

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Аэробная и анаэробная ферментация подсолнечного шрота

УДК 664.696.3:577.15

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д81	Мышова Александра Евгеньевна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

**Планируемые результаты освоения ООП
по направлению 19.03.01 Биотехнология**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
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
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-3	Способность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-4	Способность понимать значения информации в развитии современного информационного общества, сознание опасности и угрозы, возникающей в этом процессе, способность соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны

ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
Код компетенции	Наименование компетенции
Дополнительно сформированные общепрофессиональные компетенции университета	
ДОПК(У)-1	Способность разрабатывать технологическую и конструкторскую документацию
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров биотехнологических процессов, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Способность к реализации и управлению биотехнологическими процессами
ПК(У)-3	Готовность оценивать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-4	Способность обеспечивать выполнение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и охраны труда
ПК(У)-8	Способность работать с научно-технической информацией, использовать российский и международный опыт в профессиональной деятельности
ПК(У)-9	Владение основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области; способность проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов
ПК(У)-10	Владение планированием эксперимента, обработки и представления полученных результатов
ПК(У)-11	Готовность использовать современные информационные технологии в своей профессиональной области, в том числе базы данных и пакеты прикладных программ

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

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология
 Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП 19.03.01
 Биотехнология

 (Подпись) (Дата) Лесина Ю.А.
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4Д81	Мышовой Александре Евгеньевне

Тема работы:

Аэробная и анаэробная ферментация подсолнечного шрота	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№33-32/с от 02.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</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><i>Объект исследования: подсолнечный шрот</i></p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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>	<ul style="list-style-type: none"> • Обзор литературы • Объект и методы исследования • Описание экспериментальной части • Результаты проведенного исследования • Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение • Социальная ответственность • Выводы
--	---

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

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А., профессор ОСГН
Социальная ответственность	Черемискина М.С., старший преподаватель ООД

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д81	Мышова Александра Евгеньевна		

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

Студенту:

Группа		ФИО	
4Д81		Мышовой Александре Евгеньевной	
Школа	ИШНПТ	Отделение	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	19.03.01 Биотехнология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент 30%; Доплаты и надбавки 20%; Дополнительная заработная плата 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений НИ</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения НИ</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта НИ</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности НИ</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка перспективности исследовательской работы (ИР)
2. Матрица SWOT
3. График разработки и внедрения ИР
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д81	Мышова Александра Евгеньевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 4Д81		ФИО Мышовой Александре Евгеньевне	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Биотехнология 19.03.01

Тема ВКР:

Аэробная и анаэробная ферментация подсолнечного шрота

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <p>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения</p>	<p><i>Объект исследования:</i> <u>подсолнечный шрот</u></p> <p><i>Область применения:</i> <u>переработка отходов производства масла подсолнечного (шрота) для применения в качестве компонента комбикормов сельскохозяйственных животных</u></p> <p><i>Рабочая зона:</i> <u>лаборатория</u></p> <p><i>Размеры помещения:</i> <u>площадь 15,4 м²</u></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Автоклав паровой Tuttnauer 2340 МК</u> 2. <u>Аналитические весы CAS CAUX-120</u> 3. <u>Термошейкер PST-60HL</u> 4. <u>Ламинарный шкаф Esco Streamline</u> 5. <u>Микроскоп бинокулярный Primo star</u> 6. <u>Плита нагревательная HP-20D-Unit DAIHAN</u> 7. <u>Термостат Электрический суховоздушный TC-1/20 СПУ</u> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> <u>анализ шрота подсолнечного до обработки, предварительное накопление биомассы, аэробная и анаэробная твердофазная ферментация, анализ шрота после ферментации</u></p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <p>-специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 22.11.2021) 2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. 3. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
--	---

законодательства; -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм; 2. Недостаточная освещенность; 3. Повышенный уровень шума; 4. Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте. <p>Опасные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Электрические; 2. Химические; 3. Пожаровзрывоопасные. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Соблюдение техники безопасности по работе в лаборатории, техники пожарной безопасности; 2. Лабораторный халат и перчатки для защиты кожных покровов; 3. Необходимая освещённость лаборатории и рабочего места; 4. Эффективные системы вентиляции и отопления лаборатории; 5. Изоляция токоведущих частей; 6. Средства пожаротушения в лаборатории.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	<p><i>Воздействие на литосферу: попадание в почву твёрдых бытовых отходов</i></p> <p><i>Воздействие на гидросферу: слив в канализацию жидких отходов</i></p> <p><i>Воздействие на атмосферу: выброс в атмосферу летучих органических жидкостей</i></p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<p><i>Возможные ЧС: производственные аварии (пожар, взрыв), выброс микроорганизмов в окружающую среду вследствие неисправности оборудования</i></p> <p><i>Наиболее типичная ЧС: возгорание в результате нарушения техники безопасности работы в химической лаборатории</i></p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику 07.02.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина М.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д81	Мышова Александра Евгеньевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 80 страниц, 3 рисунков, 2 фотографий, 23 таблиц, 52 источников литературы и 1 приложение.

Ключевые слова: ферментация, *Bacillus subtilis*, сенная палочка, шрот, подсолнечный шрот, культивирование, переработка, белки, клетчатка, углеводы.

Объектом исследования являлся подсолнечный шрот.

Цель работы – проанализировать эффективность и сравнить аэробную и анаэробную ферментацию подсолнечного шрота.

В процессе исследования проводили аэробную и анаэробную ферментацию подсолнечного шрота с участием бактерий *Bacillus subtilis*. Затем проводили сравнение данных процессов по следующим критериям: содержание сырой клетчатки, содержание растворимых углеводов и содержание белков.

В результате исследования проанализировали исходный и полученный после ферментации состав подсолнечного шрота и установили, что анаэробная ферментация является более эффективной при заданных условиях.

Область применения: биотехнология, микробиология, сельское хозяйство.

Экономическая эффективность работы состоит в определении более эффективного и дешёвого процесса переработки подсолнечного шрота, который является отходом производства подсолнечного масла.

