

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

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки – Химическая технология  
Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Деполимеризация полимеров на основе полимолочной кислоты

УДК 678.744:547.472.3-044.967

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ5В	Прокудин Иван Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волгина Татьяна Николаевна	кандидат химических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Раденков Тимофей Александрович	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юсубов Мехман Сулейманович	д.х.н., профессор		

Томск – 2017 г.

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

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки – Химическая технология  
Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Юсубов М.С.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ5В	Прокудину Ивану Александровичу

Тема работы:

<b>Деполимеризация полимеров на основе полимолочной кислоты</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	<b>От №</b>

Срок сдачи студентом выполненной работы:

14.06.2017

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования – полилактид. Катализаторы процесса: оксид цинка, оксид олова, оксид сурьмы(III), октоат олова, оксид алюминия, <i>n</i> -толуол-сульфо кислота, цеолит синтетический, цеолит природный, оксид титана(IV), оксид железа(III).
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Обзор литературы. 2. Характеристика продуктов, исходного сырья, полупродуктов. 3. Влияние катализаторов на процесс деполимеризации полилактида. 4. Результаты и их обсуждение. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Аналитический обзор литературы Объекты и методы исследования Экспериментальные результаты и их обсуждение	к.х.н., Волгина Т.Н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.т.н., доцент Криницына З.В.
Социальная ответственность	ассистент Раденков Т.А.
Раздел на иностранном языке	к.и.н. Когут С.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
На русском: Литературный обзор	
На немецком: literarische übersicht	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	<b>1.09.2015 г.</b>
---	---------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. ТОВПМ	Волгина Т.Н.	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ5В	Прокудин Иван Александрович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ДМ5В	Прокудину Ивану Александровичу

<b>Институт</b>	ИПР	<b>Кафедра</b>	ТОВ и ПМ
<b>Уровень образования</b>	Магистрант	<b>Направление/ специальность</b>	Химическая технология

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материальных, технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- Цена реализации; - Капитальные вложения.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Эксплуатационные затраты.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. №55-ФЗ

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Использование системы показателей, отражающих деятельность предприятия применительно к условиям рыночной экономики, с включением в экономические расчеты платежей и налогов.
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	Методическая рекомендация по оценке эффективности инвестиционных проектов.
<i>3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	- План проекта - Бюджет научного исследования - Организационная структура проекта
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Динамические методы экономической оценки инвестиций - Чистая текущая стоимость - Дисконтированный срок окупаемости - Внутренняя ставка доходности - Индекс доходности (рентабельности) инвестиций - Оценка сравнительной эффективности исследования

#### **Перечень Графического Материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Диаграмма Исикавы	
----------------------	--

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Креницына З.В..	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ5В	Прокудин Иван Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ДМ5В	Прокудину Ивану Александровичу

<b>Институт</b>	Природных ресурсов	<b>Кафедра</b>	<b>ТОВПМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология основных продуктов органического и нефтехимического синтеза.

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

<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i></li> <li>– <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i></li> <li>– <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i></li> <li>– <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i></li> </ul>	<p>Рабочая зона - химическая лаборатория органического синтеза, аудитория оборудованная компьютерами. В рабочей зоне, т.е. в химической лаборатории могут наблюдаться следующие вредные факторы: опасные химические реактивы, повышенный уровень шума, недостаточная освещенность лаборатории и ее отдельных участков.</p> <p>Опасные факторы: возникновение взрывов и пожаров в результате работы с легковоспламеняющимися жидкостями, повышенная температура рабочей поверхности оборудования, поражение электрическим током.</p> <p>Выбросы вредных веществ в атмосферу: серосодержащие соединения, предельные и непредельные углеводороды и т.д.</p>
<p>2. <i>Перечень законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p>Федеральный закон № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 года «О специальной оценке условий труда».</p> <p>Федеральный закон №184-ФЗ «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 года.</p> <p>Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г (ред. от 10.07 2012г) «Технический регламент о требованиях к пожарной безопасности»</p>

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

<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i></li> <li>– <i>действие фактора на организм человека;</i></li> <li>– <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i></li> <li>– <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i></li> </ul>	<p>Наличие вредных веществ (органические и неорганические растворители, концентрированные кислоты и щелочи, токсичные и канцерогенные вещества). Средства защиты коллективные и индивидуальные.</p>
<p>2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>механические опасности (источники, средства защиты);</i></li> <li>– <i>термические опасности (источники, средства</i></li> </ul>	<p>К опасным факторам относят оборудование с повышенной или пониженной температурой поверхности, токоведущие части электрооборудования, повышенное значение напряжения в электрической цепи,</p>

<p>защиты);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>молниезащита (необходимо заземление), возникновение пожара.</p> <p>Используемые средства защиты: перчатки, ухватыв, спецодежда.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Селитебная зона должна располагаться с наветренной стороны выше по течению реки.</p> <p>На окружающую среду воздействуют вредные вещества: ароматические соединения, галогены.</p> <p>Химическое загрязнение водотоков в результате отмывания химических отходов в канализационную сеть.</p> <p>Необходимо осуществлять раздельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Возможные ЧС: пожар, взрыв, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясение.</p> <p>Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара. Для его ликвидации необходимо использовать огнетушитель, песок, асбестовое одеяло.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Каждому работающему с химическими веществами выдаются средства индивидуальной защиты. Проводятся инструктажи, обучения.</p> <p>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Раденков Тимофей Александрович			18.05.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ5В	Прокудин Иван Александрович		18.05.2017

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания</i> <i>социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности



## Реферат

Выпускная квалификационная работа изложена на 121 страницах, включая 33 рисунка, 28 таблиц, 85 литературных источников и 3 приложения.

Ключевые слова: биоразлагаемый полимер, полилактид, лактид, олигомер молочной кислоты, деполимеризация, катализатор, оксид цинка, *n*-толуолсульфокислота, оксид алюминия, октоат олова, оксид сурьмы(III), цеолит синтетический, цеолит природный, оксид титана(IV), оксид железа(III), концентрация катализатора, степень чистоты лактида, температура плавления, кислотное число, Фурье ИК-спектроскопия.

Объектом исследования является полилактид и изделия на его основе.

Целью работы является выбор наиболее оптимального катализатора и подбор наиболее оптимальной концентрации выбранного катализатора для процесса деполимеризации полилактида и изделий на его основе.

Предметом исследования является процесс термической деполимеризации полилактида и изделий на его основе.

В процессе выполнения ВКР был подобран катализатор с оптимальной концентрацией для процесса термической деполимеризации. Также были рассмотрены вопросы эффективности и безопасности данного процесса.

В результате исследования проанализированы методы получения полилактида и лактида; изучено влияние параметров и условий реакции на синтез лактида методом термической деполимеризации полилактида; исследованы требования, предъявляемые к лактиду; изучены способы очистки лактида-сырца; проведен анализ образцов, полученных с помощью различных катализаторов; подобран катализатор и найдена его оптимальная концентрация; разработана принципиальная технологическая схема получения лактида методом термической деполимеризации полилактида; проведена оценка экономической эффективности установки и проанализировано воздействие разработанных аспектов инновационной инженерной деятельности с точки зрения социальной ответственности на человека и окружающую среду.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: реактор, конденсатор, вакуумный насос, термостата и электрической плитки, Фурье ИК-спектроскопия, весы аналитические Adventure RV64, прибор для определения температуры плавления Melting Point M560, прибор ИК-Фурье спектрометр СИМЕКС ФТ-801, электронный USB микроскоп.

Степень внедрения: результаты данной выпускной квалификационной работы при дальнейшей разработке могут быть использованы в качестве теоретической основы для проектирования узлов и технологии по переработке отходов из биоразлагаемого пластика.

Область применения: предприятия специализирующиеся на переработке полимерных отходов.

Экономическая эффективность/значимость работы: переработка отходов полилактида и изделий на его основе является коммерчески привлекательным проектом, в связи с тем, что востребованность на мировом рынке в лактиде с каждым годом возрастает. Технология переработки данных полимеров отвечает современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Разработанный способ позволяет полностью переработать отходы полимера и получить лактид по экономически более выгодной технологии, что позволяет снизить себестоимость производимой продукции, что в свою очередь повышает конкурентноспособность.

После детальной проработки и дополнительных расчетов планируется предоставить разработанную технологию предприятиям по переработке полимеров.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

МК - молочная кислота;

ПЛА (ПМК) - полилактид (полимолочная кислота);

ММ - молекулярная масса

ЭА - этилацетат;

ИК-спектроскопия- инфракрасная спектроскопия

## Оглавление

Введение.....	13
Глава 1 Обзор литературы.....	15
1.1 Полилактид. Области применения и способы получения.....	15
1.2 Физико-химические свойства полилактида .....	18
1.3 Методы получения лактида .....	20
1.4 Влияние параметров и условий реакции на синтез лактида методом термической деполимеризации полилактида.....	24
1.5 Требования, предъявляемые к лактиду.....	26
1.6 Способы очистки лактида-сырца .....	27
Глава 2 Объекты и методы исследования.....	30
2.1. Характеристика используемого сырья и реактивов .....	30
2.2. Лабораторная техника и аналитические приборы.....	32
2.3. Методика проведения деполимеризации полилактида.....	32
2.4 Методика перекристаллизации лактида-сырца .....	33
2.5 Методика определения молочной кислоты методом кислотно-основного титрования .....	33
2.6 Методика определения температуры плавления лактида .....	34
2.7 Методика идентификации полученных образцов методом ИК-спектроскопии .....	34
Глава 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	36
4.1 Предпроектный анализ .....	36
4.1.1 Потенциальные потребители лактида .....	36
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	37
4.1.3 Диаграмма Исикавы.....	38
4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	39
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	41
4.2 Инициация проекта .....	41
4.2.1 Цели и результат проекта.....	41

4.2.2 Организационная структура проекта.....	42
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом .....	44
4.3.1 План проекта .....	44
4.3.2 Бюджет научного исследования.....	45
4.3.3 Организационная структура проекта.....	51
4.4. Оценка сравнительной эффективности исследования.....	51
Глава 5 Социальная ответственность.....	55
5.1. Анализ вредных и опасных факторов производственной среды.....	56
5.2. Анализ выявленных опасных факторов .....	62
5.3 Охрана окружающей среды .....	65
5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	66
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	68
Выводы .....	71
Список публикаций студента.....	72
Приложение Б – Принципиальная технологическая схема производства.....	73

## **Введение**

В настоящее время упаковка является неотъемлемой частью любого продукта. Большая часть упаковок производится из полимерных материалов, что поднимает вопрос об их утилизации после использования. Упаковочные отходы обычно захороняют на полигонах твердых бытовых отходов.

