли.

3. Нанесли раствор Люголя на 2 минуты.
4. Пробу обесцвечивали 96 %-ным этилового спирта в течение минуты, затем промыли водой.
5. На 2 минуты нанесли раствор фуксина, промыли водой и высушили на воздухе.
6. Образец рассмотрели под микроскопом. Грамположительные бактерии окрашиваются в фиолетовый цвет, грамотрицательные – в красный цвет.

### 2.3.3 Исследование токсичности методом диффузных дисков

Изучение токсического действия солей лития на бактерии *Xanthomonas campestris* было проведено методом диффузных дисков. В качестве солей лития использовались соли сукцината лития различной концентрации: 20; 10; 5; 2,5; 1,25 и 0,625 ммоль/л.

На твердую питательную среду в чашке Петри с помощью дозатора нанесли суспензию бактерий *Xanthomonas campestris* и распределили шпателем. Затем бумажные диски, смоченные раствором сукцината лития различной концентрации, поместили на поверхность питательной среды (Рисунок 4).

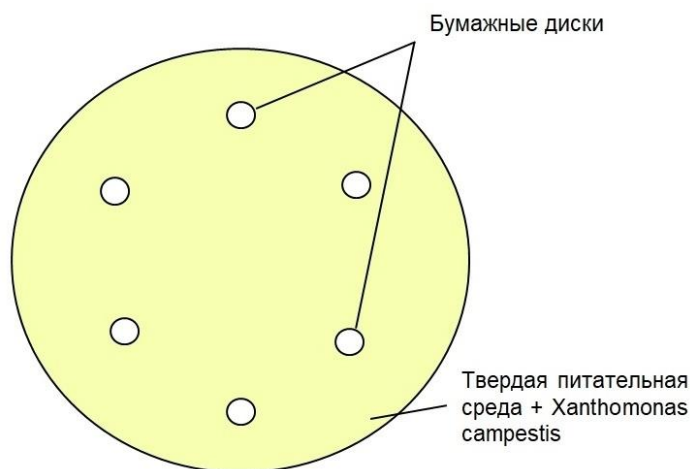


Рисунок 4 – Проведение исследования диско-диффузным методом

Определения токсического действия солей лития на бактерии проводили через 24 часа по размеру диаметра зоны подавления роста.

### 2.3.4 Определения количества колониобразующих единиц (КОЕ)

Влияние солей лития на жизнеспособность бактерий *Xanthomonas campestris* проводили методом Коха, который заключается в посеве образца, приготовленного методом разведений, на плотную среду и определении колониобразующих единиц.

Исследование проводили в три этапа:

1. Приготовление серийных разведений.
2. Посев на плотную среду в чашки Петри.
3. Подсчет выросших колоний.

Для приготовления последовательных разведений использовали образец с солями лития и без солей лития. Схема проведения эксперимента представлена на рисунке 5.

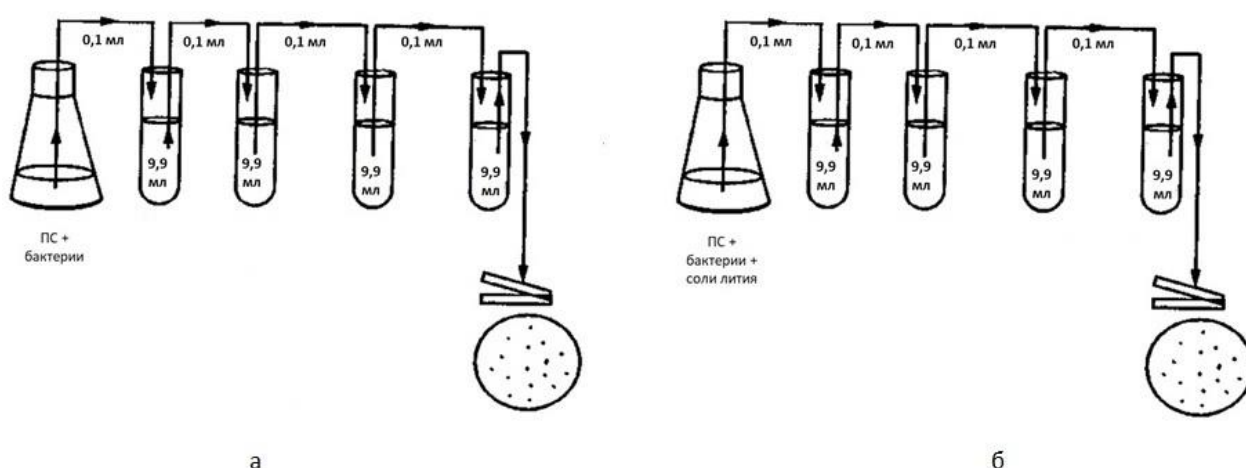


Рисунок 5 – Схема приготовления разведений:

а – без добавления солей лития; б – с добавлением солей лития



Для определения колониобразующих единиц проводили посев на твердую питательную среду в чашки Петри через 0; 4; 24 и 72 ч.

Подсчёт количества колониобразующих единиц проводили по формуле [25]:

$$N = \frac{\bar{a} \cdot 10^n}{V},$$

где N – количество бактерий в суспензии;

$\bar{a}$  – число колониобразующих единиц;

V – объем разведения, взятый для посева.

### **2.3.5 Синтез ксантана бактериями *Xanthomonas campestris***

В жидкую питательную для получения ксантана в асептических условиях переносили 72-часовую культуру бактерий *Xanthomonas campestris* с чашек Петри, используя микробиологическую петлю. Среду оставляли в термостате-шейкере на 72 ч при температуре 28 °С и скорости перемешивания 180 об/мин.

### **2.3.6 Методика выделения ксантана**

Выделение ксантана, синтезированного штаммом бактерий *Xanthomonas campestris* на жидкой питательной среде с сукцинатом лития и без добавления соли, проводили по схеме, представленной на рисунке 6.

Сначала отделяли культуральную жидкость от биомассы, пропуская раствор через фильтр, сделанный из фильтровальной бумаги. Профильтрованный раствор центрифугировали в течение 30 минут при температуре 4 °С и скорости 4000 г. Затем проводили перемешивание в шейкере-термостате в течение 60 минут при температуре 50 °С и скорости 180 об/мин.