Список сокращений

ГРМ-агар – гидролизат рыбной муки

ГПБ – глюкозо-пептонный бульон

ЖФФ – жидкофазная ферментация

ТФФ – твердофазная ферментация

Содержание

Введение.....	14
1 Литературный обзор.....	16
1.1 Виды шрота и их состав.....	16
1.2 Производство подсолнечного шрота.....	16
1.3 Шрот как отход производства биодизельного топлива.....	19
1.4 Процесс ферментации.....	20
1.5 Микроорганизмы, используемые для ферментации шрота.....	21
1.6 Аэробный процесс.....	23
1.7 Анаэробный процесс.....	24
2 Объекты и методы исследования.....	26
2.1 Объект исследования.....	26
2.2 Материалы исследования.....	26
2.2.1 Питательные среды.....	27
2.2.2 Микроорганизм-продуцент.....	28
2.3 Методы исследования.....	28
2.3.1 Стерилизация материалов.....	28
2.3.2 Приготовление питательных сред.....	29
2.3.3 Подготовка микроорганизма.....	29
2.3.4 Техника окраски мазков по Граму.....	29
3 Экспериментальная часть.....	30
3.1 Методы анализов для сравнения результатов ферментации.....	30
3.1.1 Метод определения содержания сырой клетчатки.....	31
3.1.2 Метод определения содержания растворимых углеводов.....	33
3.1.3 Метод определения содержания белков.....	35

3.2	Аэробное культивирование	36
3.3	Проведение ферментация	37
4	Обсуждение результатов	38
4.1	Описание шрота после ферментации	38
4.2	Результаты анализов шрота	38
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	40
5.1	Предпроектный анализ.....	40
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	40
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений	41
5.1.3	SWOT-анализ.....	42
5.2	Планирование научно-исследовательских работ	45
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	45
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	46
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	48
5.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	51
5.2.5	Расчёт затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	52
5.2.6	Основная заработная плата исполнителей.....	53
5.2.7	Расчет дополнительной заработной платы	55
5.2.8	Отчисления во внебюджетные фонды	56
5.2.9	Накладные расходы.....	56
5.2.10	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта....	57
5.3	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной и экономической эффективности исследования	57
5.3.1	Интегральный показатель финансовой эффективности.....	58

5.3.2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	58
5.3.3	Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения.....	59
6	Социальная ответственность	61
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	61
6.1.1	Правовые нормы трудового законодательства.....	61
6.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	62
6.2	Производственная безопасность	63
6.2.1.1	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами.....	64
6.2.1.2	Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения.....	65
6.2.1.3	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	66
6.2.1.4	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды.....	67
6.2.1.5	Вредные химические вещества	67
6.2.1.6	Биологические факторы: условно патогенные микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности.....	69
6.3	Экологическая безопасность	69
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
	Выводы по разделу.....	72
	Заключение	73
	Список литературы	74
	Приложение А	80

Введение

При приготовлении необходимых для жизни продуктов питания ежедневно расходуется огромное количество подсолнечного масла, отходом производства которого является шрот. В нём содержится множество полезных веществ, поэтому совершенно не целесообразно утилизировать его.

Шрот получил широкое применение в сельском хозяйстве. Он используется в качестве самостоятельного корма для животных или как компонент комбикорма. Везде, где применяют шрот, наблюдается значительное повышение продуктивности животных и, соответственно, качества сельскохозяйственной продукции. Это объясняется рядом его преимуществ перед другими кормами, например, высокое содержание белков и хорошая усвояемость, благодаря чему возможно использовать шрот для кормления практически любых животных.

Шрот употребляется в пищу животными, поэтому должен удовлетворять техническим условиям, предусмотренным ГОСТом [1]. Это означает, в первую очередь, отсутствие посторонних запахов (затхлости, плесени, бензина и др.), а также содержание определённого количества примесей, влаги и жира.

Существуют различные способы переработки шрота, в том числе аэробные и анаэробные. Для изучения и сравнения эффективности данных процессов в работе был рассмотрен способ очистки шрота методами аэробной и анаэробной твердофазной ферментации с использованием бактерий *Bacillus subtilis*. Опираясь на результаты исследования, можно модернизировать производство шротов и улучшить их качество.

Цель работы: проанализировать эффективность и сравнить аэробную и анаэробную ферментацию подсолнечного шрота.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Изучить данные литературы для подбора критериев оценки подсолнечного шрота до и после ферментации, разработать дизайн её проведения;

2. Провести аэробную и анаэробную ферментацию подсолнечного шрота и по результатам количественных анализов на содержание сырой клетчатки, растворимых углеводов и белков определить наиболее эффективный процесс;

3. Оценить ресурсную, финансовую, бюджетную эффективности исследовательской работы;

4. Оценить проведенное исследование на возможное негативное воздействие на окружающую среду и соответствие требованиям производственной безопасности.

1 Литературный обзор

1.1 Виды шрота и их состав

Шрот (нем. *Schrot*, основное значение — «охотничья дробь»; тж. «крупя грубого помола») — побочный продукт маслоэкстракционного производства, получаемый при экстрагировании жира из семян масличных растений органическими растворителями. Благодаря огромному потреблению подсолнечного масла людьми, подсолнечный шрот получил наибольшую популярность. Существуют также и другие виды шрота, классификация которых основывается на исходном сырье: рапсовый, соевый, горчичный, конопляный и др.

Главной особенностью всех шротов является высокое содержание протеинов в составе, что делает их ценным кормовым продуктом. Шрот содержит витамины А, В и Е, а также множество микроэлементов: фосфор, калий, цинк, марганец и др. Благодаря разнообразному полезному составу, целесообразно использовать шроты в составе комбикормов. Для каждого вида животных корма подбираются индивидуально в зависимости от их особенностей. Так, например, подсолнечный шрот подходит для кормления всех видов птиц и сельскохозяйственных животных, а конопляный предназначен для жвачных.

Другая классификация шрота – по виду конечной обработки. Шрот бывает россыпью или же гранулированным. Различие между ними лишь в том, что последний получают в грануляторах, что облегчает хранение, фасовку и транспортировку.

К названию некоторых шротов добавляется обозначение «тостированный». Это означает, что шрот прошёл тепловую обработку, соответственно является более химически чистым [2].

1.2 Производство подсолнечного шрота

Процесс производства шрота состоит из следующих этапов:

1. Растительное сырьё подвергается очистке от примесей и пыли.
2. Сырьё измельчается до необходимых размеров.
3. Проводится экстракция масла при помощи органических растворителей.
4. Полученный шрот подвергается действию водяного пара для удаления химических веществ.
5. Осуществляется сушка шрота для достижения требуемой влажности продукта, а также повышения срока хранения [3].

Очевидно, что объёмы производства шрота напрямую зависят от количества производимого масла. По данным BusinesStat [4] за период 2016-2020 годов в России наблюдается положительная динамика роста производства подсолнечного масла (рис. 1). За 2016-2020 годы производство выросло на 39,2%, в то время как экспорт вырос на 79,1%.