В этой связи постоянно идет разработка новых упаковочных материалов, которые быстро распадаются и легко ассимилируются микроорганизмами почвы, не нанося вред окружающей среде. Существуют два пути придания подобного биоразложения полимерным упаковочным материалам. Первый путь – это наполнение промышленных упаковочных материалов (полиэтилена, полипропилена, полиэтилентерефталата и др.) крахмалом, что приводит к более быстрому обрыву цепей полимера. Второй путь – использование в качестве упаковки изначально биоразлагаемые полимеры. Одним из таких материалов является полилактид (ПЛА),

получаемый из растительного сырья и используемый для упаковки пищевых продуктов и в медицинских целях. Он обладает физико-механическими свойствами, не уступающими традиционно используемым промышленным полимерам, и способен перерабатываться в изделия различными методами переработки пластмасс. Упаковочные изделия из полилактида являются отличной альтернативой привычной всем бионеразлагаемой упаковке на основе нефти.

Несмотря на то, что отходы из биоразлагаемых полимеров могут самопроизвольно деградировать до безопасных соединений (углекислый газ и вода) за период от нескольких месяцев до нескольких лет (в зависимости от температуры и влажности окружающей среды), более правильное и рациональное использовать данные отходы для выделения из них ценных компонентов.

Одним из наиболее перспективных и экономически выгодных направлений является создание и освоение производства мономеров путем деполимеризации не пригодных к использованию полимеров.

На сегодняшний день остается актуальным направлением поиск методов переработки отходов из биополимеров. Термическая деполимеризация является одним из способов переработки полилактида, в результате которого можно получать исходный мономер – лактид.

Актуальность исследования заключается в необходимости поиска оптимального катализатора для данного процесса с учетом того, что необходимо одновременно улучшить качество получаемого продукта и уменьшить затраты на переработку биоразлагаемого сырья.

Целью данной работы является выбор наиболее оптимального катализатора и подбор наиболее оптимальной концентрации выбранного катализатора для процесса термической деполимеризации полилактида.

Объектом исследования являются полилактид и катализаторы процесса деполимеризации полилактида.

Предметом исследования является процесс деполимеризации полилактида.

Научная и практическая новизна:

Впервые проанализирован выход и степень чистоты лактида, полученного деполимеризацией полилактида, в зависимости от катализатора и его концентрации.

Практическая значимость:

Полученные результаты можно использовать при проектировании установки деполимеризации полилактида.

Апробация работы.

Результаты работы докладывались и обсуждались на XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени профессора Л.П. Кулева, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, г. Томск, 2016г.

## **Глава 1 Обзор литературы**

### **1.1 Полилактид. Области применения и способы получения.**

В настоящее время полимеры стали неотъемлемой частью жизни человека. Они используются во всех отраслях промышленности и производства, где успешно заменяют традиционно использовавшиеся материалы, такие как стекло, металл, бумага и т.д. Наиболее распространенные полимеры получают путем синтеза из нефтехимических продуктов. Преимуществами данного типа полимеров являются низкая себестоимость и высокая скорость производства, прекрасные физико-механические характеристики, хорошие барьерные свойства и термостойкость. Однако имеются и определенные недостатки: истощение

запасов нефти и газа, увеличение цен на них, долгий срок разложения материалов, вызывающий озабоченность состоянием окружающей среды, выбросы углекислого газа при производстве, являющиеся одним из факторов глобального потепления [1].

Указанных недостатков лишены так называемые биополимеры [2], к которым относятся полимеры, получаемые непосредственно из природного сырья, такие как полисахариды (крахмал, целлюлоза), белки (желатин, казеин, шелк); производимые в ходе химического синтеза из мономеров, полученных из биосырья (полилактид); вырабатываемые микроорганизмами или генетически-модифицированными бактериями (полигидроксиалканоаты, полигидрокси-бутираты).

Одним из самых перспективных на сегодняшний день биополимеров является полилактид (ПЛА) — биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота [3]. Для производства полилактида используется возобновляемое растительное сырье (кукуруза, картофель, сахарный тростник, маниок, рис и др.) [4], что делает его многообещающей альтернативой полимерам, получаемым из нефти.

Химическая структура полилактида представлена на рисунке 1.

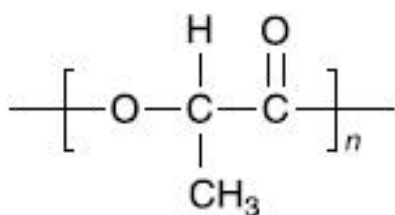


Рисунок 1 - Химическая структура полилактида.

Полилактид применяется для производства экологически чистой биоразлагаемой упаковки, одноразовой посуды, средств личной гигиены. Биоразлагаемые пакеты из полилактида используются в таких крупных торговых сетях как Wal-Mart Stores и Kmart. Ввиду своей биосовместимости, полилактид широко применяется в медицине, для производства хирургических нитей и штифтов, а также в системах доставки лекарств.



Впервые был получен полилактид в 1845 г. При нагревании молочной кислоты и удалении воды наблюдалась конденсация молекулы молочной кислоты с образованием Олигомеров и полимеров. [5] Wallace Hume Carothers, сотрудник компании DuPont, разработал в 1932 г. способ получения полилактида из лактида, который в 1954 году был запатентован компанией Дюпон [6]. Только в 2002 году компанией NatureWorks LLC был построен первый коммерческий завод по производству полилактида с мощностью 150 000 тонн.

В настоящее время в промышленности и в лабораторных условиях в основном используют следующие способы синтеза полилактида:

- Прямая поликонденсация МК [7];
- Поликонденсация в растворе МК с азеотропной отгонкой воды [8];
- Микробиологический способ [9];
- Полимеризация лактида с раскрытием цикла [10].

Вышеперечисленные способы получения полилактида осуществляются по следующей схеме (рисунок 2):

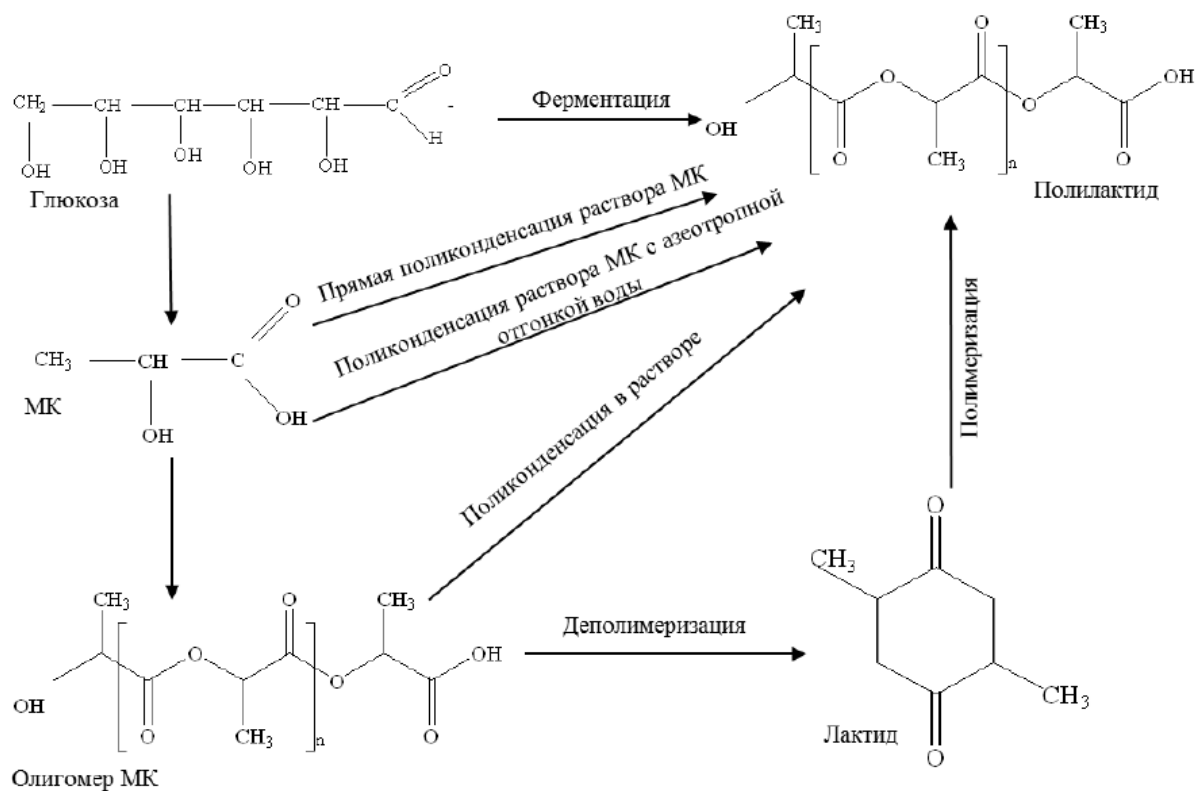


Рисунок 2 - Способы получения полилактида

Способ ферментации позволяет получить только один вид полимера при большом времени реакции.

В результате прямой поликонденсации МК в водном растворе обычно получают низкомолекулярный полилактид с небольшим выходом в связи с увеличением вязкости реакционной среды, в результате чего затрудняется удаление растворной и реакционной воды [11].

При поликонденсации МК в водном растворе с азеотропной отгонкой воды достигается эффективное удаление воды, что позволяет получить полилактид с ММ до 212000 [12], но при этом время реакции обычно составляет около 72 часов и требуются вспомогательные стадии, для извлечения полилактида из растворителя, что приводит к дополнительным трудом – и энергозатратам [7].

Поэтому, в настоящее время, получение полилактида для МИ осуществляют полимеризацией лактида с раскрытием цикла, позволяющий получить высокомолекулярный полилактид, а также различные сополимеры на основе лактида [7].

## **1.2 Физико-химические свойства полилактида**

Полилактид представляет собой термопластичный полимер, который в зависимости от стереорегулярности строения может быть кристаллическим, полукристаллическим и аморфным. Для изготовления медицинских изделий из биорезорбируемых полимеров, сополимеров и композитов требуется различная молекулярная масса полимера, например, для эндопротезов в травматологии, ортопедии – 100 000...120 000 [13], для изготовления нитей различного назначения – 20 000...700000 [14], для системы доставки лекарств –1200...40000 [15], имплантируемых стентов – 1000...20000 и т.д. [16]. Кроме того, при переработке полилактида для изготовления МИ используют полилактид с определенной ММ: полимеры с ММ 180 000...260 000 формуют в расплаве, а с 350 000...530 000 – в растворе [14].

Благодаря хиральной природе молочной кислоты существуют L- и D-стереоизомеры лактида, которые являются зеркальным отображением друг друга. Свойства получаемого полилактида будут зависеть от относительного содержания этих изомеров в полимере [8]. Полилактид из 100 % L-лактида (L-ПЛА) имеет высокую степень стереорегулярности, что придает ему кристалличность. L-ПЛА обычно имеет следующие характеристики:  $T_{ст} = 54 - 58 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $T_{пл} = 170 - 180 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Использование при полимеризации смеси D- и L-лактидов позволяет получать аморфный полилактид (L,D-ПЛА), температура стеклования которого составляет  $50 - 53 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Температуру плавления L-ПЛА можно увеличить на  $40 - 50 \text{ } ^\circ\text{C}$ , а температуру деформационной теплостойкости с  $60$  до  $190 \text{ } ^\circ\text{C}$  путем физического смешения полимера с D-ПЛА. L-ПЛА и D-ПЛА образуют высокорегулярный стереокомплекс с высокой степенью кристалличности [9].