Далее проводили выпаривание на песочной бане для повышения концентрации раствора в 2 раза.

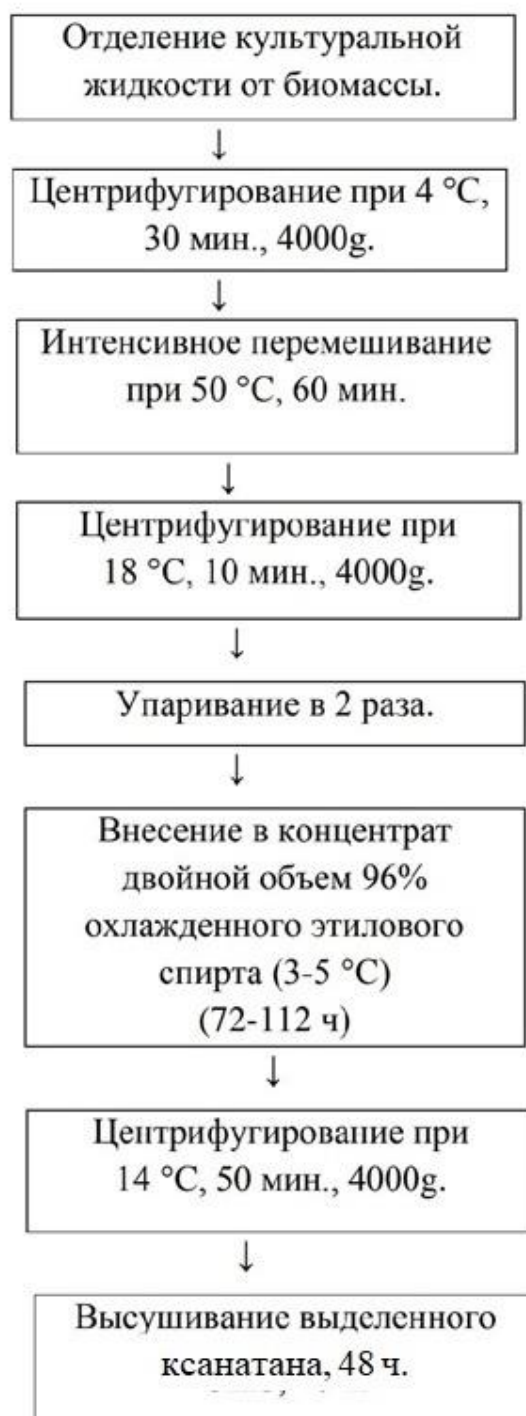


Рисунок 6 – Схема выделения ксантана, синтезированного бактериями *Xanthomonas campestris*

Для осаждения ксантана применяли 96 %-ный охлажденный этиловый спирт, добавленный в двойном объеме. Раствор оставляли в холодильнике на 72-112 ч. Ксантан, осажденный под действием спирта, отделяли от раствора центрифугированием в течение 50 минут при температуре 14 °С и скорости 4000 g. Выделенный ксантан высушивали в сухожаровом шкафу в течение 48 ч при температуре 45 °С.

Количество ксантана, полученного в результате микробиологического синтеза с использованием бактерий *Xanthomonas campestris*, определяли путем взвешивания образца на аналитических весах.

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

Объектом исследования является штамм бактерий *Xanthomonas campestris*, продуцируемый ксантан, а также соли лития.

Для оценки перспективности научного исследования необходимо определить коммерческую ценность разработки.

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач [26]:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Исходя из перечисленных задач, были сформированы структура и содержание данного раздела.

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

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В ходе данного исследования выполняется микробиологический синтез полисахарида ксантана в присутствии солей лития, поэтому в качестве потенциальных потребителей можно рассмотреть компании пищевой, фармацевтической и косметической отраслей. Было выделено три организации, продающие ксантан: «Русхимсеть», «Миксэм», «Промхим».

Сегментирование рынка произвели посредством построения карты сегментирования (Таблица 6). Критериями сегментирования были выбраны размер компаний и отрасль деятельности.

Таблица 6 – Карта сегментирования

		Отрасль		
		Пищевая	Фармацевтическая	Косметическая
Размер компаний	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

 - Русхимсеть     - Миксэм     - Промхим

Исходя из составленной карты сегментирования можно сделать вывод, что на целевом рынке компаний участниками с низкой конкуренцией являются крупные и мелкие компании в фармацевтической отрасли и средние компании в косметической отрасли. В рамках выполнения данного проекта был выбран участок низкой конкуренции в фармацевтической области.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования было установлено, что соли лития в определенных концентрациях не оказывают токсического действия на бактерии *Xanthomonas campestris*, синтезируемые ксантан. Следовательно, данный полисахарид можно

получать в присутствии солей лития. На данный момент синтез ксантана в присутствии солей лития практически не изучен.

В качестве конкурентных технических решений рассмотрим:

- ксантан, синтезированный на среде, содержащей мелассу;
- ксантан, синтезированный на среде, содержащей кукурузный крахмал.

Анализ конкурентных технических решений проводился с помощью оценочной карты (Таблица 7). В качестве объекта анализа был выбран ксантан, синтезированный в присутствии солей лития (ф), а конкурентных разработок – ксантан, синтезированный на среде, содержащей мелассу (к1); ксантан, синтезированный на среде, содержащей кукурузный крахмал (к2). Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 7, подбирали, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Позицию разработки и конкурентов оценивали по каждому показателю по пятибалльной шкале.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии 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
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Трудоемкость получения	0,2	5	3	2	1	0,6	0,4
2. Выход целевого продукта	0,2	4	5	5	0,8	1	1
3. Безопасность	0,2	4	5	4	0,8	1	0,8
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
4. Цена	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
6. Финансирование научной разработки	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
<b>Итого</b>	1				4,4	4,2	3,8

Анализ конкурентных технических решений определяли по формуле [26]:

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

$K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что синтез ксантана в присутствии солей лития является конкурентоспособной разработкой. Основными преимуществами данного способа получения полисахарида являются низкая трудоемкость и невысокая цена по сравнению с рассматриваемыми конкурентными разработками.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – комплексный анализ научно-исследовательского проекта, который применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (таблица 8).