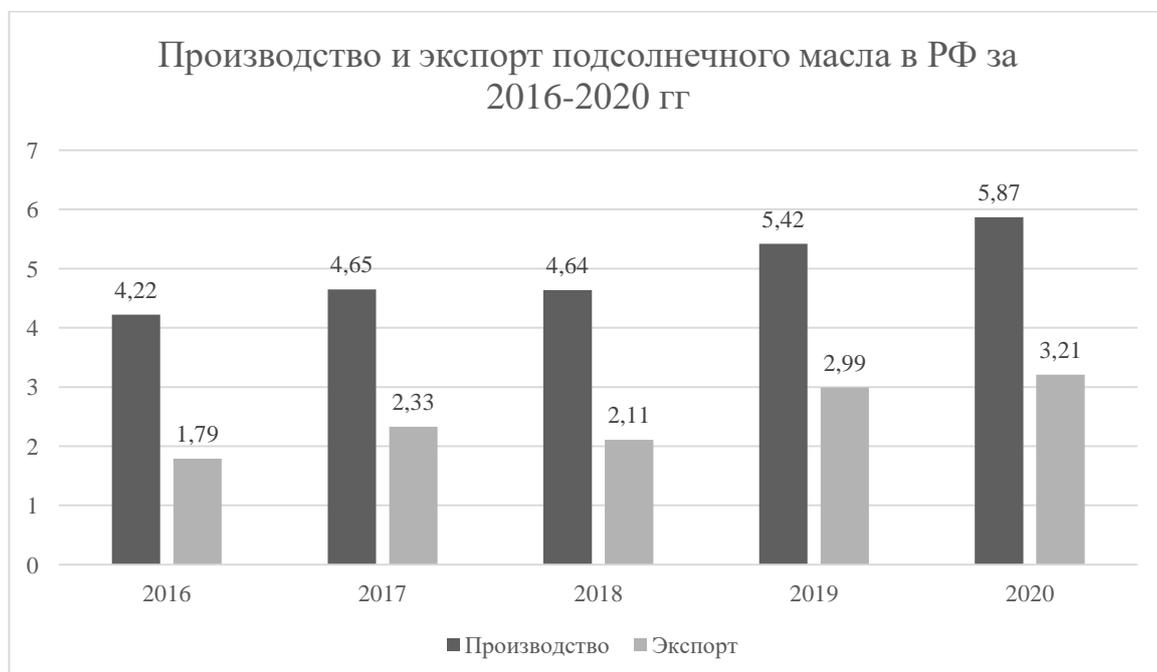


Рисунок 1 – График производства и экспорта подсолнечного масла за 2016-2020 гг [4]

Увеличению производства способствовали высокая урожайность подсолнечника и стабильный интерес потребителей к продукту, так как подсолнечное масло является традиционным в России.

За последние годы российский рынок семян подсолнечника и продуктов их переработки характеризуется ощутимым расширением посевных площадей. По данным Росстата, в России в 2021 году площади под подсолнечником достигли 9 643,5 тыс. га, что на 12,9% превышает значения годичной давности (рис. 2). Это значение является рекордным за весь исследуемый период (с 1990-ого года). Наибольший прирост площадей показал Центральный ФО, в котором отмечается наибольшая урожайность культуры [5].

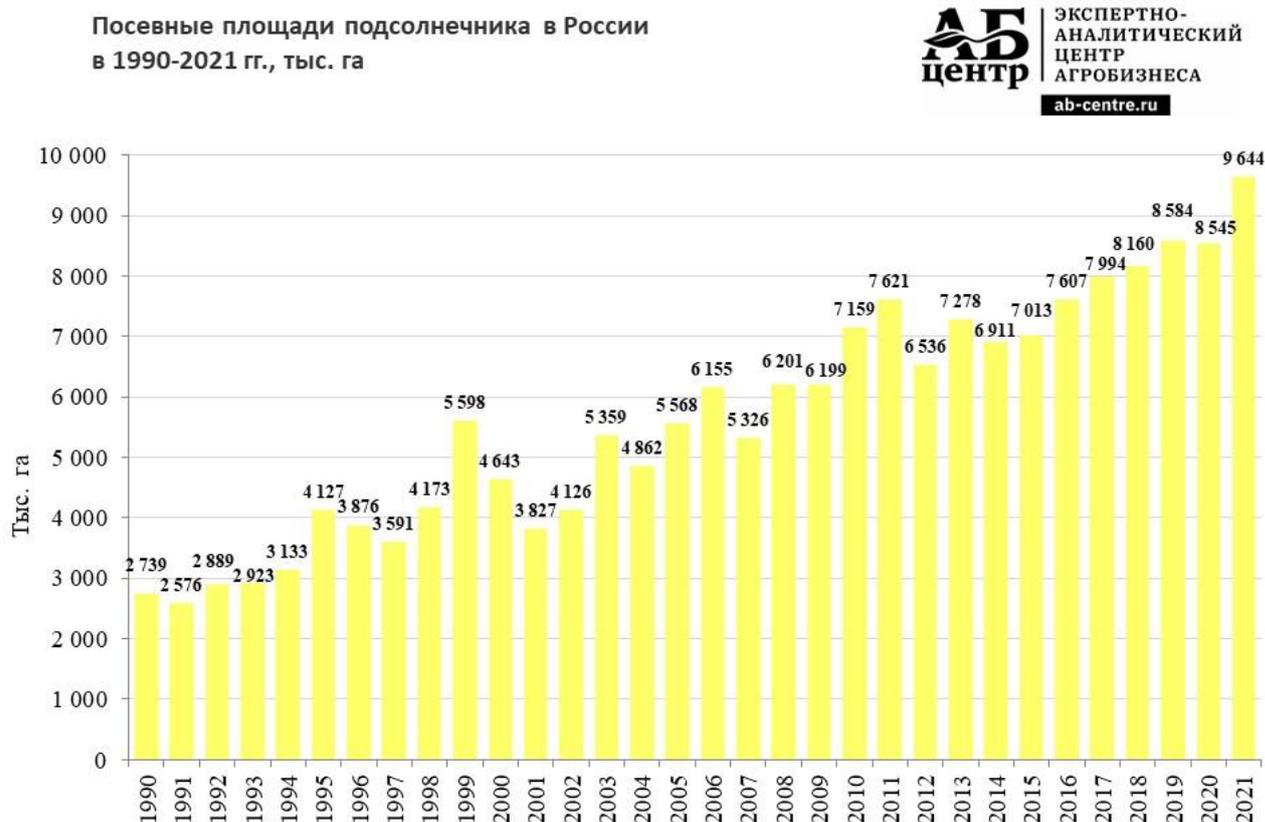


Рисунок 2 – Посевные площади подсолнечника в России [5]

Росту экспорта способствовали следующие факторы: высокий спрос со стороны других стран и ценовая конкурентоспособность вследствие высокого курса доллара.

1.3 Шрот как отход производства биодизельного топлива

Подсолнечный шрот очевидно является отходом производства подсолнечного масла, но помимо этого существуют и другие производства, отходом которых является шрот. В последние годы активно развивается производство биодизельного топлива. Проблемы экологии с каждым годом становятся всё более масштабными, поэтому биодизель представляет большой интерес для современного научного сообщества. Главными его преимуществами являются доступное сырьё, сгорание без токсичных отходов и практически полная безотходность.

Список растительных масел, подходящих для производства биодизеля в качестве сырья, довольно широк. Так, например, подойдут: рапсовое, подсолнечное, соевое, льняное, кокосовое, кукурузное, горчичное, касторовое, конопляное, кунжутное, а также отработанные масла и животные жиры.

Основными этапами классической технологии производства биодизеля являются отжим масла из семян и проведение реакции этерификации, в результате которой образуются метиловые эфиры жирных кислот. Помимо целевого продукта, в качестве отходов образуются:

- растительный шрот на этапе отжима масла;
- глицерин (биопродукт в результате проведения реакции этерификации).