Характеристики полимера зависят в первую очередь от молекулярной массы, степени кристаллизации и, при необходимости долей сополимеров. Более высокая молекулярная масса повышает температуру стеклования и плавления и понижает прочность на разрыв, модуль упругости и относительное удлинение при разрыве. Из-за метильной группы полимер является гидрофобным [12]. Полилактид растворяется во многих органических растворителях. Эксплуатационные свойства полимера могут быть усилены за счет методов изготовления, например, литье под давлением, экструзия.

Преимущества полилактида:

- биологически безопасен, нетоксичен;
- не имеет усадки;
- не растворим в воде и спиртах;

Недостатки полилактида:

- биоразлагаемый материал;
- растворим в большинстве органических растворителей.

### 1.3 Методы получения лактида

Сырьем для синтеза лактида обычно являются МК и  $\alpha$ -галогенпропионовые кислоты. Чаще всего в промышленности используют МК. Она является доступным, дешевым, возобновляемым ресурсом растительного происхождения.

МК существует в виде двух оптических изомеров – D-МК и L-МК, а также эквимольной смеси двух энантиомеров – L,D-МК (рацемат). Для производства полилактида в медицинских целях L-МК является наиболее подходящим сырьем, поскольку организм человека адаптирован к ассимиляции преимущественно этой формы МК.

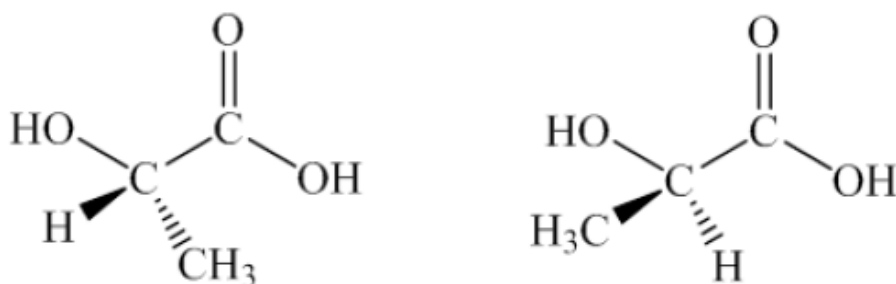


Рисунок 3 – Химическая структура L и D – молочной кислоты

В настоящее время МК производят биохимическими и химическими способами приблизительно в равных промышленных объемах. С точки зрения «Зеленой химии» и экологии наиболее перспективным способом получения МК считается биохимический с использованием различных лактобактерий [20], а в качестве питательного субстрата – глюкозы. Исходным сырьем также может служить крахмал (картофельный, маисовый, кукурузный, злаковый) или меласса, получаемая при производстве сахара из сахарной свеклы или сахарного тростника, а также некоторые другие растительные отходы (сердцевина кукурузных початков, стебли сои, древесина саговой пальмы и др.) [21].

Лактид – является промежуточным продуктом в синтезе биорезорбируемых полимеров и сополимеров на основе МК. По внешнему виду представляет собой кристаллы белого цвета. Лактид, также, как и МК

проявляет оптическую активность. Существует три изомерные формы лактида: L-лактид, D-лактид, мезо-лактид (рисунок 4). Кроме того, эквимолярная смесь L-лактида и D-лактида образует лактид-рацемат.

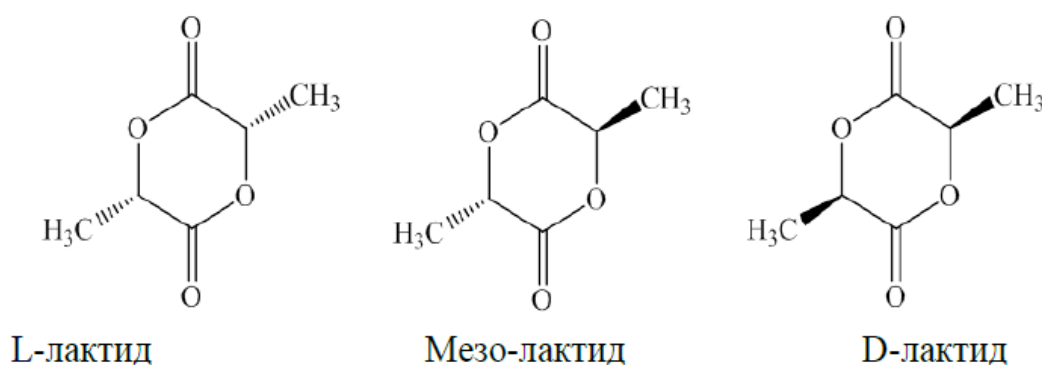


Рисунок 4 – Химическая структура изомеров лактида

Температуры плавления изомерных форм лактида имеют следующие значения, °C: L-лактид – 96-97 [22,23], D-лактид – 96-97 [22,23], мезо-лактид – 52-53 [22,23], рацемат – 126-127 [22,23].

В настоящее время промышленный синтез лактида проводят деполимеризацией олигомера МК, обычно осуществляющийся по следующей схеме (Рисунок 5)

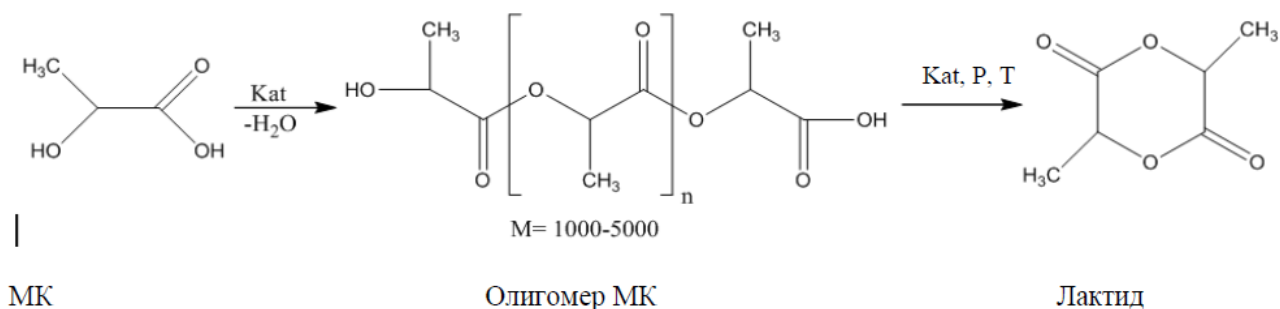


Рисунок 5 – Схема синтеза лактида деполимеризацией олигомера МК

Промышленный синтез лактида состоит из двухступенчатого процесса полимеризации и последующей деполимеризации. Молочная кислота изначально полимеризуется с получением цепей, имеющие низкие молекулярные массы (олигомеры), а затем эти цепи нагреваются для того, чтобы деполимеризовать их и получить лактида. Лактид восстанавливается в паровой фазе.

Условия проведения данного синтеза:

- Использование катализатора составляет 1,5 % от молочной кислоты;
- Смешанный растворитель представляет собой смесь растворителей с низкой и высокой температурой кипения;
- Добавление количества растворителя с низкой температурой кипения составляет 10–20 % от молочной кислоты, в то время содержание растворителя с высокой температурой кипения составляет 15–25 % молочной кислоты;
- Температура разложения поддерживают в интервале от 250 – 280 °С, и время разложения составляет от 2 часов до 3-х часов; поддерживается вакуум 600–760 мм. рт. ст.
- Метод имеет преимущества относительно – высокий выход продукта; выход лактида может достигать 23,6 %; к тому же, чистота лактида также относительно высока [31].

Также известны и другие способы получения лактида:

- дегидратация раствора МК с последующей экстракцией лактида [26];
- гетерогенно-каталитическая дегидратация раствора МК в газовой фазе [27];
- термическая деструкция отходов полилактида и изделий из него [28]

Достоинствами синтеза лактида методом дегидратации раствора является то, что процесс можно проводить в одном реакторе и при различном давлении, но при этом необходимо использовать растворители для экстракции образовавшегося лактида. Недостатками служат низкий выход, большие расходы растворителей (растворители в свою очередь необходимо удалять – обычно выпариванием при повышенных температурах [29]).

При синтезе лактида в газовой фазе наблюдаются низкие выходы лактида – до 13% за один проход [30], кроме того требуется большой расход газа-носителя.

При получении лактида из отходов изделий из полилактида и его сополимеров одновременно решается также вопрос об утилизации полимерных отходов. Этот способ имеет следующие недостатки: при

использовании различных сополимеров при деструкции происходит разложение исходного сополимера на различные продукты [32], что приводит к нежелательному загрязнению лактида. Требуется дополнительная очистка лактида от загрязнений.

Также известны работы по синтезу лактида из различного сырья, в качестве которого используют галогенпроизводные пропионовой кислоты [24], а также различные эфиры МК (метиловый, пропиловый, изопрпиловый, этиллактат, бутиллактат, изобутиллактат и др., или их смеси) [25].

## 1.4 Влияние параметров и условий реакции на синтез лактида методом термической деполимеризации полилактида

Выход и чистота лактида-сырца зависят от следующих параметров процесса и условий [7, 22]:

- температуры;
- давления;
- наличия инертной атмосферы;
- катализатора.

**Температура.** Деполимеризацию полилактида можно осуществлять в интервале температур 180...230 °С [43-46]. Синтез лактида осложнен тем, что из-за вязкой реакционной среды затрудняется испарение образовавшегося лактида. При температуре синтеза выше 300 °С может происходить разложение лактида в объеме реакционной массы, приводящее к снижению выхода лактида. Температуру синтеза лактида ниже 180 °С практически не используют из-за низкой скорости реакции. Замечено также, что с ростом температуры увеличивается и скорость реакции образования различных оптических изомеров [2], которая начинается при температуре около 210 °С, а выход мезо-лактида постепенно увеличивается до температуры 250 °С [47].

**Давление.** Деполимеризацию полилактида проводят при вакууме менее 10 мбар [48-49]. При недостаточном вакууме затрудняется выделение лактида из реакционной смеси [48-49].

**Катализатор.** На сегодняшний день известно много каталитических систем для синтеза лактида, которые можно сгруппировать следующим образом:

- Кислоты (серная, метансульфоновая, толуолсульфоукислота) [33];
- Оксиды металлов Zn, Sn, Al [34];
- Различные комплексы металлов (Li, Zn, Al, Ti, Mg, Ca) [35],
- Металлы IV, V или VIII групп и их соединения [36].

Важное значение при получении лактида имеет эффективность катализатора и его низкая токсичность, поэтому для получения полилактида



медицинского назначения широко используют октоат олова и оксид цинка [37-41], с учетом того, что по [42] регламентируется определенное содержание этих металлов в изделиях из полимеров для медицины.