Таблица 8 – Результаты первого этапа SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>С1. Простая и доступная технология получения целевого продукта.</p> <p>С2. Доступные реагенты, используемые в синтезе.</p> <p>С3. Невысокие расходы</p>	<p>Сл1. Долгое получение результатов.</p> <p>Сл2. Недостаточное количество литературных данных по выполняемому проекту.</p>

Продолжение таблицы 8

	реактивов.	Сл3. Отсутствие прототипа научной разработки.
	<p>С4. Отсутствие токсического действия солей лития в малых концентрациях на бактерии, синтезируемые ксантан.</p> <p>С5. Применение современного оборудования, позволяющего регулировать параметры процессов исследования.</p>	
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Рост спроса на синтезированный продукт – ксантан.</p> <p>В2. Невысокое число конкурентных разработок.</p> <p>В3. Повышение стоимости аналогичных разработок.</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Повышение стоимости реактивов.</p> <p>У2. Снижение спроса на данную разработку.</p> <p>У3. Недостаток финансирования исследования.</p>		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого необходимо построить интерактивные матрицы проекта. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие



сильных/слабых сторон возможностям/угрозам), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Разработанные интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 9-12.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

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

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта				
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	0	+
	B2	+	+	+
	B3	+	-	+

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	+	+	+
	У2	+	+	+	-	-
	У3	-	-	-	0	+

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	+	-
	У2	+	+	+
	У3	+	+	-

В рамках третьего этапа была составлена итоговая матрица SWOT-анализа (Таблица 13).

Таблица 13 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>С1. Простая и доступная технология получения целевого продукта.</p> <p>С2. Доступные реагенты, используемые в синтезе.</p> <p>С3. Невысокие расходы реактивов.</p> <p>С4. Отсутствие токсического действия солей лития в малых концентрациях на бактерии, синтезируемые ксантан.</p> <p>С5. Применение современного оборудования, позволяющего регулировать параметры процессов исследования.</p>	<p>Сл1. Долгое получение результатов.</p> <p>Сл2. Недостаточное количество литературных данных по выполняемому проекту.</p> <p>Сл3. Отсутствие прототипа научной разработки.</p>

Продолжение таблицы 13

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Рост спроса на синтезированный продукт – ксантан.</p> <p>В2. Невысокое число конкурентных разработок.</p> <p>В3. Повышение стоимости аналогичных разработок.</p>	<p>Получаемый продукт обладает множеством сильных сторон, повышающих конкурентоспособность. Следовательно, ксантан, получаемый по данной технологии, может пользоваться спросом.</p>	<p>Небольшое количество подобных разработок способствует сохранению конкурентоспособности, несмотря на имеющиеся недостатки.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Повышение стоимости реактивов.</p> <p>У2. Снижение спроса на данную разработку.</p> <p>У3. Недостаток финансирования исследования.</p>	<p>Сильные стороны позволяют снизить потребность в финансировании до минимальных.</p>	<p>Из-за недостатка финансирования может возникнуть проблема дефицита материалов для проведения полного исследования.</p>

В результате выполнения SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны разработки, а также их стабильность в условиях развития дополнительных возможностей и внешних угроз. Для устранения слабых сторон проекта необходим поиск источников финансирования, чтобы оптимизировать процесс получения ксантана.

#### 4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Методы, рассмотренные в предыдущем разделе, направлены на определение возможных альтернатив проведения исследования и доработку результатов. В основном все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на

стадии разработки. Однако, используя морфологический подход, можно предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования. Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования [26].

В качестве морфологических характеристик объекта исследования можно выделить соли лития, метод исследования и виды сред для бактерий. Морфологическая матрица с рассмотрением альтернативных решений приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Морфологическая матрица альтернативных решений

	1	2	3
А. Соли лития	Аскорбат	Пируват	Сукцинат
Б. Метод исследования	Прямой	Косвенный	Комбинированный
В. Среда для жизнедеятельности бактерий	Мясо-пептонный агар	Среда, содержащая карбонат кальция	Среда Мозера-Рогоза-Шарпа

Морфологическая матрица позволяет наглядно рассмотреть перспективы развития, возможность расширения производственных решений, введение модификаций и усовершенствование проекта. Наиболее перспективным является вариант исследования влияния сукцината лития на среде Мозера-Рогоза-Шарпа комбинированным методом, поскольку выбранные соль лития и питательная среда показывают положительное влияние на жизнеспособность бактерий, а комбинированный метод позволяет получить более точные результаты.

## 4.3 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научно-исследовательской работы сформировали рабочую группу, в состав которой входят: бакалавр – Малинина А.И. (Исп. 1), научный руководитель – Чернова А.П. (Исп.2), консультант по разделу «Финансовый менеджмент» - Криницына З.В. (Исп.3) и консультант по разделу «Социальная ответственность» - Гуляев М.В. (Исп.4). В рамках проведения исследования составили перечень работ, также провели распределение исполнителей по всем видам работ (Таблица 15).

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Чернова А.П. (к.х.н., доцент ОХИ, ИШПР)
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Малинина А.И. (студент)
Теоретические и экспериментальные исследования	3	Проведение патентных исследований	Малинина А.И. (студент)
	4	Выбор направления исследований	Чернова А.П. (к.х.н., доцент ОХИ ИШПР) Малинина А.И. (студент)
	5	Календарное планирование работ по теме	Чернова А.П. (к.х.н., доцент ОХИ ИШПР) Малинина А.И. (студент)

Продолжение таблицы 15

Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение химических расчетов	Малинина А.И. (студент)
	7	Построение моделей и проведение экспериментов	Малинина А.И. (студент)
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Малинина А.И. (студент)
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Чернова А.П. (к.х.н., доцент ОХИ ИШПР) Малинина А.И. (студент)
	10	Определение целесообразности проведения НИР	Чернова А.П. (к.х.н., доцент ОХИ ИШПР) Малинина А.И. (студент)
Разработка технической документации	11	Разработка главы по разделу «Финансовый менеджмент»	Криницына З.В. (к.т.н., доцент ОСГН ШБИП) Малинина А.И. (студент)
	12	Разработка главы по разделу «Социальная ответственность»	Гуляев М.В. (старший преподаватель) Малинина А.И. (студент)
Оформление отчета по НИР	13	Формирование дипломной работы, презентации и нормативно-технических документов	Малинина А.И. (студент)

### 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула [26]:

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

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

$t_{min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

После определения ожидаемой трудоёмкости работ необходимо рассчитать продолжительность каждой из работ в рабочих днях  $T_p$ . Величина  $T_p$  учитывает параллельность выполнения этих работ несколькими исполнителями [26]:

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

где  $T_{p\ i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

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

Произведём расчёт представленных ранее параметров для первого этапа работ (составление и утверждение технического задания):

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 7}{5} = 4 \text{ чел. -дн.}$$

$$T_{p\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i} = \frac{4}{1} = 4 \text{ раб. дн.}$$

### 4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график (Таблица 16), на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [26].