Химический состав получаемого шрота допускает возможность его использования в следующих направлениях:

- в корм скоту без предварительной обработки;
- в качестве субстрата для получения кормового белка;
- в качестве субстрата для получения кормового витамина В12;
- в качестве субстрата для получения биогаза.

В данном случае использование шрота в корм скоту лимитируется содержанием в нем токсичных веществ из группы тиогликозидов, уровень которых в корме для скота не должен превышать 1%. Именно поэтому

целесообразно применить микробиологическую переработку шрота в кормовой белок, витамин В12 или биогаз. Наиболее привлекательным выглядит последний способ утилизации, вследствие того, что получаемый биогаз после обработки на энергетической установке может перерабатываться в электрическую энергию и тепло. Выход электроэнергии из 2 т шрота составляет около 1 тыс. кВт. Полученные теплоэнергопотоки позволяют организовать замкнутые технологические и энергетические циклы, значительно снижающие себестоимость биотоплива [6].

1.4 Процесс ферментации

Существуют различные способы переработки шрота, в том числе химические и микробиологические. Одним из самых популярных микробиологических способов является ферментация.

Ферментация – это процесс преобразования исходного сырья в продукт с использованием биохимической деятельности микроорганизмов. В ходе данной стадии происходит непосредственно взаимодействие продуцента с субстратом и образование целевых продуктов. Подбор реактора и продуцента происходит в зависимости от субстрата и требований, предъявляемых к конечному продукту. Протекание ферментации возможно как в аэробных, так и в анаэробных условиях. В свою очередь, аэробная ферментация может протекать поверхностно или глубинно [7]. Ферментационные процессы могут проводиться в жидкой фазе (ЖФФ) и твёрдой фазе (ТФФ). Проведение ТФФ имеет намного больше преимуществ перед ЖФФ:

1. Более высокий уровень аэрации;
2. Твёрдые субстраты, как правило, дают все необходимые питательные вещества для роста микроорганизмов;
3. Более простые конструкции реакторов благодаря обогащённости субстратов;
4. Сравнительно небольшие энергозатраты;
5. Нет необходимости в специальных растворителях;

б. Производительность продуктов выше.

Цель использования твердофазного культивирования: выращивание микроорганизмов с целью выделения биомассы, продуктов метаболизма или микробного питательного субстрата. Твердофазное культивирование подразумевает рост микроорганизмов или грибов на твердых субстратах в газовой фазе в отсутствие свободной водной фазы [8].

На результаты ТФФ влияют размер частиц, форма и пористость, а также условия массообмена в питательной среде, температура, уровень кислотности и влагосодержание среды. Роль влагосодержания субстрата была широко описана и рассмотрена различными авторами [9,10]. Влагосодержание – критический фактор ТФФ, который влияет на рост и биосинтез метаболитов. Оптимальный уровень влажности субстрата колеблется между 30 и 75 %. Более низкое влагосодержание вызывает снижение растворимости питательных веществ, споруляцию. Более высокий уровень влажности вызывает помехи роста, сокращение пористости и обмен кислородом, увеличивается риск бактериального загрязнения.

1.5 Микроорганизмы, использующиеся для ферментации шрота

Для проведения процесса ферментации шрота могут использоваться различные виды микроорганизмов. Выбор микроорганизма зависит от необходимых условий, исходного состава сырья и времени ферментации. При проведении работ в условиях учебной лаборатории следует также учитывать имеющуюся базу микроорганизмов.

Для проведения деградации полисахаридов в экструдированном подсолнечном шроте и накопления микробного белка в процессе твердофазной ферментации может быть использован консорциум микромицета *Aspergillus oryzae* и дрожжей [11]. Также эффективным является использование ферментного комплекса с продуцентом *Bacillus amyloliquefaciens*, характеризующийся способностью гидролизовать широкий спектр субстратов в области нейтральных значений pH [12].

Также для переработки шрота могут использоваться представители рода *Bacillus*, отличающиеся широким спектром биологической активности. Бациллы являются антагонистами патогенных микроорганизмов. Они продуцируют ряд ферментов, лизирующих целлюлозу, крахмал, пектины, жиры, белки, а также производят различные аминокислоты и антибиотики. Бактерии рода *Bacillus* могут использоваться в производстве пробиотических кормовых добавок [13]. Например, в исследовании по оценке микробиологической конверсии [14] использовался штамм *Bacillus cereus*, обладающий высокой целлюлолитической активностью. Данная бактерия позволила снизить содержание сырой клетчатки во всех видах шрота, а в некоторых случаях значительно увеличить содержание сырого протеина.

Одним из вариантов проведения анаэробной обработки шрота является твердофазная ферментация подсолнечного шрота с использованием *Bacillus subtilis*.

Bacillus subtilis или по-другому сенная палочка – это вид грамположительных спорообразующих факультативно аэробных почвенных бактерий. Выделяют кипячением настоя сена, при котором споры сенной палочки выживают. *Bacillus Subtilis* способна привести к порче пищевые продукты и к отравлениям при их употреблении, благодаря чему является санитарно-гигиеническим показателем загрязнения микроорганизмами пищевых продуктов. Характеристика бациллы представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики *Bacillus subtilis*

Описание микроорганизма	Палочковидная бактерия, споры овальные
Подвижность	Перитрихиальное расположение жгутиков, подвижная
Окраска по Граму	Фиолетовая (Грам+)
Колонии	Сухие, мелкоморщинистые, бархатистые, бесцветные или розовые

Продолжение таблицы №1

Среда для культивирования	МПА
Оптимальная температура	+5-45 °С

Согласно санитарно-эпидемиологическому правилу СП 1.3.2322-08 «Безопасность работы с микроорганизмами III - IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней» [15] не относится к патогенным для человека микроорганизмам.

Отсутствие патогенности у штаммов *Bacillus subtilis* дало основание для присвоения им Управлением по контролю качества продовольственных и лекарственных средств США статуса GRAS (generally regarded as safe) — безопасных организмов [16].

1.6 Аэробный процесс

Одним из вариантов переработки шрота является аэробная ферментация. В аэробном процессе кислород воздуха используется для окисления органических веществ, в отличие от анаэробного процесса. При этом происходит полное окисление до углекислого газа и воды.

Энергетическим материалом в данном случае являются углеводы, которые в процессе окисления гидролизуются до моносахаридов. Процесс является сложным и многостадийным, происходит с образованием большого количества промежуточных продуктов. Коротко аэробный процесс можно описать следующим образом: глюкоза расщепляется до пировиноградной кислоты путём гликолиза, далее при участии пируватдегидрогеназной системы [комплекса ферментов и коферментов, в том числе и кофермента А(КоА=SH)] окисляется до CO_2 и ацетилкофермента А ($\text{CH}_3\text{CO} = \text{S} = \text{CoA}$). Последний вступает в сложный цикл реакций, называемый циклом трикарбоновых кислот (цикл Кребса), с образованием три- и дикарбоновых кислот, последовательно

окисляющихся (с отщеплением 2H) и декарбоксилирующихся (с отщеплением CO₂) [17].