Известно, что выход лактида зависит от количества катализатора: возрастает до определенного момента, затем снижается, при этом обычно увеличивается скорость рацемизации [2], и регулировать скорость которой достаточно сложно. Поэтому, в зависимости от типа катализатора, его количество обычно составляет от 0,05 до 6,0% (масс) [49]. Кроме того, замечено, что с увеличением количества катализатора (SnO) наблюдается увеличение выхода лактида-сырца и мезо-лактида [50].

**Инертная атмосфера.** Было замечено, что при синтезе лактида в инертной атмосфере (аргон, азот) увеличивается выход и чистота лактида-сырца, кроме того, в литературе предложено использовать и такие соединения как оксиды углерода, толуол, ацетон, парафины.

## 1.5 Требования, предъявляемые к лактиду

Важной характеристикой лактида, определяющей многие свойства получаемого полилактида и его сополимеров, является чистота, т.е. наличие в лактиде остаточной МК, мезо-лактида, других оптических изомеров, олигомера и воды (поскольку свободная кислота и вода способствуют гидролизу эфирных связей в цепи полилактида до олигомера) [51]. Для синтеза полимера с заданными свойствами используют L-лактид, D-лактид или L, D-лактид, так с точки зрения резорбции, пластичности/формуемости, предпочтительно, чтобы L-лактид или D-лактид имели оптическую чистоту от 80 до 98% (масс.) [52,53].

В зависимости от области применения полилактида в исходном лактиде рекомендуется следующее содержание примесей: воды – 10...200 ppm; свободной кислоты (МК, либо лактилмолочной кислоты) – 4...50 ppm [39, 51, 54].

Было установлено, что ММ получаемого полилактида зависит от количества кислотных примесей в мономерном лактиде [55], а также от гидроксильных соединений [56]: со снижением содержания кислоты и гидроксильных соединений в лактиде значительно возрастает ММ полимера.

## 1.6 Способы очистки лактида-сырца

Обычно лактид-сырец содержит в качестве примесей: олигомер МК, мезо-лактид, МК, L, D-лактид и воду. Как правило, [45,46] их содержание в лактиде–сырце в зависимости от условий реакции и метода выделения может варьироваться в широком диапазоне (% мас): лактида– 65...99; МК – 0...15; линейных олигомеров МК в диапазоне 0...20; воды – 0,1...5, мезо-лактида – 3...40. Общеизвестно, что кислотные и гидроксильные примеси значительно снижают ММ синтезируемого полимера, а наличие мезо-лактида, L,D-лактида ухудшает его свойства [55,56].

В настоящее время основными методами очистки лактида-сырца от примесей в промышленности являются:

- дистилляция;
- ректификация.

В дополнение к этим способам или отдельно могут быть использованы следующие способы очистки:

- кристаллизация из расплава;
- перекристаллизация;
- экстракция;
- адсорбция.

Наиболее распространенный способ очистки лактида от примесей в промышленности является дистилляция и ректификация.

Достаточно широко используется и способ кристаллизация из расплава, который также считается приемлемым способом очистки лактида от примесей [57-60].

Наиболее распространенным методом очистки лактида от примесей в лабораторных условиях является многократная или однократная перекристаллизация из различных растворителей. В качестве растворителей обычно используют этилацетат [52, 62-64], этанол [65-67] или третичные спирты [68] ацетон [45], ароматические углеводороды [69,70], хлороформ [63].

Наиболее распространенным растворителем является этилацетат. При многократной перекристаллизации из этилацетата наблюдаются большие потери основного вещества до 80%, хотя и достигается высокая степень чистоты лактида до 99,7% [63].

При использовании этанола в качестве растворителя [65-67], достигаются следующие значения: выход лактида [65] – 87,8%, содержание примесей удалось уменьшить, например, мезо-лактида более чем в 3 раза, МК – в 9 раз, линейного димера МК – в 3 раза.

Так как перекристаллизацией из перечисленных растворителей не удается существенно снизить содержание мезо-лактида, то были предложены следующие варианты: последовательная очистка из 2-х растворителей, относящихся к различным классам соединений [52,72].

Для более полного удаления мезо-лактида предложена обработка лактида водой [45, 62, 73]. Согласно данным работы [45] после обработки лактида-сырца водой, затем перекристаллизацией из ацетона или метилизобутилкетона было уменьшено содержание мезо-лактида на 30% и полностью удален димер МК, а остальное количество примесей уменьшилось: МК – на 9%; воды – на 0,4%; предложено также ректифицированную фракцию лактида промывать водой или паром [62, 74]. Таким образом, содержание мезо-лактида в лактиде не превышает 1,0% и карбоксильных групп - 10 мкмоль / г [74].

При использовании какого-либо одного способа очистки лактида-сырца достичь требуемых значений чистоты лактида достаточно трудно. Поэтому в большинстве случаев применяют дополнительные способы очистки. Известны комбинированные способы очистки лактида:

- ректификация и дальнейшая кристаллизация из расплава [75];
- экстракция в комплексе с другими способами [33];
- многостадийная адсорбция, либо в комбинации с перекристаллизацией [51].

Очистка комбинированными способами: ректификацией и дальнейшей кристаллизацией из расплава позволяет снизить содержание примесей в лактиде в разы: МК в 29, мезо-лактида – в 20 раз, воды – в 3,5 и остаточной кислоты в 4 раза [75]; при сочетании экстракции с другими способами достигается удаление кислотных примесей и олигомера МК, но не мезо-лактида [76]; адсорбцией и перекристаллизацией [51] достигается снижение концентрации примесей до 50 мг/кг.

## Глава 2 Объекты и методы исследования

В данной главе приводятся характеристики сырья, реактивов для анализа, методики проведения анализа и экспериментов процесса деполимеризации полилактида.

### 2.1. Характеристика используемого сырья и реактивов

Процесс деполимеризации полилактида протекает по следующей схеме:

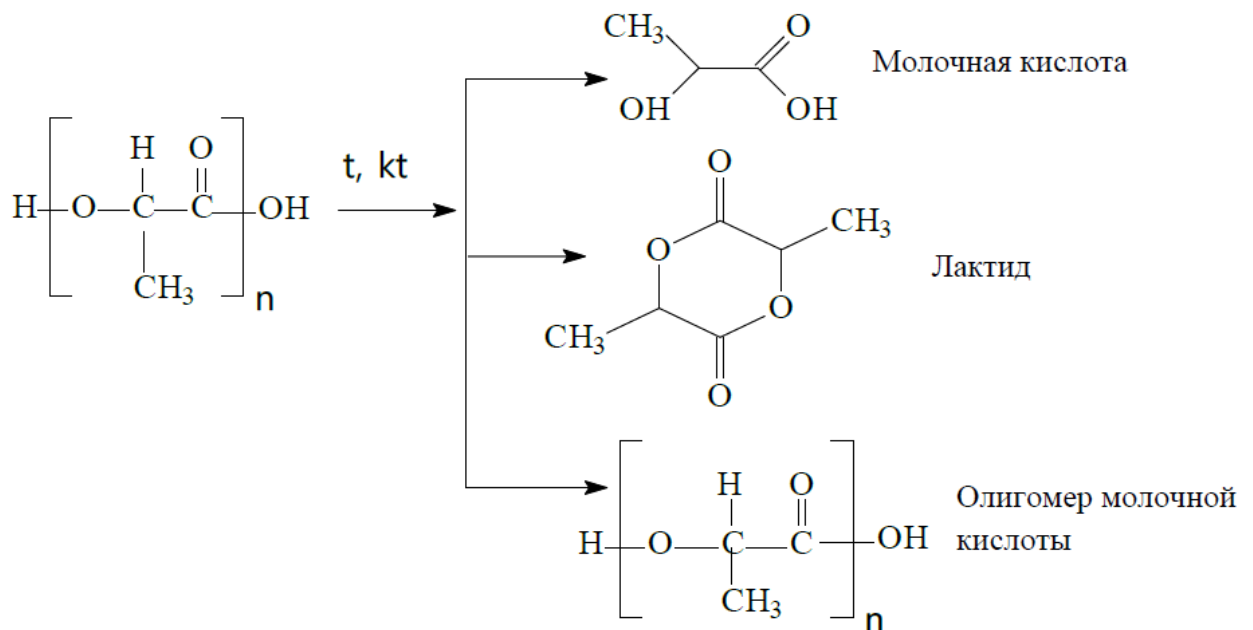


Рисунок 6 – Реакция деполимеризации полилактида

Для процесса деполимеризации сырьем является полилактид и изделия на его основе, продуктами являются лактид с примесями МК и олигомера МК, а также различные катализаторы.

**Полилактид (ПЛА)** — биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота или лактид.

Характеристика полимера:

- систематическое название поли(3,6-диметил-1,4-диоксан-2,5-дион);
- молярная масса 128239 г/моль
- температура плавления 172 °С;
- плотность 1,248 г/см<sup>3</sup>;

- удельная теплота плавления 93 Дж/г (100% масс.)
- внешний вид: прозрачные кристаллы.
- наличие примесей (красители, стабилизаторы и т.д.)

#### **Катализаторы процесса:**

**Оксид цинка** – это неорганическое соединение с формулой  $ZnO$ , представляющее собой белый порошок, который не растворяется в воде.

**Оксид сурьмы (III)** – бинарное неорганическое соединение металла сурьмы и кислорода с формулой  $Sb_2O_3$ , белые кристаллы, нерастворимые в воде.

**Оксид олова** – бинарное неорганическое соединение, оксид металла олова с формулой  $SnO_2$ , белые кристаллы, нерастворимые в воде.

**Оксид алюминия** - кристаллический гигроскопичный порошок. Вид оксида алюминия напоминает плотные куски мелкокристаллического строения или выглядит как небольшие гранулы. Поверхность данного вещества обладают пористой однородной структурой.

**Цеолит синтетический** - представляет собой гидратированные алюмосиликаты щелочных элементов. Синтетические цеолиты получают путем осаждения порошкообразного цеолита и последующего его формирования с каолиновой глиной.

**Цеолит природный** - это природный минерал со способностью отдавать и впитывать воду, а также отдавать и впитывать вещества, обменивать катионы.

**Диоксид титана** – синтетический неорганический пигмент белого цвета, анатазной и рутильной форм, получаемый гидролизом растворов сернокислорого титана с последующим прокаливанием гидратированной двуокиси титана.

**Оксид железа (III)** – амфотерный оксид с большим преобладанием основных свойств. Красно-коричневого цвета. Образуется при сгорании железа на воздухе. Не реагирует с водой. Медленно реагирует с кислотами и щелочами

### **Растворитель:**

Этилацетат– бесцветная летучая жидкость с резким запахом.

## **2.2. Лабораторная техника и аналитические приборы**

В данной работе использовали следующие приборы:

**Весы аналитические Adventure RV64** (Ohaus Corp. Pine Brook, NJUSA). Технические характеристики: предел взвешивания - 64 г, точность до 0,0001г.