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой [26]:

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

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.

Произведём расчёт представленных ранее параметров для первого этапа работ (составление и утверждение технического задания):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 4 \cdot 1,22 = 5 \text{ дней}$$



Таблица 16 – Календарный план-график проведения НИР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				январь			февраль			март			апрель			май		
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Исп.2	5	■														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исп.1	7		■	■												
3	Проведение патентных исследований	Исп.1	5			■												
4	Выбор направления исследований	Исп.1, Исп.2	6			■	■											
5	Календарное планирование работ по теме	Исп.1, Исп.2	4			■	■											
6	Проведение химических расчетов	Исп.1	4			■	■											
7	Построение моделей и проведение экспериментов	Исп.1	65				■	■	■	■	■	■	■	■	■			
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Исп.1	5											■	■			
9	Оценка эффективности полученных результатов	Исп.1, Исп.2	6											■	■			
10	Определение целесообразности проведения НИР	Исп.1, Исп.2	4											■	■			
11	Разработка главы по разделу «Финансовый менеджмент»	Исп.1, Исп.3	7											■	■	■		
12	Разработка главы по разделу «Социальная ответственность»	Исп.1, Исп.4	6											■	■	■		
13	Формирование дипломной работы	Исп.1	11													■	■	

■ - Исп.1 (Малинина А.И.); ■ - Исп.2 (Чернова А.П.); ■ - Исп.3 (Креницына З.В.); ■ - Исп.4 (Гуляев М.В)

## 4.4 Бюджет научно-технического исследования

### 4.4.1 Расчет материальных затрат (НТИ)

К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырьё и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции, покупные материалы, канцелярские принадлежности [26].

Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам и ценам с учетом НДС, транспортные расходы приняты в пределах 15 % от стоимости материалов.

Результаты расчёта материальных затрат в процессе проведения НТИ представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, руб.		
		Испол.1	Испол.2	Испол.3	Испол.1	Испол.2	Испол.3	Испол.1	Испол.2	Испол.3
Агар микробиологический	Кг	0,5	0,5	0,5	2900	2900	2900	3335	3335	3335
Бактерии Xanthomonas campestris	упак.	1	1	1	2500	2500	2500	2875	2875	2875
Дрожжевой экстракт	Кг	0,25	0,25	0,25	1865	1865	1865	2145	2145	2145
Сахароза	Кг	0,5	0,5	0,5	474	474	474	546	546	546
Кальций углекислый	Кг	0,1	0,1	0,1	308	308	308	355	355	355
Пептон ферментативный	Кг	0,25	0,25	0,25	1687	1687	1687	1940	1940	1940

Продолжение таблицы 17

Глюкоза	Кг	0,5	0,5	0,5	584	584	584	672	672	672
Твин-80	Кг	0,1	-	-	250	-	-	288	-	-
Калий фосфорнокис лый двухзамещен ный	Кг	0,1	0,1	0,1	186	186	186	214	214	214
Сукцинат лития	Г	-	25	-	-	1900	-	-	1900	-
Пируват лития	г	-	-	10	-	-	2662	-	-	3062
Спирт этиловый, 96%	л	5	5	5	1900	1900	1900	2185	2185	2185
Перекись водорода, 37 %	кг	1	1	1	630	630	630	725	725	725
Пергамент	упак.	1	1	1	240	240	240	276	276	276
Фильтроваль ная бумага	упак.	1	1	1	60	60	60	69	69	69
Вата хирург. Нестерильная	упак.	1	1	1	168	168	168	194	194	194
Перчатки латексные	упак.	1	1	1	500	500	500	575	575	575
Итого								16394	18006	19168

#### 4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле [27]:

$$A = \frac{P_c \cdot H \cdot n}{100 \cdot k}, \quad (6)$$

где  $P_c$  – первоначальная стоимость оборудования;

$H$  – норма амортизации, %;

$k$  - количество месяцев в году.

$n$  – количество месяцев использования оборудования.

Результаты расчёта затрат на специальное оборудование в процессе проведения НТИ представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет затрат на специальное оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Первоначальная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Амортизация оборудования
1	Сухожаровой шкаф-стерилизатор Binder	1	183962	14	6439
2	Инкубатор WiseCube WIS-20R горизонтальный с орбитальным шейкером	1	589 605	14	20636
3	Автоклав WiseClave WAC-60	1	579 381	10	14485
4	Лабораторные аналитические весы ACCULAB ALC-210d4	1	77220	20	3861
5	Дистиллятор WD-2004F (3,5 л/ч)	1	43264	14	1514
6	Ламинарный бокс Esco SC2-4A1	1	526 710	17	22385
7	Микроскоп Carl Zeiss Primo Star	1	114 900	10	2873

Продолжение таблицы 18

8	Центрифуга Eppendorf Centrifuge 5702R	1	511048	14	17887
9	Дозатор переменного объема ЛАЙТ 1-10 мкл	1	10100	20	505
10	Дозатор Ленпипет БЛЭК 10 - 100 мкл	1	7319	20	366
11	Дозатор Ленпипет 100–1000 мкл	1	7153	20	358
Итого					91309

#### 4.4.3 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) рассчитывается по формуле [26]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (7)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [26]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (8)$$

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;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (Таблица 19).

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководители	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	271

Месячный должностной оклад работника [26]:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (10)$$

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 20.

