

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01. Химическая технология
Кафедра физической и аналитической химии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Синтез сополимеров молочной кислоты и капролактама в условиях микроволнового облучения

УДК 54.057:661.124:661.746.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Г	Гуляев Роман Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Губа Г.Я.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Пестряков А.Н.	д.х.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<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 социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в

	вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Кафедра физической и аналитической химии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Пестряков А.Н.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Выпускной квалификационной работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Г	Гуляеву Роману Олеговичу

Тема работы:

Моделирование работы промышленной установки каталитического крекинга Павлодарского нефтеперерабатывающего завода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.);</i>	Объект исследования – сополимер олигомера молочной кислоты и капролактама
---	--

<i>вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>		
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>		Аналитический обзор литературы Объекты и методы исследования Экспериментальные результаты и их обсуждение Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность Заключение по работе
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна, к.э.н., доцент менеджмента	
Социальная ответственность	Ахмеджанов Рафик Равильевич, д.б.н., доцент кафедры ЭБЖ	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	1.09.2015 г.
--	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ФАХ	Губа Г.Я.	к.х.н., доцент		1.09.2015

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Г	Гуляев Роман Олегович		1.09.2015

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



Институт	Институт Природных Ресурсов
Направление подготовки (специальность)	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Физической и аналитической химии
Период выполнения	(осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Г	Гуляеву Роману Олеговичу

Тема работы:

Синтез сополимеров молочной кислоты и капролактама в условиях микроволнового облучения	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

<i>Бакалаврская работа</i>
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических,	Работа с литературными данными, представленными в российских и

энергетических, финансовых, информационных и человеческих	иностраннных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований, предъявляемых к проекту.
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки экономической эффективности производства сополимера стирола и акрилонитрила

Перечень графического материала:
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 6. Сравнительная эффективность разработки

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Рыжакина Т. Г.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Г	Гуляев Роман Олегович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Г	Гуляев Роман Олегович

Институт	ИПР	Кафедра	ФАХ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология/Химическая технология синтетических биологически активных веществ, химико-фармацевтических препаратов и косметических средств

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – сополимер олигомера молочной кислоты и капролактама Рабочая зона – научно-исследовательская лаборатория НИ ТПУ Область применения – химическая промышленность, медицина
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники,	1.1. Выявление вредных факторов в научно-исследовательской лаборатории (при разработке и эксплуатации научного исследования: - вредные вещества, освещение, производственный шум; - физико-химическая природа вредности веществ и их связь с разрабатываемой темой; - действие вредных веществ на организм (молочная кислота, бензиловый спирт, трет-бутиловый спирт) (ГН 2.2.5.1313-03, СанПиН 2.1.6.1032-01); - предлагаемые средства защиты для работы в научно-исследовательской
---	---

средства защиты; – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	лаборатории: 1. коллективная защита - работа под вытяжным шкафом; 2. индивидуальные средства защиты - одноразовые перчатки, халат, респиратор; 1.2. Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования: - микроклиматические условия (СанПиН 2.2.4.548-96); - термическая опасность (оборудования с повышенной температурой); - электробезопасность (наличие химически активной и органической среды, разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования) (ГОСТ 12.1.013-98); - пожаровзрывоопасность (оборудования, работающие под давлением и наличие легковоспламеняющихся жидкостей) (ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 02.07.2013)); - воздействие электромагнитных полей радиочастот (ГОСТ 12.1.006–84 ССБТ).
2. Экологическая безопасность: – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	- вредные вещества, которые выделяются или используются вовремя эксперимента через вентиляционную систему (СанПиН 2.1.6.1032-01); - химическое загрязнение водотоков в результате удаления неорганических и органических отходов в канализационную сеть (ГОСТ 11.3.06-827, ГОСТ 17.1.3.13-86); - разработаны решения по обеспечению экологической безопасности
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;	- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения-пожар, взрыв, разрушения зданий в результате разрядов атмосферного

– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	<i>электричества, ураган, землетрясения;</i> <i>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий:</i> <i>1. использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла</i> <i>2. в случае стихийных бедствий отключение воды и электричества</i> <i>3. организационная эвакуация работающих;</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<i>- "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014)</i> <i>-организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, проветривание, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ ИНК	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Г	Долгов Илья Русланович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа изложена на 98 страницах, содержит 29 рисунков, 22 таблицы, 94 источников литературы.