**Прибор для определения температуры плавления Melting Point M560.** Характеристики: температурный интервал 4...400 °С, скорость нагрева 0,1...20 °С в минуту. Контроль температуры плавления визуальный.

**Прибор ИК-Фурье спектрометр СИМЕКС ФТ-801,** спектральный диапазон 600...4000 см<sup>-1</sup> с помощью приставки многократного полного внутреннего отражения с алмазным кристаллом (Multiplereflection Diamond ATR).

**Электронный USB микроскоп** с возможностью фото- и видео съемки.

## **2.3. Методика проведения деполимеризации полилактида**

Процесс деполимеризации полилактида в присутствии катализаторов проводят на лабораторной установке для вакуумной перегонки (рисунок 7) при температуре паров в реакционной колбе 180-200 °С и разрежении 5–15 мбар.

Сырье (полилактид) в количестве 3-5 г и катализатор в количестве 1 % (масс.) от массы полилактида загружают в круглодонную колбу, собирают установку, как показано на рисунке 7, включают электрическую плитку и устанавливают температуру 250 °С, включают вакуумный насос и проводят процесс деполимеризации до полного разложения сырья. Затем полученный продукт из приемника подвергают перекристаллизации из этилацетата для удаления примесей и сушат в вакуумном сушильном шкафу в течение суток.



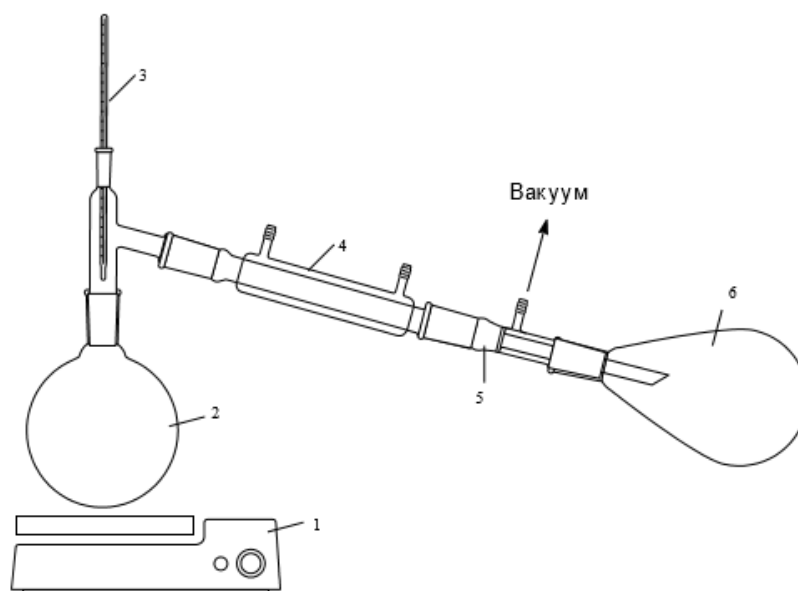


Рисунок 7 – Лабораторная установка для деполимеризации полилактида:

1 - электрическая плитка, 2 - круглодонная колба, 3 - термометр, 4 – воздушный холодильник, 5 – вакуумная насадка, 6- приемник.

#### **2.4 Методика перекристаллизации лактида-сырца**

Перекристаллизации подвергался лактид-сырец, который взвешивали, добавляли к нему растворитель в массовом соотношении 2:1 (2 г лактида-сырца на 1 мл растворителя). Затем при перемешивании доводили смесь до кипения. Далее раствор охлаждали до комнатной температуры. После чего выпавшие кристаллы лактида отфильтровывали на воронке Бюхнера под вакуумом.

#### **2.5 Методика определения молочной кислоты методом кислотно-основного титрования**

В две чистые колбы из термостойкого стекла емкостью по 100 мл взвешенные на аналитических весах, помещают навески по 0,2-0,3 г анализируемого вещества, в данном случае лактида. Взвешивание проводят на аналитических весах с точностью до 0,0002 г. В колбы приливают по 15 мл этанола, добавляют 3-4 капли индикатора – фенолфталеина и титруют 0,1 М спиртовым раствором гидроксида калия. Титрование проводят до

появления малиновой окраски в растворе, не исчезающей в течение 30 секунд. Параллельно проводят титрование 15 мл этанола без навески анализируемого вещества (холостой опыт).

По полученным данным при титровании получают зависимость объема щелочи, пошедшего на титрование, от массы молочной кислоты, содержащейся в образце.

## **2.6 Методика определения температуры плавления лактида**

Высушенные образцы веществ, измельченные при необходимости, помещались в стандартные капилляры и утрамбовались. Визуальное определение температуры плавления проводилось на приборе Melting Point M560 при скорости нагрева 1 °С в минуту с установкой нижнего предела контролируемого нагрева на 20 °С ниже предполагаемой температуры плавления.

## **2.7 Методика идентификации полученных образцов методом ИК-спектроскопии**

Для проведения анализа на ИК-спектрометре проводят пробоподготовку исследуемых образцов: лактиды очищают от примесей перекристаллизацией из этилацетата. ИК-спектры образцов в твердом виде регистрировали на ИК Фурье-спектрометре «ФТ-801» в диапазоне длин волн 400–4000 см<sup>-1</sup>, представленном на рис. 8.

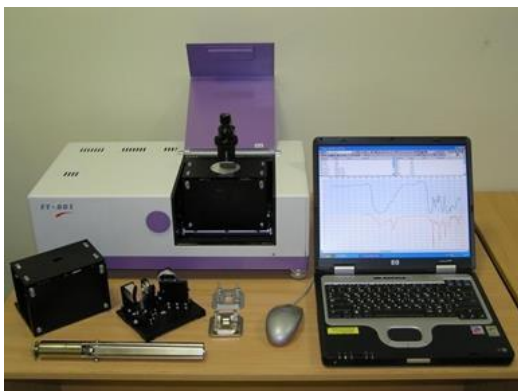


Рисунок 8- ИК Фурье-спектрометр «ФТ-801»

В результате проведенного анализа получают ИК-спектры образцов. Расшифровывают полученные спектры с помощью

аналитических таблиц. Определяются основные полосы поглощения для функциональных групп, содержащихся в лактиде.

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

Перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Проведение деполимеризации полилактида является коммерчески привлекательным проектом, потому что продукт, получаемый в результате данного процесса (лактид), востребован рынком, а технология проведения деполимеризации отвечает современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения, так как сырьем могут являться полимерные отходы из полилактида.

### **4.1 Предпроектный анализ**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители лактида**

Лактид является циклическим димером молочной кислоты и промежуточным продуктом в процессе получения биоразлагаемых гомо- и сополимеров с высокой молекулярной массой.

Основным направлением использования лактида является получение биорезорбируемого полимера – полилактида. Важным достоинством полилактида является и то, что он представляет собой прозрачный, бесцветный термопластичный полимер, который может быть переработан всеми способами, применяемыми для переработки известных термопластов. Из листов можно термоформовать подносы, тарелки, получать пленку, волокно, упаковку для пищевых продуктов, имплантанты для медицины. При соответствующей пластификации полилактид становится эластичным и имитирует полиэтилен, пластифицированный поливинилхлорид или полипропилен. Срок службы полимера увеличивается с уменьшением

мономера в его составе, а также после ориентации, которая повышает прочность, модуль упругости и термостабильность.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ трех конкурирующих иностранных лабораторий по проведению деполимеризации полилактида провели с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 6.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{kl}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Чистота получаемого лактида (выход лактида)	0,7	3	5	4	2,1	3,5	2,8
2. Содержание D,L-формы изомеров лактида (в зависимости от формы изомера лактида изменяется область его применения)	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
3. Содержание молочной кислоты в лактиде (присутствие молочной кислоты осложняет дальнейшее использование лактида в качестве сырья для полимеризации)	0,03	4	4	5	0,15	0,15	0,15
4. Безопасность (отсутствие в лактиде растворителей)	0,02	5	4	5	0,1	0,08	0,1
5. Цвет	0,02	5	5	5	0,1	0,1	1
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05

2. Уровень проникновения на рынок	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
3. Цена	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
5. Финансирование научной разработки	0,02	4	5	5	0,08	0,1	0,1
6. Срок выхода на рынок	0,02	5	5	5	0,1	0,1	0,1
7. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	3,58	4,92	4,24	1	3,58	4,92

где Бф – проектируемая разработка, БК1 – американская разработка (патент US 20130096342) и БК2 – японская разработка (Chem. Pharm. Bull.47(4) 467—471 (1999)).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j, \quad (4.1.2)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_j$  – балл  $i$ -го показателя.

Для проектируемой разработки суммарный балл конкурентоспособности минимален. Это обусловлено тем, что применяемый нами метод деполимеризации полилактида дает наименьший выход в сравнении с другими разработками. Для увеличения конкурентоспособности проектируемой разработки также необходимо увеличение ее финансирования. Уязвимость позиций конкурентов заключается в более высокой цене продукции, а в нашей разработке предусмотрено использование для проведения процесса отходов из полилактида, что удешевляет получаемый продукт.

#### 4.1.3 Диаграмма Исикавы

Инструментальным средством для систематического определения

причин проблемы и последующего графического представления является диаграмма причины-следствия Исикавы (рисунок 17).



Рисунок 17 – Причинно-следственная диаграмма низкого выхода лактида при проведении деполимеризации полилактида

#### 4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

В таблице 7 представлена оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации.

Таблица 7 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	4

5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	47	45

Полученные значения итоговых баллов позволяют говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В результате подсчета баллов выяснили, что перспективность разработки выше среднего. Следовательно, можно сделать вывод, что разработчику недостает компетенций в области маркетинговых исследований, поэтому предлагается привлечение требуемых специалистов в данной области в команду проекта. Необходимо также проработать вопрос финансирования коммерциализации научной разработки и вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот.



## **4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Для продвижения на рынок лактида, полученного с помощью процесса деполимеризации полилактида выберем методы коммерциализации научной разработки. Применительно к исследуемому процессу подходят такие методы коммерциализации, как торговля патентными лицензиями и организация собственного предприятия.

В результате торговли патентной лицензией производится передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. Запатентованный нами способ деполимеризации полилактида может заинтересовать заводы по переработке биополимеров. Продав им лицензию, в дальнейшем разработчик метода будем получать прибыль, которую он может направить на усовершенствование разработанной технологии.

Второй метод коммерциализации научно-технического исследования – организация собственного предприятия. Имея начальный капитал, возможна организация собственного предприятия по переработке полилактида, а точнее отходов из данного биополимера, технология переработки которого будет основана на собственных исследованиях.

## **4.2 Инициация проекта**

### **4.2.1 Цели и результат проекта**

В таблице 8 представлены заинтересованные лица проекта.