1.7 Анаэробный процесс

Особенность анаэробного процесса в том, что анаэробы не используют кислород для получения энергии, а получают её в процессе брожения. При этом, окисление продуктов происходит до промежуточных продуктов.

Энергетическим материалом при брожении чаще служат углеводы, из них в наибольшей степени используется глюкоза. Превращение глюкозы до образования пировиноградной кислоты протекает чаще, как и у аэробов, по гликолитическому пути; эта стадия превращения углерода и является энергодающим этапом.

Дальнейшее превращение образующихся пировиноградной кислоты и промежуточного переносчика водорода НАД·Н₂ у анаэробов иное, чем у аэробов. Пировиноградная кислота в бродильных процессах является предшественником разнообразных продуктов брожения (спиртов, органических кислот и др.). Тип брожения определяется конечным составом продукта, характер которых зависит от вида микроорганизма и его ферментов (рис. 3).

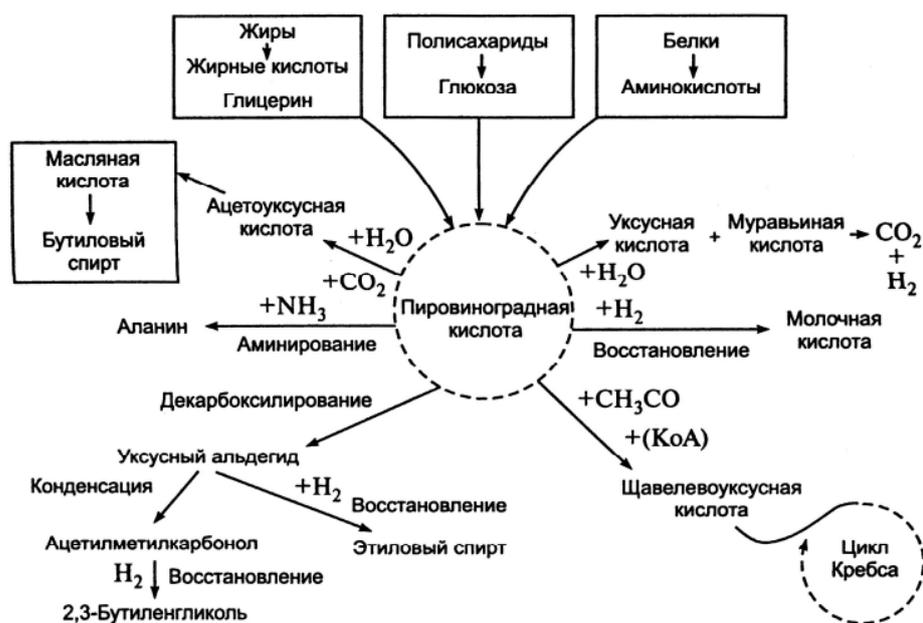


Рисунок 3 – Некоторые продукты анаэробного расщепления пировиноградной кислоты [17]

При прохождении процесса анаэробного твердофазного культивирования *Bacillus subtilis* на растительных субстратах с повышенным содержанием целлюлозы осуществляется комплекс процессов, связанных с деполимеризацией целлюлозы, гидролизом протеинов, деструкцией других растительных компонентов с элементами сбраживания углеводов по смешанному типу брожения.

Подобное исследование описано в [18]. В нём рассмотрена одна из возможных технологий твердофазной ферментации растительных отходов с повышенным содержанием целлюлозы в условиях затруднённого доступа кислорода природным штаммом *Bacillus subtilis* 8130. Данная технология базируется на создании таких условий, которые бы были максимально естественными для микроорганизмов. Субстратами были выбраны свекловичный жом, облепиховый шрот и подсолнечный шрот, так как все они содержат в составе большое количество целлюлозы и являются высокопротеиновыми отходами переработки различных производств. Стандартный подсолнечный шрот согласно [19] содержит более 35% протеинов, около 15% клетчатки, 10% лигнина и до 4% жира. Одно из важнейших условий для развития микроорганизма на таких субстратах – это наличие у него протеолитических ферментов или пептидаз, а также целлюлолитических ферментов. Штамм *B. subtilis* 8130 при инкубации на указанных субстратах в условиях ограниченного доступа кислорода способен осуществлять ферментацию сырья с образованием биологически активных веществ.

Характер метаболической активности *B. subtilis* 8130 в данном случае оценивался по изменению численности клеток бациллы, величине эндоглиюканазной и протеолитической активностей, а также по появлению веществ, характеризующих тип брожения, и изменениям в составе жирных кислот [18].

2 Объекты и методы исследования

2.1 Объект исследования

Объектом исследования является подсолнечный шрот компании «ЭФКО».

2.2 Материалы исследования

Оборудование:

- Бокс биологической безопасности 2 класса Streamline SC2-4A1;
- Автоклав паровой Tuttnauer 2340 МК;
- Микроскоп бинокулярный Primo star;
- Аналитические весы CAS CAUX-120;
- Плита нагревательная HP-20D-Unit DAIHAN;
- Термошейкер PST-60HL;
- Термостат Электрический суховоздушный TC-1/20 СПУ.

Посуда лабораторная стерильная:

- стеклянные пробирки, объём 10 мл;
- колбы плоскодонные, объём 50 и 100 мл;
- культуральные флаконы, объём 150 мл;
- чашки бактериологические (Петри);
- автоматические дозаторы (пипетки) вместимостью до 1 мл;
- стеклянные воронки, объём 75 мл;
- воронка фильтровальная (Шотта);

Питательные среды:

- ГРМ-агар (гидролизат рыбной муки);
- ГПС (глюкозо-пептонная среда).

Основные материалы:

- Шрот подсолнечный измельчённый;
- Лабораторный штамм бактерий *Bacillus subtilis*.

2.2.1 Питательные среды

Используемая в работе среда ГРМ-агар является общеупотребительной и служит для культивирования большинства микробов. В данной работе ГРМ-агар используется для получения свежей культуры бактерий в отсутствии спор. Бактерии культивируются в пробирках на скошенном агаре.

На глюкозо-пептонной среде также могут культивироваться многие микроорганизмы, включая *Bacillus subtilis*. Данный выбор обусловлен необходимостью жидкой среды для проведения твердофазной ферментации, так как шрот должен быть полностью погружён в культуральную жидкость с бациллами, что невозможно осуществить, например, с ГРМ-агаром. Сводные данные о применяемых в работе питательных средах приведены в таблице 2. Технология приготовления и стерилизации питательных сред представлена в пунктах 2.3.2 «Приготовление питательных сред» и 2.3.1 «Стерилизация материалов».