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$
Исп.1	9200	-	-	1,3	11960	494	76	37544
Исп.2	37700	-	0,3	1,3	63713	2937	10	29370
Исп.3	37700	-	0,3	1,3	63713	2937	3	8811
Исп.4	36114	-	0,3	1,3	61033	2813	3	8439
Итого $Z_{осн}$								84164

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (11)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, равный 0,13.

Полная заработная плата исполнителей темы представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет полной заработной платы исполнителей

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$Z_{\text{доп}}$ , руб.	$Z_{\text{зп}}$ , руб.
Исп.1	37544	4881	42425
Исп.2	29370	3818	33188
Исп.3	8811	1145	9956
Исп.4	8439	1097	9536
Итого	84164	10941	95105

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле [26]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$Z_{\text{внеб}} = 0,30 \cdot (84164 + 10941) = 28532 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата
Бакалавр (Исп.1)	37544	4881
Научный руководитель (Исп.2)	29370	3818

#### Продолжение таблицы 22

Консультант по разделу «Финансовый менеджмент» (Исп.3)	8811	1145
Консультант по разделу «Социальная ответственность» (Исп.4)	8439	1097
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Итого	28532	

#### 4.4.5 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.

Накладные расходы вычисляются по формуле [26]:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{пр}}, \quad (13)$$

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

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (Z_{\text{мат}} + A + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}})$$

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (16394 + 91309 + 84164 + 10941 + 28532) = 37015 \text{ руб.}$$

#### 4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в



качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции [26].

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Испол.1	Испол.2	Испол.3	
1. Материальные затраты НИИ	16394	18006	19168	Пункт 4.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	91309	91309	91309	Пункт 4.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	84164	84164	84164	Пункт 4.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10941	10941	10941	Пункт 4.4.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28532	28532	28532	Пункт 4.4.4
6. Накладные расходы	37015	37015	37015	Пункт 4.4.5
7. Бюджет затрат НИИ	268355	269967	271129	Пункты 4.4.1 – 4.4.5

#### 4.5 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 [26].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [26]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

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

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

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [1]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

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 выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Результаты расчета интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка Характеристики вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1. Стимулирующий эффект	0,25	5	4	3
2. Простота эксплуатации	0,15	4	4	3
3. Материалоемкость	0,25	4	5	4
4. Энергоемкость	0,15	5	5	4
5. Экспрессность	0,20	5	4	4
Итого	1			

$$I_{p-\text{исп.1}} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 = 4,6;$$

$$I_{p-\text{исп.2}} = 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 = 4,4;$$

$$I_{p-исп.1} = 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 = 3,6.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [26]:

$$I_{исп i} = \frac{I_{p-исп i}}{I_{финр i}} \quad (16)$$

Сравнительную эффективность проекта рассчитывается по формуле [1]:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (17)$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,990	0,996	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,6	4,4	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	4,65	4,42	3,6
4	Сравнительная эффективность исполнения	1	0,95	0,78

Выводы:

1. В ходе определения коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения выявили потенциальных потребителей исследования, проанализировали конкурирующие разработки и выполнили SWOT-анализ, показывающий возможные варианты развития проекта.

2. Провели планирование работы, в процессе которого разработали график проведения научного исследования.

3. Рассчитали бюджет научно-исследовательского проекта, он составил 268355 руб (по первому исполнению).

4. По интегральным показателям эффективности определили, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности наиболее эффективным для решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи оказалось первое исполнение.

## **5 Социальная ответственность**

Научно-исследовательская работа направлена на исследование влияния солей лития на выход ксантана, продуцируемого бактериями *Xanthomonas campestris*. Данный полисахарид применяется в качестве загустителя, стабилизатора, гелеобразователя в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Литий и его соединения широко используются в промышленности. Например, соли лития применяются в медицине для лечения дерматологических, сердечно-сосудистых заболеваний, психических расстройств, в пищевой промышленности – в качестве консерванта. Однако при изучении литературных данных было выявлено, что синтез ксантана в присутствии солей лития не был изучен. Следовательно, данное исследование является актуальным.

Работы проводились в учебно-исследовательской микробиологической лаборатории Отделения химической инженерии НИ ТПУ.

В ходе выполнения исследования использовали химические реактивы, микроорганизмы, а также работали с различным оборудованием.

В данном разделе рассматриваются вопросы, связанные с правовыми и организационными нормами, производственной и экологической безопасностью, а также с безопасностью в чрезвычайных ситуациях.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства**

Основным документом, регулирующим вопросы охраны труда для работников микробиологической лаборатории, является Трудовой кодекс Российской Федерации. Также существует ряд требований при работе с биологическими объектами и химическими реактивами.

В лаборатории при работе с биологическими объектами должны выполняться меры безопасности для предупреждения возникновения: заболевания, состояния интоксикации, сенсibilизации организма, вызванные микроорганизмами [28].

Необходимо соблюдать правила безопасности при работе с вредными веществами во избежание превышения их концентрации в воздухе рабочей зоны выше предельно допустимого уровня, установленного нормативной документацией [29].

### **5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны**

Значительная часть работ в лаборатории выполняется в положении сидя, поэтому рабочую зону необходимо обустроить в соответствии с эргономическими требованиями [30]. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям.

По классификации работы, выполняемые в лаборатории, относятся к легким, поэтому высота рабочей поверхности должна составлять для женщин – 700 мм, для мужчин – 750 мм, для мужчин и женщин (средний показатель) – 725 мм. Высота сиденья должна быть для женщин – 400 мм, а для мужчин – 430 мм.

Работы, проводимые в ламинарном боксе (шкафу), следует оборудовать в соответствии с [31]. Необходимо правильно размещать инструменты, с помощью которых производятся все манипуляции: петли, дозаторы, емкости с жидкостями и т.п. Все элементы должны быть расположены в пределах моторной доступности и предотвращать перекрещивания рук в процессе работы.

## 5.2 Производственная безопасность

По характеру происхождения вредных и опасных факторов, воздействующих на работника лаборатории при проведении данного исследования, в соответствии с [32], можно выделить:

- факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;
- факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;
- факторы, порождаемые биологическими свойствами микроорганизмов, находящихся в биообъектах и (или) загрязняющих материальные объекты производственной среды.