Таблица 8 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Поставщики отходов из полилактида	Решается экологическая проблема захоронения отходов, отходы из полилактида являются сырьем для получения ценного продукта – лактида.
Заказчики	Разработка позволяет получить лактид быстрее, в одну стадию, в свою очередь привычный способ получения лактида протекает в 5 стадий.
Общественность	Отходы из полилактида являются сырьем для получения

	вторичного полилактида, который, в свою очередь, может применяться для изготовления одноразовой посуды и упаковки. Изготовление пластиковой упаковки и одноразовой посуды из биорезорбируемого пластика позволяет уменьшить объемы полимерных отходов, утилизируемых человеком.
--	---

В таблице 9 представлены цели и результат проекта.

Таблица 9 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Определение оптимального катализатора используемого для проведения процесса деполимеризации полилактида
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка технологии получения лактида с помощью процесса деполимеризации полилактида в присутствии выбранного катализатора
Критерии приемки результата проекта:	Анализ полученных образцов: определение температуры плавления и кислотного числа, снятие ИК-спектров.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Определение оптимального катализатора используемого для проведения процесса деполимеризации полилактида
	Подбор оптимальной концентрации выбранного катализатора
	Полученные образцы должны иметь определенную степень чистоты и температуру плавления
	Разработанная технология получения лактида с помощью процесса деполимеризации полилактида

#### 4.2.2 Организационная структура проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта. Эта информация представлена в таблице 10.

Таблица 10– Рабочая группа проекта

№	ФИО,	Роль в	Функции	Трудоза
---	------	--------	---------	---------

п/п	основное место работы, должность	проекте		траты, час.
1	Волгина Т. Н., НИ ТПУ, доцент, к.х.н.	руководитель проекта	отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта	50
2	Раденков Т.А., ТПУ, каф. ЭБЖ, ассистент	эксперт проекта	проводит консультации в области социальной ответственности, безопасности жизнедеятельности и экологической безопасности	3
3	Креницына З.В., НИ ТПУ, доцент, к.т.н.	эксперт проекта	проводит консультации в области финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения	2
5	Когут С.В., ТПУ, каф. ИЯПР, ст. преп.	эксперт проекта	Консультирование по выполнению английской части	2
6	Прокудин И.А., ТПУ, каф. ТОВПМ, магистрант	исполнитель по проекту	проводит деполимеризацию полилактида, подбирает катализатор и его наиболее оптимальную концентрацию для проведения процесса, выполняет химические анализы на различном оборудовании, обрабатывает полученные данные, выдает результат	565
ИТОГО:				654

В таблице 11 представлены все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 11– Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	-
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.10.15-31.05.17
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.10.15
3.2.2 Ограничения по выполнению химического анализа на оборудовании	Загруженность оборудования другими сотрудниками кафедры



### 4.3.2 Бюджет научного исследования

#### 4.3.2.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 13.

Таблица 13– Группировка затрат по статьям

Статья затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	6428
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	5642000
Основная заработная плата	1306251
Дополнительная заработная плата	130625
Отчисления на социальные нужды	431062
Научные и производственные командировки	143687
Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	14368
Накладные расходы	1149500
Итого плановая себестоимость	8823921

В таблице 14 перечислены затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 14 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единицы измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Полилактид товарный	Пластик PLA REC, гранулы	1 кг	1933	1933
Отходы из полилактида	обрезки	1 кг	-	-
Катализатор ZnO	порошок	0,1 кг	1950	195
Катализатор Zn	порошок	0,1 кг	1500	150

Катализатор п-ТСФ	порошок	0,1 кг	100	10
Катализатор Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	порошок	0,1 кг	120	12
Катализатор C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>4</sub> Sn	жидкость	0,1 кг	990	198
Катализатор SnO	порошок	0,1 кг	1800	180
Катализатор Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	порошок	0,1 кг	150	15
Этилацетат	Марка А, жидкость	3 кг	97	291
Всего за материалы				5256
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				158
Итого по статье С <sub>м</sub>				6428

#### 4.3.2.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

В таблице 15 представлен расчет затрат по статье Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

Таблица 16 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования с НДС, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Колба круглодонная на 5 мл	10	0,03	0,3
2	Прямой холодильник ХТП-1-200	1	0,39	0,39
3	Аллонж АО-29/32-14/23	1	0,16	0,16
4	Колба плоскодонная на 10 мл	10	0,04	0,4
5	Вакуумный насос X-50-50	1	69	69
6	Фен технический MAKITA HG5012K	1	3	3
7	Термостат циркуляционный WCB-11	1	33	33

8	Прибор для определения точки плавления М-565	1	597	597
Всего за оборудование				703,25

### 4.3.2.3 Расчет основной заработной платы

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.3.2.3-1)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.3.2.3-2)$$

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

$T_{р}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (4.3.2.3-3)$$

где  $Z_{м}$  – 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;

$F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочего времени (таблица 17).

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистр
Календарное число дней	144	144
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	20	20
- праздничные дни	7	7
Потери рабочего времени		
- отпуск	-	-
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	117	117

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (7)$$

где  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

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

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад  $Z_b$  определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.



3) иные выплаты; районный коэффициент.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 18.

Таблица 18– Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б}$ , руб.	$k_p$	$Z_{м}$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	23264,86	1,3	26289,29	2516,58	6	14605,16
Магистрант	3000	1,3	3900	166,66	108	18000

#### 4.3.2.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (8)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 19 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 19 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	14605,16	18000
Дополнительная зарплата	2190,77	-
Итого по статье $C_{зп}$	16795,99	18000

#### 4.3.2.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (9)$$

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

$$C_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 16795,99 = 5072,37$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составлена калькуляция плановой себестоимости НИР, результаты приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Группировка затрат по статьям

	Руководитель	Магистрант
Зарплата, руб.	16795,99	18000
Отчисления на социальные нужды, руб	5072,37	-

#### 4.3.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где  $k_{\text{накл}} = 80 \%$  коэффициент накладных расходов.

Таблица 21 – Накладные расходы

	Руководитель	Магистрант
Зарплата, руб.	16795,99	18000
Накладные расходы, руб	13436	14400

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составлена калькуляция плановой себестоимости НИР, результаты приведены в таблице 22.

Таблица 22 - Группировка затрат по статьям

Сырье, материалы, специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды, руб.	Итого плановая себестоимость, руб.
12070	32605,16	2190,77	27836	5072,37	129543,6

### 4.3.3 Организационная структура проекта

В таблице 23 представлен выбор организационной структуры научного проекта.

Таблица 23 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

### 4.4. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.4-1)$$

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 (в т.ч. аналоги).

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (4.4-2)$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1. Продукт (лактид) удовлетворяет потребности потребителя	0,10	5	5	5
2. Получаемый в результате деполимеризации лактид соответствует требуемой чистоте	0,35	4	3	3
3. Энергосбережение	0,15	4	4	4
4. Простота проведения процесса	0,25	5	3	4
5. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1			
$I_{pi}$		4,35	3,50	3,75

$$I_{pi} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,35 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,5 = 4,35$$

$$I_{\text{Аналог 1}} = 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,35 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,5 = 3,50$$

$$I_{\text{Аналог 2}} = 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,35 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,5 = 3,75$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{финр.}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финр.}}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр.}}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{\text{финр.}}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad \text{и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}, \quad (4.4-3)$$

где  $\mathcal{E}_{cp}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{финр}^p$  – интегральный показатель разработки;  $I_{финр}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 25- Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель	1,00	0,75	0,85
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,35	3,50	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	4,35	4,67	4,41
4	Сравнительная эффективность проекта относительно собственной разработки	1,00	0,99	1,01
	Итого:	10,70	9,98	10,02

Представленные расчеты показывают, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности, более эффективным вариантом решения технической задачи, поставленной в магистерской диссертации, является собственная разработка, так как в совокупности интегральные показатели данного исполнения выше, чем у аналогов.

## Глава 5 Социальная ответственность

Социальная ответственность рассматривается как концепция, в рамках которой компании на добровольной основе интегрируют как социальную, так и экологическую политику в бизнес-операции и их взаимоотношения со всем кругом связанных с компанией организаций и людей.

Существует разделение социальной ответственности на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя социальная ответственность включает в себя такие факторы как безопасность труда, стабильность оплаты труда, наличие дополнительного медицинского и социального страхования сотрудников, обучение персонала, различные виды социальной поддержки работников. К внешней социальной ответственности можем отнести охрану окружающей среды, а также ответственность любой компании перед своими потребителями [83].

Целью и задачами работы является предоставление и выполнения безопасных условий для работы персонала.

Химическое производство относится к потенциально опасным отраслям промышленности, что приводит к профессиональным отравлениям и заболеваниям.

Развитие новшеств во многих областях науки и техники предусматривает использования в большинстве технологических процессов высоких температур, повышенного давления.

Безопасные условия эксплуатации современного химического предприятия неразрывно связаны с организацией производства. Поэтому выбор метода производства, разработку схемы технологического процесса (в лаборатории, на опытных установках, при проектировании и строительстве) и аппаратурное его оформление, размещение оборудования, внедрение средств механизации и автоматизации, организацию рабочих мест необходимо производить с учетом обеспечения всех условий безопасного труда на данном производстве и исключения вредных влияний на граждан. На предприятиях химической промышленности наряду с инструкциями по

производственным процессам такими же обязательными является технологический регламент [83].

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности считается одним из национальных приоритетов для сохранения человеческого капитала и рассматривается в неразрывной связи с решением задач по улучшению условий и охраны труда, промышленной и экологической безопасности.

Обеспечение совершенствования нормативной правовой базы в целях повышения эффективности систем оценки условий труда и улучшения здоровья работающих, выявления и оценки профессиональных рисков и управления ими, стимулирования работодателя к замещению рабочих мест с вредными условиями труда; принятие новых норм и правил и внесение изменений в действующие нормы и правила в сфере охраны труда, их гармонизацию с международными нормами является одним из главных принципов охраны труда для охраны труда Российской Федерации [82].

В данном разделе рассматриваются вопросы охраны труда, техники безопасности, охраны окружающей среды, связанные с получением лактида с помощью процесса деполимеризации полилактида, а также разрабатываются мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье работников лаборатории опасных и вредных факторов и создание безопасных условий труда для обслуживающего персонала.

В данной работе объектом исследований является химическая лаборатория органического синтеза и непосредственно рабочее место.

## **5.1. Анализ вредных и опасных факторов производственной среды**

### **Микроклимат**

Огромное влияние на функциональную деятельность человека, на его самочувствие и здоровье оказывают метеорологические факторы производственной среды: температура, влажность, скорость движение воздуха, т. е. производственный микроклимат, который зависит от физического состояния воздушной среды.



Отклонения в указанных метеофакторов от нормы ведет к быстрой утомляемости организма и снижению производительности труда. Для работы в условиях промышленной лаборатории необходимо устанавливать соответствующие санитарные нормы[77]:

- Температура воздуха в холодный и переходный период времени должна быть 16 – 22°C, в тёплый период- 18 – 25°C;
- Влажность воздуха не должна превышать 30 – 60 %;
- Скорость движения воздуха 0,2 – 0,5 м/с .