Таблица 2 – Питательные среды

Название питательной среды	Состав	Характеристики	Срок хранения
Глюкозо-пептонная среда	Глюкоза – 20,0 г/л; Пептон – 4,0 г/л; (NH ₄) ₂ HPO ₄ – 2,0 г/л; Дрожжевой экстракт – 1,5 г/л; MgSO ₄ – 0,5 г/л.	Сухая: мелкодисперсный гомогенный, гигроскопичный, светочувствительный порошок светло-бежевого цвета. Готовая: Светло-жёлтый цвет, прозрачная, жидкая.	Сухая – 5 лет, приготовленная – 7 суток, при температуре 2 – 8°C
ГРМ-агар	Панкреатический гидролизат рыбной муки – 12,0 г/л; Пептон ферментативный – 12,0 г/л; Натрий хлорид – 6,0 г/л; Агар 10,0±2,0 г/л.	Сухая: гигроскопичный мелкодисперсный порошок светло-желтого цвета. Готовая: Желтый цвет, прозрачная или слегка опалесцирует; рН 7,3±0,2	Сухая – 5 лет, приготовленная – 1 месяц, при температуре 2 – 8°C

2.2.2 Микроорганизм-продуцент

Представленный в таблице 3 штамм бактерий *B. Subtilis* является лабораторным, получен из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ) (Приложение А). Методика культивирования представлена в пункте 2.3.3 «Подготовка микроорганизма».

Таблица 3 – Характеристика продуцента

Название микроорганизма	Описание	Культуральные свойства	Тинкториальные свойства	Морфологические свойства
<i>Bacillus Subtilis</i>	Непатогенные бактерии, факультативные анаэробы	ГРМ-агар: небольшие, блестящие, выпуклые, мягкими неровными краями колонии; цвет окрашивания белый	Грам (+), синефиолетовое окрашивание	Прямые палочки размером 2-5×0,4-0,6 мкм

2.3 Методы исследования

Для реализации практической части работы применялись методы исследования, представленные ниже.

2.3.1 Стерилизация материалов

Стерилизацию материалов проводили в паровом автоклаве Tuttnauer 2340 МК. Чистую посуду, предварительно обернутую в бумагу, обрабатывали в течение 45 минут при температуре 134°C. Применение обёртывания обусловлено необходимостью в обеспечении эффективной защиты против контаминации во время хранения, после операций стерилизации. Питательные среды обрабатывали в течение 20 минут при температуре 121°C. Ёмкости заполняли не более чем на 3/4 сосуда для предотвращения намокания пробок и потери обрабатываемых сред стерильности. Подсолнечный шрот стерилизовали в течение 2 часов при температуре 121°C. Длительное время стерилизации обусловлено необходимостью убить не только микроорганизмы, но и их споры.

Для отработанных материалов и посуды использовали режим 45 минут, температура 134°C.

2.3.2 Приготовление питательных сред

Питательная среда ГРМ-агар является коммерческим препаратом и готовилась согласно инструкции на упаковке. Среда разливалась по флаконам через ватно-марлевый фильтр и стерилизовалась, как приведено в пункте 2.3.1 «Стерилизация материалов», затем охлаждалась до температуры (45-50)°С. Далее ГРМ-агар разливали в стерильные пробирки и размещали их под углом 15° к столу до застывания агара. После застывания среды чашки с застывшей средой подсушивали при температуре (37±1) °С в течение 40 – 60 мин.

Глюкозо-пептонная питательная среда готовилась следующим образом: все сухие компоненты, указанные в пункте 2.2.1. «Питательные среды», смешивались между собой в плоскодонной колбе на 200 мл и заливались дистиллированной водой. Полученный раствор доводили до кипения на электрической плите HP-20D-Unit DAIHAN и кипятили 2 минуты. Далее среду стерилизовали согласно пункту 2.3.1. «Стерилизация материалов».

2.3.3 Подготовка микроорганизма

Бактерии *B. subtilis* отсевали от лабораторных штаммов в пробирки объёмом 10 мл на стерильную среду – скошенный ГРМ-агар. Культивирование проводили в термостате при температуре 37°C и влажности 45-50% в течение 24 часов. Окончание процесса контролировалось отсутствием спор в мазке по Граму. Отсутствие спор необходимо по причине снижения ферментативной активности с началом спорообразования.

2.3.4 Техника окраски мазков по Граму

1. На фиксированный препарат наносили раствор генцианвиолета на 1-2 минуты через полоску фильтровальной бумаги;

2. Краситель удаляли вместе с фильтровальной бумагой, затем обрабатывали раствором Люголя в течение 2 минут до почернения препарата;

3. Раствор Люголя сливали и промывали спиртом (или ацетоном) до тех пор, пока стекающие капли не станут прозрачными;

4. Мазок промывали водой, затем препарат дополнительно докрашивали фуксином (или сафранином) в течение 5 минут;

5. Промывали водой, высушивали и микроскопировали.

Интерпретация результатов: в окрашенном мазке по Граму при просмотре под микроскопом с помощью иммерсионной (увеличение $\times 1000$) системы Грам+ бактерии будут иметь сине-фиолетовое окрашивание, а грам-бактерии красное [20].

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Данная работа посвящена исследованию аэробного и анаэробного процессов твердофазной ферментации подсолнечного шрота. Ферментация проводилась с помощью непатогенного штамма *Bacillus Subtilis*. Подсолнечный шрот является отходом производства подсолнечного масла. После переработки (ферментации) шрот может использоваться в корм животным в составе комбикормов.

Проведённое исследование рассчитано на выявление более эффективного процесса. Сравнение процессов проводилось по нескольким критериям и одним из немаловажных является стоимость реализации на производстве.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка коммерческой ценности научного исследования и экономической эффективности аэробного и анаэробного процессов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
2. Планирование этапов выполнения исследования;
3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной и экономической эффективности исследования.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются научно-исследовательские лаборатории, ведущие разработки в области сельского хозяйства, микробиологии и биотехнологии, сельскохозяйственные предприятия, в частности производители подсолнечного масла. Лаборатории, занимающиеся исследованиями в данной отрасли, интересуются наиболее

эффективными, простыми и быстрыми методами переработки. Для производителей подсолнечного масла также очень важным фактором является стоимость реализации технологии на производстве. Сегментирование рынка представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Сегментирование рынка

		Сложность аппаратного оснащения	
		Низкая	Высокая
Стоимость	Низкая		
	Высокая		

В данной таблице:



Анаэробный процесс



Аэробный процесс

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Проведённое исследование представляет собой анализ 2 противоположных процессов, которые по сути конкурируют между собой. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности двух процессов и определить наиболее эффективный.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б ₁	Б ₂	К ₁	К ₂
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Простота проведения	0,15	4	5	0,6	0,75
2. Экологичность	0,15	5	5	0,75	0,75
3. Безопасность	0,15	5	5	0,75	0,75
4. Уровень шума	0,1	4	5	0,4	0,5

Продолжение таблицы №6

Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность	0,1	5	5	0,5	0,5
2. Стоимость разработки	0,2	4	5	0,8	1
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	5	5	0,75	0,75
Итого	1	32	35	4,55	5

Где B_1 – аэробная ферментация шрота;

B_2 – анаэробная ферментация шрота.