Ключевые слова: биоразлагаемые полимеры, биополимеры, полимолочная кислота, олигомер молочной кислоты, ИК-спектроскопия, ЯМР-спектроскопия, капролактамы, сополимер, микроволновое облучение

Объект исследования: олигомер молочной кислоты, капролактамы, октаноат олова, бензиловый спирт, третбутиловый спирт.

Предмет исследования: исследование влияние мощности микроволнового облучения (МВО), времени синтеза, природы сокатализатора на сополимеризацию олигомера молочной кислоты и капролактама.

Изучение физико-химические свойства синтезированных продуктов.

Цель работы – Синтез сополимеров полимолочной кислоты (ПМК) с капролактамом (КПЛ) в условиях микроволнового облучения для медицинского применения.

В процессе работы проводились эксперименты по синтезу сополимеров олигомеров полимолочной кислоты и капролактама в условиях МВО при различных мощностях под влиянием катализаторов разной природы.

Результаты исследования могут быть использованы для дальнейшей разработки технологии получения сополимера олигомера полимолочной кислоты и капролактама медицинского назначения.

Выпускная квалификационная работа выполнена на кафедре ФАХ.

Руководители: к.х.н, Г.Я. Губа.

Выполнил: бакалавр группы 2Д2Г Р.О. Гуляев.

Условные обозначения и сокращения

МК – молочная кислота

КПЛ – капролактамы

ОМК - олигомер молочной кислоты

МВО – микроволновое облучение

ОМК-КПЛ – олигомер молочной кислоты с капролактамом

Содержание

	Введение	17
Глава 1	Литературный обзор	19
1.1	Общие сведения о сополимерах молочной кислоты и капролактама	19
1.1.1	Физико-химические свойства полимолочной кислоты	20
1.1.2	Полимеризация капролактама	20
1.1.3	Синтез полимолочной кислоты	24
1.1.4	Синтез сополимеров олигомеров молочной кислоты и капролактама	29
1.2	Катализаторы синтеза сополимеров олигомеров молочной кислоты и капролактама	31
1.3	Применение сополимеров молочной кислоты в медицине	32
1.4	Теоретические основы микроволнового синтеза	32
1.5	Микроволновой синтез биоразлагаемых полимеров	33
Глава 2	Экспериментальная часть	36
2.1	Характеристика объектов обследования	36
2.2.1	Микроволновой метод синтеза олигомера молочной кислоты и капролактама	38
2.2.2	Микроволновой метод синтеза сополимеров олигомера молочной кислоты и капролактама	38
2.2.3	Вискозиметрический метод определения молекулярной массы полимеров	39
2.2.4	Метод инфракрасной спектроскопии	42
2.2.5	Метод ^1H ЯМР-спектроскопии	44
2.2.6	Методика гидролитической устойчивости	44
Глава 3	Результаты и их обсуждения	45
3.1	Влияние времени, природы сокатализатора и мощности	45

	микроволнового облучения (МВО) на сополимеризацию ОМК и КПЛ	
3.2	Изучение ИК спектральных и ^1H ЯМР характеристик сополимеров олигомеров молочной кислоты и капролактама	47
3.3	Гидролитическая устойчивость сополимеров олигомеров молочной кислоты и капролактама	53
Глава 4	Социальная ответственность	54
4.1	Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды	55
4.1.1	Микроклимат производственной зоны	58
4.1.2	Система освещения	59
4.1.3	Электробезопасность на рабочем месте	61
4.1.4	Виброакустические факторы	62
4.1.5	Правила безопасности при проведении эксперимента	63
4.1.6	Пожарная безопасность	63
4.2	Безопасность жизнедеятельности при чрезвычайных ситуациях	65
4.3	Охрана окружающей среды	66
Глава 5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
5.1	Потенциальные потребители результатов исследования	68
5.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	69
5.3	SWOT-анализ	71
5.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации	72
5.5.	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	75
5.6	Диаграмма Исикава	75
5.7	Планирование управления научно-техническим проектом	77