Перечень вредных и опасных факторов представлен в таблице 26.

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные производственные факторы при работе в лаборатории

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Исследование влияние солей лития на выход ксантана	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата от заданных норм	+	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [33]
2. Производственные факторы, связанные с электрическим током	+	ГОСТ 12.0.019-2017 ССБТ. Электробезопасность [34]
3. Монотонность труда и длительное сосредоточенное наблюдение	+	Трудовой кодексе Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) [35]

Продолжение таблицы 1

4. Производственные факторы, связанные с ультрафиолетовым излучением	+	СН 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях [36]
5. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм человека	+	ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [37]
6. Недостаток искусственного освещения	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [38]
7. Пожаровзрывоопасность	+	ГОСТ 12.1.044-2018 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов [39]

1. Потенциально вредным фактором в лаборатории может являться отклонение показателей микроклимата от заданных норм. Микроклимат помещения определяют по следующим показателям: температура воздуха и поверхностей, относительная влажность и скорость воздуха, интенсивность теплового излучения. Работы, выполняемые в лаборатории, в соответствии с [33], относятся к категории Ib.

К категории Ib относятся работы, проводимые сидя, стоя или связанные с ходьбой.

Для микробиологической лаборатории предусмотрены санитарные нормы, представленные в таблице 27.



Таблица 27 – Оптимальные показатели микроклимата в лаборатории

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Іб	22-24	21-25	60-40	0,1

2. Производственные факторы, связанные с электрическим током. Лаборатория относится к категории особо опасных помещений по возможности поражения людей электротоком, так как характеризуется наличием химически активных и органических сред, разрушающих изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

В рабочих зонах лаборатории используется электрооборудование и электроприборы, которые могут являться источником электрического воздействия. Оборудование работает от сети с напряжением 220 В, автоклав – от сети с напряжением 380 В.

Электробезопасность работников лаборатории и студентов должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

- изоляция токоведущих частей;
- соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей;
- заземление оборудования, зануление, устройство автоматического отключения (УЗО);
- применение предупреждающих надписей и плакатов;

По окончании рабочего дня необходимо снять напряжение с отдельных приборов, а также отключить все щитки на лабораторных столах и общий рубильник за пределами лаборатории.

3. Производственные факторы, связанные с ультрафиолетовым излучением. В лаборатории может наблюдаться повышенный уровень ультрафиолетового излучения, возникающий вследствие работы с производственным оборудованием (ламинарный шкаф) и применения в

лаборатории бактерицидных ламп. Нормирование УФ-излучения в производственных помещениях осуществляется по [36], при этом допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищённых участков поверхности кожи не более  $0,2 \text{ м}^2$  и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать  $0,0001 \text{ Вт/м}^2$  для области УФ-С (280–200 нм). Интенсивность облучения работающих должна измеряться периодически, не реже 1 раза в год.

4. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм человека. В рабочей зоне помещения используются химические вещества, которые представлены в таблице 28. При этом предельно допустимые концентрации (ПДК) взяты по [37], классы опасности – [40].

Таблица 28 – Перечень вредных веществ, используемых в лаборатории

Вещество	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Особенности действия на организм
Натрий хлористый (ГОСТ 4233-77)	1000	4	Натрий хлористый вызывает раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и кожи.
Перекись водорода (ГОСТ 10929-76)	0,3	2	Растворы перекиси водорода могут вызывать ожоги кожи и глаз, пары перекиси водорода – раздражение слизистых оболочек.
Этанол (ГОСТ 17299-78)	5	3	Этиловый спирт может нанести вред здоровью при вдыхании паров при достаточно большой концентрации.

Лаборатория снабжена приточно-вытяжной вентиляцией и вытяжным шкафом для защиты органов дыхания и слизистой оболочки глаз. Для предотвращения попадания вредных веществ внутрь и на кожу, используют

средства индивидуальной защиты: резиновые перчатки и хлопчатобумажные халаты.

При проведении исследования используются бактерии *Xanthomonas campestris*. Данные бактерии являются непатогенными, однако в ходе выполнения работы в микробиологической лаборатории должны соблюдаться следующие требования безопасности [29]:

- работники должны находиться в лаборатории в специальной одежде, которую необходимо надевать при входе и снимать при выходе из помещения;
- при работе с микроорганизмами необходимо надевать перчатки;
- перенос биологического материала и использованной посуды для стерилизации необходимо осуществлять в закрывающихся ёмкостях, исключающих инфицирование во время транспортировки;
- воздух во всех рабочих помещениях обеззараживают ежедневно при помощи бактерицидных ламп в течение 30–40 минут.

5. Недостаточная освещенность рабочего места затрудняют выполнение работы, способствует быстрой утомляемости и приводит к ухудшению зрения.

При выполнении исследования в лаборатории освещенность рабочего места должна быть согласно СП 52.13330.2016 в пределах 500 лк.

6. Пожаровзрывоопасность в лаборатории обусловлена наличием легковоспламеняющихся жидкостей. По классификации, приведенной в [41], микробиологическая лаборатория относится к пожаровзрывоопасным помещениям категории А. Общие меры по обеспечению пожаровзрывобезопасности и устранению возможных источников пожаров и взрывов следующие:

- запрещается держать легковоспламеняющихся жидкости и горючие вещества вблизи открытого огня, в теплом месте или вблизи нагревательных приборов;
- запрещается нагревать легковоспламеняющиеся и горючие вещества на открытом огне, на сетке, вблизи огня или открытых сосудах.

### 5.3 Экологическая безопасность

Работа, проводимая в лаборатории, может оказывать воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу.

Влияние на атмосферу определяется использованием вредных веществ. Основным путем попадания в атмосферу является вентиляционная система. Для обеспечения необходимой защиты воздушной сферы все работы должны проводиться в вытяжном шкафу, оснащенный фильтром, при включенной тяге. Также необходимо обеспечить герметичность тары, в которой находятся вредные вещества.