Позиции по каждому показателю оценивались экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей в сумме составляет 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность вида;

B_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strength, Weaknesses, Opportunities и Threats – представляет собой комплексный анализ научного исследования. SWOT-анализ был применён для внешней и внутренней среды работы. На первом этапе SWOT анализа в таблице 7 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации научного исследования.

Таблица 7 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности
С1. Экологически чистый процесс	В1. Снижение стоимости переработки шрота на производстве В2. Сокращение времени переработки В3. Увеличение объёмов производства шрота В4. Появление дополнительного спроса на технологию переработки В5. Возрастание проблемы утилизации отходов производства подсолнечного масла
С2. Безопасность производства	
С3. Переработанный шрот высокого качества	
С4. Энергоёмкость	
С5. Наличие производственных компаний, способных использовать инженерное решение	

Продолжение таблицы №7

Слабые стороны	Угрозы
Сл1. Необходимость создания стерильной среды Сл2. Сложные методики анализа Сл3. Возможность получения разных результатов при идентичности проведения методики Сл4. Значительные временные и интеллектуальный затраты Сл5. Неполная переработка шрота вследствие недостаточного времени ферментации	У1. Недостаточная переработка для соответствия нормативам У2. Нарушение технологии вследствие заражения чистой культуры сенной палочки У3. Сокращение потребности в шроте как кормовой добавке У4. Нехватка финансирования У5. Отсутствие спроса на микробиологические способы переработки

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности	В1	-	-	0	+	-	-	-	-	-	-
	В2	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0
	В3	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
	В4	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	В5	+	-	0	+	0	-	-	-	-	-
Угрозы	У1	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+
	У2	0	0	+	-	-	+	-	+	-	-
	У3	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	+	+	-	-	-	0	-
	У5	-	+	0	-	0	-	+	+	0	-

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

- В1С4; В2С3; В3С3С4С5
- В4С1С2С3С4С5; В5С1С4
- У1У2С3; У3С5; У4С4С5; У5С2
- У1Сл1Сл3Сл5; У2Сл1Сл3; У5Сл2Сл3

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 9.

Таблица 9 – Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны: С1. Экологически чистый процесс С2. Безопасность производства С3. Переработанный шрот высокого качества С4. Энергоёмкость С5. Наличие производственных компаний, способных использовать инженерное решение</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Необходимость создания стерильной среды Сл2. Сложные методики анализа Сл3. Возможность получения разных результатов при идентичности проведения методики Сл4. Значительные временные и интеллектуальный затраты Сл5. Неполная переработка шрота вследствие недостаточного времени ферментации</p>
<p>Возможности: В1. Снижение стоимости переработки шрота на производстве В2. Сокращение времени переработки В3. Увеличение объёмов производства шрота В4. Появление дополнительного спроса на технологию переработки В5. Возрастание проблемы утилизации отходов производства подсолнечного масла</p>	<p>Проект является экологичным, энергоёмким и может поспособствовать увеличению эффективности производства шрота, что открывает перед ним много возможностей для роста и увеличения спроса на рынке.</p>	<p>Наличие данных возможностей поможет преодолеть слабые стороны технологии и осуществить реализацию разработанного инженерного решения</p>

Продолжение таблицы №9

<p>Угрозы: У1. Недостаточная переработка для соответствия нормативам У2. Нарушение технологии вследствие заражения чистой культуры сенной палочки У3. Сокращение потребности в шроте как кормовой добавке У4. Нехватка финансирования У5. Отсутствие спроса на микробиологические способы переработки</p>	<p>Данная технология гарантирует получения шрота высокого качества, что нивелирует угрозы У1 и У2. Простота микробиологического способа переработки и постоянная потребность в питательных кормах в сельском хозяйстве не даст возможности осуществиться угрозам У3 и У5. Угроза нехватки финансирования нивелируется большим количеством компаний-потребителей проекта.</p>	<p>Объединение угроз и слабых сторон технологии могут привести к неостребованности результатов научного исследования.</p>
---	--	---

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, Бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Составление плана и методик эксперимента	Руководитель Бакалавр
	6	Культивирование микроорганизмов	Бакалавр
	7	Проведение аэробной и анаэробной ферментации подсолнечного шрота	Бакалавр
	8	Анализ шрота до и после ферментации	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Обработка и анализ полученных данных	Бакалавр
	10	Написание отчёта	Бакалавр
Контроль и координирование проекта	11	Контроль качества выполнения проекта	Руководитель

5.2.2 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, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

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

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

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

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

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

Ожидаемое значение трудоемкости для руководителя на примере выполнения работы «Составление и утверждение технического задания»:

$$t_{ож_1} = \frac{(3 \cdot 2 + 2 \cdot 4)}{5} = 2,8$$

Аналогично определяется значение трудоемкости бакалавра на примере выполнения работы «Подбор и изучение материала по теме»:

$$t_{ож_3} = \frac{(3 \cdot 2 + 2 \cdot 10)}{5} = 5,2$$

Продолжительность каждой работы в рабочих днях для одиночной и параллельной работы на примере «Составление и утверждение технического задания» и «Подбор и изучение материала по теме» соответственно:

$$T_{P_1} = \frac{2,8}{1} = 2,8$$

$$T_{P_2} = \frac{5,2}{1} = 5,2$$

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Ввиду небольшого объёма дипломной работы наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведены в календарные дни. Для этого используется следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} ,$$

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 следующей формуле:

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

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

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

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

Расчет коэффициента календарности:

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

Таблица 11 – Временные показатели

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{Pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель
Составление и утверждение технического задания	-	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	5
Выбор направления исследований	4	3	6	6	4,8	4,2	2,4	2,1	4	4
Подбор и изучение материалов по теме	7	-	14	-	9,8	-	9,8	-	15	-
Календарное планирование работ	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	5	-
Составление плана и методик эксперимента	7	5	14	14	9,8	8,6	4,9	4,3	8	7
Культивирование микроорганизмов	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9	-
Проведение аэробной и анаэробной ферментации подсолнечного шрота	35	-	45	-	39	-	39	-	58	-
Анализ шрота до и после ферментации	25	-	35	-	36	-	36	-	54	-
Обработка и анализ полученных данных	25	-	30	-	27	-	27	-	40	-
Написание отчёта	30	-	40	-	34	-	34	-	51	-
Контроль качества выполнения проекта	-	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	5

На основе таблицы 11 строится календарный план-график (табл. 12).