В лаборатории необходимо создание микроклимата путем обеспечения работы форточек, дверей, приточной вытяжной вентиляции. Кратность воздухообмена – отношение объема воздуха, подаваемого в помещение или удаляемого из него за 1 час, к объему помещения, – при сохранении комнатной температуры должна быть в пределах 4 – 6 час<sup>-1</sup>.

### **Освещение на рабочем месте**

Успешное выполнение рабочих операций требует рационального освещения помещений и рабочих мест, что часто достигается совмещением естественного и искусственного освещения.

Для снижения утомляемости работников и повышение их производительности в лаборатории необходимо предусмотреть возможность совмещенного освещения: естественного – за счет солнечного излучения (прямого и диффузно-рассеянного света небесного купола); искусственного – за счет источников искусственного света.

Нормы естественного освещения сводятся к нормированию коэффициента естественного освещения, и определяется санитарными нормами и правилами. Коэффициент естественного освещения КЕО рекомендован 1,2% [80].

Искусственное освещение рекомендовано устанавливать во всех основных и вспомогательных помещениях лаборатории. Для искусственного освещения нормируется параметр – освещенность. Освещенность для общего искусственного освещения рекомендована 400лк [78].

## **Вредные вещества**

Данная научно-исследовательская работа по теме: «Исследование процесса деполимеризации полимолочной кислоты и веществ на её основе» связана с химическими реактивами, электроприборами. Используются вредные и опасные химические вещества, при несоблюдении мер безопасности они могут причинить вред здоровью и угрозу жизни.

Независимо от проводимых работ в воздухе содержится доля вредных веществ, которая не превышает допустимые концентрации.

В лаборатории ТОВПМ большее количество работ связано с различными синтезами высокомолекулярных соединений, их очисткой и анализом. Поэтому доля вредных веществ, содержащихся в воздухе, не превышает норму.

В организации применяются в качестве сырья и получаются в виде готовых продуктов разнообразные химические вещества, которые оказывают вредное воздействие на организм человека. Попадая в организм человека, даже в небольших количествах, такие вещества могут вызвать острые или хронические отравления, профессиональные заболевания, а в тяжелых случаях – смерть.

Химические вещества проникают в организм различными путями: через органы дыхания, кожу и пищеварительный тракт. Наиболее опасно попадание в организм через органы дыхания вредных веществ, находящихся в туманообразном, парообразном или газообразном состоянии, которые затем непосредственно проникают в кровь.

Через пищеварительный тракт вредные вещества проникают главным образом при не соблюдении мер личной гигиены (прием пищи на рабочем месте, недостаточно чистое мытье рук перед едой), а также несоблюдения норм техники безопасности.

Причиной отравления может быть нарушение правил хранения и стирки спецодежды, спецобуви, предохранительных приспособлений.

Концентрация паров, газов, пыли химических веществ в воздухе

производственных помещений строго нормируется санитарными нормами. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ (ПДК) в воздухе рабочей зоны максимальны и их превышение не допускается. Эти нормы научно обоснованы. Даже длительное пребывание работающих в атмосфере, содержащей пары или газы ядовитых веществ, которые содержатся в воздухе в пределах нормы, безвредно и не вызывает каких-либо изменений в организме.

Основные химические вещества, используемые и получаемые в данной работе: полилактид, лактид, этилацетат, этанол, ацетон.

В соответствии с [79] все вредные и производственные факторы в лаборатории ТОВПМ исследуются и измеряются экспертами организации, проводящей специальную оценку условий труда.

По результатам проведения исследований (испытаний) и измерений вредных и (или) опасных производственных факторов экспертом организации – Томским Областным центром охраны труда, проводящей специальную оценку условий труда, осуществляется отнесение условий труда на рабочих местах по степени вредности и (или) опасности к классам (подклассам) условий труда.

Вещества, которые применялись непосредственно в лаборатории ТОВПМ для выполнения данной работы:

Этилацетат технический - по степени воздействия на организм человека относится к числу малоопасных веществ (4 класс опасности). Пары этилацетата раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. При действии на кожу вызывают дерматиты и экземы. ПДК в воздухе рабочей зоны 200 мг/м<sup>3</sup>.

Первая помощь при отравлении: пострадавшего нужно вынести на свежий воздух, обеспечить тепло, покой и дать успокаивающие средства.

К средствам защиты относятся халат для защиты, защитные очки, респиратор и перчатки.

Этиловый спирт по степени воздействия на организм человека относится к 4-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007.

Этиловый спирт – бесцветная легко воспламеняющаяся жидкость. Температура вспышки — не менее 13 °С, температура самовоспламенения не менее 404 °С, концентрированные пределы распространения пламени: нижний — 3.6 %, верхний - 19 % (по объему). Температурные пределы распространения пламени насыщенных паров спирта в воздухе: нижний - 11 °С, верхний 41 °С. Категория и группа взрывоопасной смеси этилового спирта с воздухом ПА-Т2. Определение проводят по ГОСТ 12.1.044.

Первая помощь при отравлении: пострадавшего нужно вынести на свежий воздух. Предельно допустимая концентрация (ГДК) паров этилового спирта в воздухе рабочей зоны производственных помещений — 1000 мг/м<sup>3</sup>.

К средствам защиты относятся халат для защиты, респиратор и перчатки.

Ацетон - C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O – бесцветная летучая легковоспламеняемая жидкость со специфическим запахом. Ацетон относится к 4 классу малоопасных веществ. Значительно раздражает слизистые оболочки, а длительное вдыхание больших концентраций паров приводит к возникновению воспаления слизистых оболочек, отёку лёгких и токсической пневмонии. Пары оказывают слабое наркотическое действие. При попадании внутрь вызывает состояние опьянения, сопровождаемое слабостью и головокружением, нередко с болями в животе.

При попадании ацетона внутрь пострадавшему необходимо промыть желудок, дать ему активированный уголь. При отравлении парами ацетона пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух.

Предельно допустимая концентрация в воздухе: 200 мг/м<sup>3</sup>.

Средства защиты: халат для защиты, защитные очки, респиратор и перчатки. Все работы с ацетоном проводятся с использованием приточно-вытяжной вентиляции вдали от огня и источников искрообразования. В производственных условиях соблюдается герметизация оборудования,

аппаратов, процессов слива и налива для исключения попадания паров ацетона в воздушную среду помещений.

При сливо-наливных операциях соблюдаются правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Лактид и полилактид являются безопасными биоразлагаемыми веществами, которые не представляют опасности для человека.

### **Расчет вентиляции лаборатории**

При работе с летучими вредными веществами, такими как метанол и формалин, необходимо наличие вытяжки.

Например, в воздух выделяются летучие растворители в количестве: этилацетат 354 г/ч, этанол - 124 г/ч, объем помещения – 300 м<sup>3</sup>.

Данные соединения обладают разнонаправленным действием, поэтому объемы потребного воздухообмена в каждом случае составляют:

$$L_{\text{этилацетат}} = \frac{q \cdot 10^3}{\text{ПДКр.з} - \text{ПДКн.м}} = \frac{354 \cdot 10^3}{250 - 0,55} = 1350,12 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (5.1)$$

$$L_{\text{этанол}} = \frac{q \cdot 10^3}{\text{ПДКр.з} - \text{ПДКн.м}} = \frac{124 \cdot 10^3}{310 - 34} = 654,98 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (5.2)$$

Так как  $L_{\text{общ.}} = L_{\text{max}} = L_{\text{этилацетат}} = 1350,12 \text{ м}^3/\text{ч}$  подсчитывается кратность воздухообмена по формуле:

$$K = \frac{L}{V_{\text{пом}}} = \frac{1350,12}{300} = 4,5 \text{ ч}^{-1} \quad (5.3)$$

Лаборатория относится к помещениям второй категории высотой менее 6-8 метров и кратность воздухообмена более 4,5 ч<sup>-1</sup> [77].

В лаборатории необходимо использовать подачу воздуха сверху вниз плоскими струями через перфорированные воздухораспределители или через щелевые выпуски.

### **Шум**

Шум в лаборатории создается реактором. Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха. Также при воздействии шума на человека снижает внимание и замедляет скорость психических реакций. В конечном итоге шумового загрязнения снижается производительность труда

и качество выполняемой работы, а также оно влияет и на общее самочувствие студента в целом.

Нормирование шума существует для того, чтобы предотвратить нарушение слуха и снижение работоспособности. Нормированным документом, регулирующим уровни шума для рабочих мест служебных помещений, является ГОСТ12.1.003-83 «ССБ. Шум. Общие требования безопасности».

На предприятиях уменьшение шума в источнике происходит в результате улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса. В лаборатории можно просто применить противозумные вкладыши (беруши), наушники.

### **Вибрация**

Вибрация – это механические колебания твёрдых тел – частей аппаратов, машин, оборудования, воспринимаемое организмом человека как сотрясения. Часто вибрации сопровождаются слышимым шумом.

Регламентируются гигиенические допустимые уровни вибрации [78]. Базовая частота предельного спектра для общей вибрации равна 63 Гц (95 дБ), для локальной – 125 Гц (110дБ).

Таким образом, в производственных условиях с целью предотвращения вредного воздействия шума и вибрации на организм человека необходимо всегда добиваться, чтобы уровни шума и вибрации не превышали допустимых значений [77]. Снижение шума и вибрации можно достичь следующими методами: уменьшение шума и вибрации в источнике их образования; изоляция источников шума и вибрации средствами звуковой и виброизоляции; применение средств индивидуальной защиты.

## **5.2. Анализ выявленных опасных факторов**

### **Электробезопасность**

Наибольшую опасность при эксплуатации электрических устройств и проведении ремонтно-профилактических работ представляет поражение

электрическим током вследствие присоединения к токоведущим частям аппаратуры и к частям прибора, находящимся под напряжением.

**Помещение лаборатории относится к категории по условиям опасности поражения электрическим током, без опасности поражения электрическим током, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность[78].**

Фактор поражения электрическим током требует проведения мероприятий по его устранению.

Мероприятия, проводимые для устранения факторов поражения электрическим током:

1) все лица, приступающие к работе с электрооборудованием, проходят инструктаж на рабочем месте, допуск к самостоятельной работе разрешается лишь после проверки знаний техники безопасности;

2) осуществляется постоянный контроль качества и исправности защитных приспособлений и заземлении, ремонтно-наладочные работы на действующих электроустановках производится только с использованием защитных средств;

3) эксплуатация электроустановок предусматривает введение необходимой технической документации; обеспечивается недоступность к токоведущим частям, находящимся под напряжением; корпуса приборов и электроустановок заземляются [79].

### **Пожарная и взрывная безопасность**

Одним из вероятных и наиболее разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте.

Возможные источники и причины пожара и взрыва может быть электрический ток, статическое электричество.

Таблица 26 – Легковоспламеняющиеся жидкости, используемые при проведении процесса

Наименование вещества	Температура кипения, °С	Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С
-----------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------

1	2	3	4
этанол	78	13	404
этилацетат	77	24	436

Существуют организационные и технические меры для устранения причин пожаров в помещении. К организационным мерам обеспечения пожарной безопасности могут относиться мероприятия режимного характера. К техническим мерам могут относиться современные автоматические средства сигнализации, автоматические стационарные системы тушения пожаров [82].