Вредное воздействие на гидросферу может оказывать химическое и биологическое загрязнение водотоков в результате удаления биологических, неорганических и органических отходов в канализационную сеть населенных пунктов. Данное воздействие определяется в соответствии с [42] и [43]. Если сточные воды содержат вредные вещества в концентрациях, превышающих установленные нормы, то их следует подвергать предварительной очистке. Для предотвращения негативных воздействий проводится организации раздельного сбора и хранения биологических, неорганических и органических отходов, обезвреживание кислых и щелочных стоков, регенерация растворителей. Жидкий биоматериал поступает в дезинфицирующие растворы, где подвергается обезвреживанию.

В микробиологической лаборатории образуются твердые отходы в виде бытового мусора, выбрасываемого в урну, и твердый биоматериал класса Б (по классификации [44]). Твердый биоматериал и контактирующие с ним предметы должны быть удалены в мягкую упаковку (одноразовые пакеты, маркированные желтым цветом с надписью «медицинские отходы», закрепленные в урнах). После заполнения пакета примерно на 3/4 из него удаляется воздух и сотрудник, ответственный за сбор отходов, осуществляет его герметизацию. Транспортирование всех видов отходов класса Б вне пределов медицинского подразделения осуществляется только в одноразовой

упаковке после ее герметизации. Сбор и утилизацию отходов производят специальные службы.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации могут возникнуть как в результате несоблюдения правил безопасности и нахождения в лаборатории работниками, так и как следствия внешних антропогенных и неантропогенных влияний.

Ошибочные действия сотрудников микробиологической лаборатории могут привести к антропогенным чрезвычайным ситуациям.

Пожар может возникнуть в результате нерегламентированного хранения и транспортирования взрывчатых веществ, легковоспламеняющихся жидкостей, переохлажденных и нагретых жидкостей.

В соответствии с [41] лаборатория (аудитория 221, 2 корпуса ТПУ) по взрывопожарной и пожарной опасности помещения относится к категории А – повышенная взрывопожароопасность, так как в работе используются легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С.

Согласно ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» по классу пожарной опасности лаборатория относится к классу П-Па. Пожароопасные зоны класса П-Па – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- систематический инструктаж персонала;
- регулярная проверка исправности оборудования;
- установка автоматических противопожарных сигнализаций;
- применение сенсоров задымленности помещений;
- установка систем автоматического пожаротушения;

- наличие на объекте пожарных щитов, средств первичного пожаротушения и требуемого количества средств индивидуальной защиты.

В лаборатории имеются первичные средств пожаротушения: огнетушители ОУ-3 (1 шт.) и ОП-3 (1 шт.), ящик с песком, асбестовое одеяло.

Другим потенциальным антропогенным ЧС в микробиологической лаборатории является взрыв. Он может возникнуть в результате разгерметизации систем повышенного давления – автоклава. Разрушение или разгерметизация систем повышенного давления в зависимости от физико-химических свойств рабочей среды может привести к появлению одного или комплекса поражающих факторов:

- ударная волна (последствия - травматизм, разрушение оборудования и несущих конструкций и т.д.);
- возгорание зданий, материалов и т.п. (последствия - термические ожоги, потеря прочности конструкций и т.д.);
- химическое загрязнение окружающей среды (последствия - удушье, отравление, химические ожоги и т.д.).

Микроорганизмы, с которыми проводится работа в лаборатории, являются непатогенными, поэтому при проведении исследования нет риска массового биологического заражения.

Неантропогенные ЧС обусловлены географическим расположением города Томска. Возможными опасными явлениями, приводящими к нарушению нормальной деятельности, гибели людей и разрушению материальных ценностей могут быть пожары, взрывы, разрушения зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураганов. Здание защищаются от прямых ударов молнии молниеприемниками, принимающими разряд на себя, заземлителями, служащими для отвода тока в землю и токопроводами, соединяющими молниеприемники и заземлители. В случае стихийного бедствия (урагана, землетрясения) необходимо отключить воду, электричество и покинуть помещение согласно плану эвакуации.

Для предотвращения аварийных ситуаций в микробиологической лаборатории выполнялись следующие требования:

1) вход в биотехнологический блок посторонних лиц должен быть ограничен. Все сотрудники производят запись в журнале - начало и конец своей работы. При необходимости нахождения посторонних, они должны сопровождаться сотрудниками блока, их присутствие обязательно фиксироваться записью в журнале;

2) запрещается использовать материалы и средства личной гигиены, раздражающие кожу;

3) запрещается переливать жидкий материал через край сосуда (пробирки, колбы с посевами);

4) запрещается употреблять пищу, курить;

5) запрещается сливать жидкие отходы в канализацию без предварительного обеззараживания;

6) запрещается оставлять после окончания работы на рабочих местах посуду с микроорганизмами;

7) оставлять без присмотра рабочее место во время выполнения любого вида работ с микроорганизмами.

## Выводы

В данном разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работы при выполнении исследования, определены вредные и опасные факторы, а также разработаны мероприятия по снижению их действия на работников лаборатории. Выявлено возможное влияние различных факторов на окружающую среду: атмосферу, гидросферу и литосферу, а также рассмотрены способы минимизации их воздействия. Рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и мероприятия для их предотвращения и ликвидации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование влияние солей лития на жизнеспособность и выход ксантана, продуцируемого бактериями *Xanthomonas campestris*, показало следующие результаты:

1. Сукцинат лития в концентрациях 1,25 и 0,625 ммоль/л не оказывает токсического действия на бактерии *Xanthomonas campestris*;

2. Сукцинат лития при концентрации 0,625 ммоль/л положительно влияет на жизнеспособность бактерий *Xanthomonas campestris* и увеличивает количество колоний, образующихся на плотной питательной среде;