Таблица 12 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работ	T_{ki}	Исполнители	Продолжительность выполнения работ									
			сен	окт	ноя	дек	январь	фев	мар	апр	май	
Составление и утверждение технического задания	5	Р	■									
Выбор направления исследований	4	Р, Б	■									
Подбор и изучение материалов по теме	15	Б	■									
Календарное планирование работ	5	Б	■									
Составление плана и методик эксперимента	8	Р, Б		■								
Культивирование микроорганизмов	9	Б		■								
Проведение аэробной и анаэробной ферментации подсолнечного шрота	58	Б		■	■	■	■					
Анализ шрота до и после ферментации	54	Б				■	■	■				
Обработка и анализ полученных данных	40	Б						■	■	■		
Написание отчёта	51	Б								■	■	■
Контроль качества выполнения проекта	5	Р										■



- Бакалавр



- Научный руководитель

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Данная статья включает стоимость всех материалов и полуфабрикатов, используемых при разработке проекта. В стоимость материальных затрат включены транспортно-заготовительные расходы – 3% от цены [27]. Данные представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Сырьё, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

Наименование	Марка, размер	Кол-во, шт./гр		Цена за ед./гр, руб.	Сумма, руб.	
		Аэр.	Анаэр.		Аэр.	Анаэр.
Гидролизат рыбной муки	0,25 кг	1	1	1655	1655	1655
Глюкозопептонная среда	0,25 кг	1	1	1200	1200	1200
Чашка Петри стекло	100*20 мм	0	3	270	0	810
Пробирка стекл. 21×200	Уп. 50 шт.	1	1	1150	1150	1150
Спирт этиловый	1 л	1	1	180	180	180
Кислота соляная	1 л	1	1	92	92	92
Перчатки медицинские стерильные	270-280 мм, 40 пар	20	20	14	280	280
Хлорид натрия	1 кг	1	1	109	109	109
Фильтры бумажные	«Синяя лента», 11 см	1	1	250	250	250
Кислота серная	1 л	1	1	54	54	54
Гидроксид натрия гранулированный	1 кг	1	1	292	292	292
Всего за материалы					5262	6072
Транспортно-заготовительные расходы (3%)					158	183
Итого					5420	6255

5.2.5 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данной статье стоимость оборудования, используемого при выполнении работ и имеющегося в данной научно-технической организации, учтена в виде амортизационных отчислений. Расчет проводили по методу равномерного прямолинейного списания - стоимость списывается равномерными долями в течение периода эксплуатации. Данные сведены в таблице 14.

Таблица 14 – Спецоборудование для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Срок службы, лет.	АО за период проведения НИР, тыс. руб.	Затраты на специальное оборудование, тыс. руб.
1	Термостат Электрический суховоздушный ТС-1/20 СПУ	1	14,5	10	0,363	0,363
2	Бокс биологической безопасности 2 класса Streamline SC2-4A1	1	193,5	15	3,225	3,225
3	Автоклав паровой Tuttnauer 2340 МК	1	110,2	15	1,837	1,837
4	Микроскоп бинокулярный Primo star	1	70	20	0,875	0,875
5	Термошейкер PST-60HL	1	75	10	1,875	1,875
6	Аналитические весы CAS CAUX-120	1	62,5	10	1,563	1,563
Итого						9,738

5.2.6 Основная заработная плата исполнителей

В настоящую статью включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определялась исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

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:

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

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно–технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p,$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Тарифная заработная плата Z_{mc} определена из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_τ и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 16.

Месячный должностной оклад для руководителя:

$$Z_m = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285$$

Месячный должностной оклад для бакалавра:

$$Z_m = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150$$

Рассчитали среднедневную заработную плату для руководителя при условии 6-дневной рабочей недели:

$$Z_{дн} = (51285 \cdot 10,4) / 246 = 2168,2$$

Рассчитали среднедневную заработную плату для бакалавра при условии 5-дневной рабочей недели:

$$Z_{дн} = (33150 \cdot 11,2) / 213 = 1743,09$$

Тогда основная заработная плата для руководителя:

$$Z_{осн} = 2168,2 \cdot 14 = 30354,8$$

Основная заработная плата для бакалавра:

$$Z_{осн} = 1743,09 \cdot 165 = 287609,85$$

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	58	95
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 5	24 10
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	236

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители НИ	$Z_{мс}$, руб.	k_{np}	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2168,2	14	30354,8
Студент	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	165	287609,9
Итого $Z_{осн}$								317964,7

5.2.7 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

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

Расчёт дополнительной заработной платы:

Для руководителя:

$$Z_{доп} = 30354,8 \cdot 0,15 = 4553,2 \text{ руб.}$$

Для бакалавра:

$$З_{\text{доп}} = 287609,9 \cdot 0,15 = 43141,5 \text{ руб.}$$

5.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

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

Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% [28]:

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование.

Для руководителя:

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (30354,8 + 4553,2) = 10472,4$$

Для бакалавра:

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (287609,9 + 43141,5) = 99225,4$$

5.2.9 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статей} \right) \cdot k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы рассчитаны в таблице 13.

5.2.10 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. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НИ

Наименование статьи	Аэр. процесс, сумма, руб.		Анаэр. процесс, сумма, руб.		Примечание
	Рук-ль	Б-р	Рук-ль	Б-р	
1. Материальные затраты НИИ	5420		6255		Пункт 4.2.4
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	9738		9738		Пункт 4.2.5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	30354,8	287609,9	30354,8	287609,9	Пункт 4.2.6
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4553,2	43141,5	4553,2	43141,5	Пункт 4.2.7
5. Отчисления во внебюджетные фонды	10472,4	99225,4	10472,4	99225,4	Пункт 4.2.8
6. Накладные расходы	78482		78616		16 % от суммы ст.1-5
7. Бюджет затрат НИИ	568997,6		569966,2		Сумма ст. 1-6

5.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной и экономической эффективности исследования

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

5.3.1 Интегральный показатель финансовой эффективности

Определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{аэр}} = \frac{568997,6}{569966,2} = 0,998;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{анаэр}} = \frac{569966,2}{569966,2} = 1;$$

5.3.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Определяется следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i,$$

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.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности приведён в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Аэробный процесс (I_{p1})	Анаэробный процесс (I_{p2})
1. Экологичность	0,2	5	5
2. Простота строения реактора	0,2	4	5
3. Безопасность для персонала	0,15	5	5
4. Эффективность	0,15	4	5
5. Энергоёмкость	0,15	5	5
6. Доступность	0,15	5	5
Итого	1	28	30

Таким образом, $I_{p1} = 4,65$, $I_{p2} = 5$.

5.3.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения

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

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}}} = \frac{4,65}{0,998} = 4,66$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p-\text{исп2}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}}} = \frac{5}{1} = 5;$$

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

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}}$$

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Аэр.	Анаэр.
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,998	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	5
3	Интегральный показатель эффективности	4,66	5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,932	1

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности наиболее эффективным является анаэробный процесс проведения ферментации.

В настоящей главе выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи: разработана общая экономическая идея, определена концепция проекта, проведён анализ рынка и его сегментирование. Также была составлена матрицу SWOT, осуществлено планирование работ, установлена их структура, а также перечень этапов и распределение исполнителей и определена трудоёмкость работ с последующей разработкой графика проведения научного исследования и календарного плана.