В случае пожара в лаборатории эвакуацию людей необходимо проводить согласно плану эвакуации изображенном на рисунке 27.

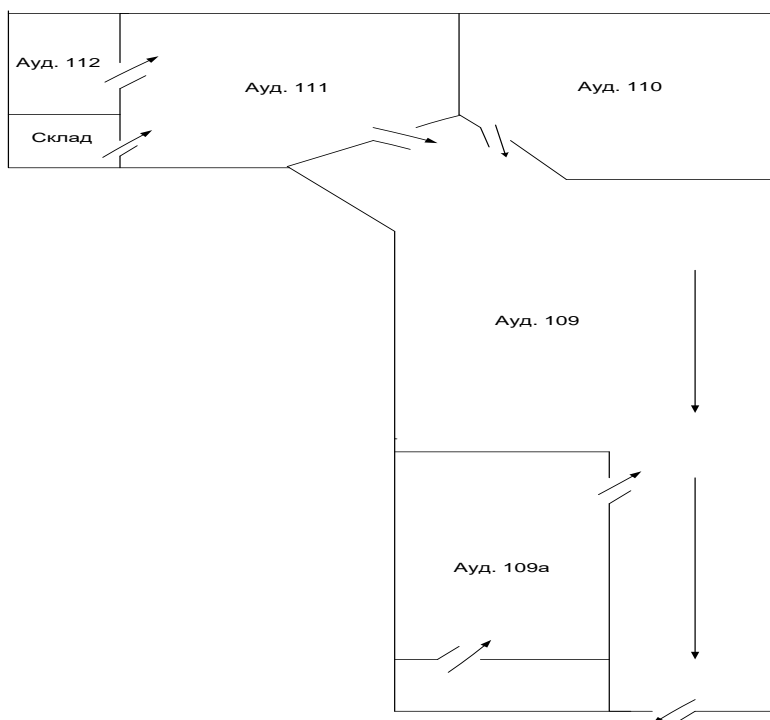


Рисунок 27 – План эвакуации

План эвакуации представляет собой документ, в котором должны быть указаны эвакуационные пути и выходы, а также должны быть установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий



обслуживающего персонала на объекте при возникновении чрезвычайной ситуации.

### 5.3 Охрана окружающей среды

Увеличивающееся влияние деятельности человека на окружающую среду стало одной из важнейших проблем, стоящих перед обществом.

Существует два подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- Путем максимально эффективной очистки свести к минимуму попадание вредных выбросов в окружающую среду,
- Создать замкнутую безотходную технологическую систему.

Для научно-исследовательской лаборатории наиболее применим первый путь.

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то мы ограничиваем количество используемых веществ.

Все выбросы в канализацию подвергают обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию.

Сточные воды, которые содержат органические вещества и неорганические соли, условно можно отнести к промышленным стокам, подлежащим биологической очистке.

Таблица 28 - Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при выполнении НИР

Природные ресурсы и компоненты окружающей среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Атмосфера	Выбросы вредных веществ,	Работа в вытяжном шкафу при

	связанные с переливанием, смешением, измерением объемов реактивов. При проведении фильтрования и перегонки	включенной вентиляции, обеспечение герметичной тары и установки с помощью посуды с притертыми шлифами
Гидросфера	Химическое загрязнение водотоков в при удалении органических отходов в канализацию, связанное с мытьем посуды, а также возникающее при экстракции из водных растворов.	Регенерация растворителей, отдельный сбор и хранение органических отходов в соответствующих сборниках. Нейтрализация кислых и щелочных стоков согласно инструкциям
Литосфера	Загрязнение почвы химическими соединениями	Захоронение отходов химреактивов в отведенных местах

Принятые в выпускной квалификационной работе организационные и технические решения, природоохранные мероприятия достаточны для соблюдения экологической безопасности.

#### **5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях**

Возможные чрезвычайные ситуации в зоне места проведения работы:

1. Техногенного характера: внезапное обрушение зданий, аварии на канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ, аварии на системах водоснабжения и теплоснабжения.

2. Природного характера: землетрясения, крупный град, сильная метель, сильный мороз, заморозки.

3. Биолого-социального и социального характера: инфекционные заболевания людей.

4. Экологического характера: критические ситуации, связанные с загрязнением окружающей среды, чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состояния гидросферы и биосферы [79].

#### **Производственная авария**

В результате производственной аварии в помещении лаборатории может возникнуть возгорание, прорыв отопительной системы, распространение ядовитых веществ и т.д. В этом случае необходимо эвакуировать персонал и студентов из лаборатории, локализовать распространение ядовитых веществ или пламени, вызвать спецслужбы, пострадавшим оказать первую помощь.

В случае, когда в лаборатории атмосфера оказалась заражена ядовитыми веществами, сотрудникам и студентам необходимо надеть противогазы и обесточить лабораторию. После дезактивации ядовитых веществ помещение лаборатории должно быть проветрено.

Если возникло возгорание в зависимости от объекта возгорания необходимо применять различные виды средств пожаротушения:

- В случае разлива и возгорания ЛВЖ и ГЖ необходимо засыпать их песком для ликвидации;
- Если возгорание распространилось на одежду можно применять воду;
- Если возгорание произошло вблизи работающей электроустановки необходимо применить порошковый огнетушитель;
- В случае возгорания лабораторных установок закрепленных на штативе необходимо воспользоваться асбестовым одеялом. [80]

### **Стихийное бедствие**

Если только возникает стихийное бедствие или военный конфликт сотрудники обесточивают лаборатории, перекрывают подачу воды и эвакуируются.

Наиболее характерные стихийные бедствия – наводнения, бури, ураганы, пожары. В лаборатории разработаны специальные мероприятия по ликвидации и уменьшения возможного ущерба имуществу и персоналу. К числу таких мероприятий относятся соблюдение специфических мер безопасности, оповещение сотрудников, специальная подготовка и оснащение помещений, оказание первой помощи пострадавшим. [81]

### **Социальный конфликт**

В случае возникновения военных (социальных) конфликтов и нападения противника в химической лаборатории выполняются следующие мероприятия:

- Удаление горючих веществ;
- Герметизация;
- Оклеивка окон от воздействия ударной волны.

В лаборатории четко разграничены и отработаны действия всех формирований гражданской обороны. В случае особого положения производится эвакуация сотрудников и ценного оборудования. [81]

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

### **Правила работы в химической лаборатории**

Широко известно, что многие органические вещества в определенной концентрации являются опасными для организма человека. Большинство химических соединений соединения способны вызывать отравления, а также обладают раздражающим действие при попадании на кожу или слизистые оболочки. Помимо этого, органические соединения являются огнеопасными и взрывоопасными.

При нарушениях правил работы в химической лаборатории могут иметь место:

- термические ожоги, полученные в процессе работы с горячими масляной, глицериновой и песочной банями;
- химические ожоги при попадании на кожу человека химических веществ.

Для предотвращения опасностей, связанных с эксплуатацией оборудования, работающих под давлением и обращением с вредными веществами, соблюдаются меры по минимизации чрезвычайных ситуаций: перед началом работы каждый сотрудник лаборатории проходит вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте. Работать имеют права лица, не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ; обученные безопасным приемам работы. Все работники снабжены средствами индивидуальной защиты (защитные очки, перчатки, халат) [782].

Для обеспечения нормальных метеорологических условий и поддержания теплового равновесия между теплом человека и окружающей средой в лаборатории проводится ряд мероприятий, основными из которых являются:

1. использование устройства общеобменной вентиляционной системы для удаления избыточного тепла и влаги;
2. использование кондиционера для поддержания необходимой температуры и влажности;
3. введение центрального отопления в холодное время года.

Разработка мероприятий для защиты от шума и вибрации согласно правилам по [84]

Снижение шума и вибрации достигается следующими методами:

- уменьшение шума и вибрации в источнике их образования;
- изоляция источников шума и вибрации средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств индивидуальной защиты (халат, резиновые перчатки, защитные очки).

Каждый работник получает туалетное мыло и жидкое моющее средство согласно [83].

Существует ряд правил работы в химической лаборатории, выполнение которых позволяет сохранить жизнь и здоровье работников лаборатории.

1. При выполнении работы в лаборатории необходимо использование личного хлопчатобумажного халата;
2. В рабочее время лаборатории должно находиться минимум два человека
3. Необходимо соблюдение чистоты, порядка, тишины и правил техники безопасности;
4. Работающему в лаборатории необходимо знать, где находятся средства противопожарной защиты: огнетушители, войлочное или

асбестовое одеяло, ящики с просеянным песком, а также аптечка для оказания первой помощи;

5. В лаборатории недопустимо курение, прием пищи;

6. Запрещается выливать в раковины остатки растворителей, щелочей, кислот, реакционных смесей, слезоточивых, а так же огнеопасных веществ. Данные вещества необходимо сливать в специально отведенную стеклянную посуду. Работы, при проведении которых может произойти загрязнение воздуха, необходимо выполнять только в вытяжном шкафу;

7. Запрещается пробовать вещества на вкус. Испытывать вещества на запах можно, осторожно направляя к себе пары легким движением руки;

8. Нельзя оставлять действующие приборы без присмотра;

Вся посуда для хранения веществ должна быть подписана.

Управление охраной труда регулируется международным стандартом [85], основной целью которого является защита работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Работа в химической лаборатории связана с контактом с опасными и вредными веществами. Для устранения и контроля воздействия вредных веществ разработаны приказы помогающие сохранить здоровье человека.

При работе с вредными веществами, необходимо проходить плановый медосмотр раз в два года. Также всем работающим во вредных условиях должно выдаваться бесплатно по установленным нормам молоко или другие равноценные продукты.

Во избежание несчастных случаев в лаборатории необходимо соблюдение чистоты, порядка, тишины и правил техники безопасности.

## Выводы

1. Установлено, что в качестве катализатора для процесса деполимеризации полилактида использование октоата олова является наиболее целесообразным.

2. Определено, что наиболее оптимальная концентрация выбранного катализатора-октоата олова равна 1,5 %(масс.).

3. Температура плавления образцов, полученных в присутствии катализатора октоата олова равна справочной температуре L и D –лактида, которые являются целевыми продуктами данного процесса.

4. Установлено, что дополнительная перекристаллизация с подогревом раствора не влияет на степень чистоты полученных образцов.

5. Предложена принципиальная технологическая схема получения лактида с помощью процесса деполимеризации полилактида.

6. Проведена оценка экономической эффективности установки и проанализировано воздействие разработанных аспектов инновационной инженерной деятельности с точки зрения социальной ответственности на человека и окружающую среду.8. Предложена принципиальная технологическая схема получения лактида с помощью процесса деполимеризации полилактида.

### **Список публикаций студента**

1. Прокудин И.А. Выбор условий проведения процесса деполимеризации полилактида // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 17-20 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016.