3. Выход полисахарида без солей лития составил 15,5 г/л, с сукцинатом лития – 19,4 г/л. что свидетельствует о том, что добавление сукцината лития увеличивает количество ксантана, синтезированного бактериями *Xanthomonas campestris*, на 20 %.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лияськина, Е.В. Биотехнология бактериальных экзополисахаридов: учебное пособие / Е.В. Лияськина, В.В. Ревин. – Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2019. – 192 с.
2. Егоров В.В. Бионеорганическая химия: учебное пособие / В.В. Егоров. Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 412 с.
3. Кобыляцкий, П.С. Физико-химические основы производства пищевых продуктов: учебное пособие / П.С. Кобыляцкий. – Персиановский: Донской ГАУ, 2019. – 257 с.
4. Исмаилов, Н.М. Научные основы практической экобиотехнологии: монография / Н.М. Исмаилов. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 414 с.
5. Омаров, Р.С. Пищевые и биологически активные добавки в производстве продуктов питания: учебное пособие / Р.С. Омаров, С.Н. Шлыков. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2018. – 64 с.
6. Артюхова, С.И. Биотехнология микроорганизмов: пробиотики, пребиотики, метабиотики: учебное пособие / С.И. Артюхова, О.В. Козлова. – Кемерово, 2019. – 224 с.
7. Алаудинова, Е.В. Методы выделения и анализа продуктов биосинтеза / Е.В. Алаудинова, П.В. Миронов. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф Решетнева, 2019. – 116 с.
8. Белошапкина, О.О. Фитопатология: учебник / О.О. Белошапкина. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 288 с.
9. Васильев, Д.А. Выделение, идентификация и изучение биологических свойств бактерий *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* / Д.А. Васильев, П.С. Майоров, Н.А. Феоктистова // Естественные и технические науки. – 2019. - № 4. – С. 25-30.
10. Майоров, П.С. Разработка фагового препарата бактерий *Xanthomonas campestris* и область его практического применения: дис. канд. биол. наук /

Майоров Павел Сергеевич; Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева. – Москва, 2020. – 155 с.

11. Кокс, М. Основы биохимии Ленинджера. Учебник. В 3 томах. Том 1. Основы биохимии, строение и катализ / М. Кокс, Д. Нельсон; пер. с англ. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 749 с.

12. Генералов, Е.А. Физико-химические подходы к анализу природных полисахаридов / Е.А. Генералов // Auditorium. – 2015. - № 4. – С. 38-54.

13. Лебухов, В.И. Физико-химические методы исследования: учебник / В.И. Лебухов, А.И. Оскара, Л.П. Павлюченкова. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 480 с.

14. Илларионова, Е.А. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Теоретические основы метода: учебное пособие / Е.А. Илларионова, И.П. Сыроватский. – Иркутск: ИГМУ, 2018. – 50 с.

15. Боймирзаев, А.С. Стерическая эксклюзионная хроматография водорастворимых полисахаридов / А.С. Боймирзаев // Химия растительного сырья. – 2009. - № 2. – С.19-28.

16. Уилсон, К. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии / К. Уилсон, Дж. Уолкер; пер. с англ. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 855 с.

17. Ляпков, А.А. Физико-химические методы исследования полимеров: учебное пособие / А.А. Ляпков, В.М. Сутягин. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 140 с.

18. Евстигнеев, Э.И. Определение полисахаридов в растительном сырье и препаратах лигнина / Э.И. Евстигнеев // Химия растительного сырья. – 2016. - № 2. – С. 5-11.

19. ГОСТ Р 57682-2017 Продукция микробиологическая. Ксантан технический. Технические условия: дата введения: 2018-08-01 (дата обращения 25.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146990>. – Текст: электронный.

20. Гореликова, Г.А. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения: учебник / Г.А. Гореликова, О.А. Неверова, В.М. Просеков [и др.]. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 318 с.

21. Блохин, Ю.И. Органическая химия в пищевых биотехнологиях: учебник / Ю.И. Блохин, О.А. Соколова, Т.А. Яркова. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 252 с.

22. Исмаилов, Н.М. Биотехнология нефтедобычи. Принципы и применение: монография / Н.М. Исмаилов. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 169 с.

23. Бородина, А.М. Синтез и свойства модифицированной ксантановой камеди / А.М. Бородина, А.В. Курзин, И.И. Осовская [и др.] // Химия растительного сырья. – 2021. - № 4. – С. 95-104.

24. Кочеткова, М.Н. Получение ксантана на средах с сахарозой / М.Н. Кочеткова, Е.В. Лияськина // XLVI Огаревские чтения. – 2018. – С. 9-17.

25. Котова, И.Б. Микробиология: учебник / И.Б. Котова, А.И. Нетрусов. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 352 с.

26. Видяев, И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова [и др.]; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

27. Барановский, А.М. Экономика промышленности: учебное пособие для вузов / А.М. Барановский, Н.Н. Кожевников, Н.В. Пирадова. – Москва: Изд-во МЭИ, 2007 – 345 с.

28. ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования: дата введения 1977-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200275> (дата обращения 27.05.2022). – Текст: электронный.

29. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: дата введения 1977-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения 27.05.2022). – Текст: электронный.

30. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения 27.05.2022). – Текст: электронный.

31. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования: дата введения 1978-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012834> (дата обращения 27.05.2022). – Текст: электронный.

32. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения 28.05.2022). – Текст: электронный.

33. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: дата введения 28.01.2021 (дата обращения 28.05.2022) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. – Текст: электронный.

34. ГОСТ 12.0.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 2019-01-01 (дата обращения 28.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238>. – Текст: электронный.

35. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (дата обращения 28.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664>. – Текст: электронный.

36. СН 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях: дата введения 1988-02-23 (дата обращения: 28.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200031065>. – Текст: электронный.

37. ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: дата введения 2018-02-13 (дата

обращения: 28.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/557235236>. – Текст: электронный.

38. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95: дата введения 2017-05-08 (дата обращения: 28.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>. – Текст: электронный.

39. ГОСТ 12.1.044-2018 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов: дата введения 2019-05-01 (дата обращения: 28.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200160696>. – Текст: электронный.

40. ГОСТ 32419-2013 Классификация опасности химической продукции. Общие требования: дата введения 2014-08-01 (дата обращения 28.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107879>. – Текст: электронный.

41. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: дата введения 2009-05-01 (дата обращения 28.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156>. – Текст: электронный.

42. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод: дата введения 1983-01-01 (дата обращения 29.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004387>. – Текст: электронный.

43. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений: дата введения 1986-07-01 (дата обращения 29.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004387>. – Текст: электронный.

44. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов. Основные положения: дата введения 2002-07-01 (дата обращения 29.05.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200028877>. – Текст: электронный.