5.7.1	Организационная структура проекта	77
5.7.2	План проекта	77
5.8	Бюджет научного исследования	79
5.9	Оценка ресурсоэффективности	85
5.9.1	Оценка сравнительной эффективности исследования	85
	Выводы	90
	Список используемых источников	91

Введение

Производство и потребление биоразлагаемых полимеров на основе возобновляемых ресурсов растительного происхождения безусловно имеют высокую социальную, техническую и экономическую эффективность [1-3].

Биоразлагаемые полимеры на основе полимолочной кислоты (ПМК) широко используются в медицинских целях, в частности, для контролируемой доставки лекарств, тканевой инженерии и т.д [7].

Сополимеризация мономеров является одним из методов синтеза полимеров с заданными свойствами и улучшенными физико-химическими характеристиками [8].

Применение сополимеров ПМК в медицине обусловлено, в первую очередь, такими уникальными свойствами, как биосовместимость и биodeградация.

Наличие хирального атома углерода в сополимере ПМК приводит к образованию стереоизомеров, обладающих различными физико-химическими и биологическими свойствами [1, 3-4].

Следует отметить, что для применения в медицинских целях и в фармакологии не всегда требуется высокий молекулярный вес полимеров [1, 5,6].

Процесс синтеза ПМК в обычных термических условиях является длительным процессом и требует повышенных температур [6].

Микроволновой синтез (МВО) стремительно развивается в настоящее время и является одной из основных тем в «зеленой химии», поскольку позволяет исключить использование растворителей [32]. При использовании МВО в процессах полимеризации наблюдается многократное сокращение времени протекания химических реакций и увеличение молекулярного веса [9].

Цель данной работы Синтез сополимеров полимолочной кислоты (ПМК) с капролактамом (КП) в условиях микроволнового облучения.

Основные задачи:

-Провести сополимеризацию олигомеров молочной кислоты с капролактамом в условиях микроволнового облучения.

Исследовать влияние на сополимеризацию олигомера молочной кислоты и капролактама:

- мощности микроволнового облучения (МВО);
- времени синтеза;
- природы сокатализатора.

Изучить физико-химические свойства синтезированных продуктов.

Научная новизна

Впервые показана возможность синтеза сополимеров молочной кислоты с капролактамом в условиях микроволнового облучения.

Установлено, что процесс получения олигомера и последующая реакция полимеризации молочной кислоты в условиях микроволнового облучения протекает в 10-15 раз быстрее, чем при обычном термическом нагревании.

Показано, что при использовании в качестве катализатора октата олова третбутиловый спирт является более эффективным сокатализатором в реакциях сополимеризации олигомера молочной кислоты и капролактама в условиях микроволнового облучения по сравнению с бензиловым.

Изучена гидролитическая устойчивость синтезированных сополимеров в воде с рН 5,5. Показано, что рН воды не изменяется в течение 22 дней, а образец сополимера ОМК-КПЛ при этом поглощает воду.

Практическая значимость.

Полученные результаты представляют значительную практическую ценность для синтеза образцов сополимера ОМК-КПЛ в условиях МВО, требуемого для медицинских целей и фармакологии. Для этого необходимо провести дополнительные исследования для определения оптимальных условий синтеза.

Разработка и внедрение методов синтеза сополимера ОМК-КПЛ в условиях МВО могут стать незаменимой технологией при синтезе ПМК для нужд медицины.

1. Обзор литературы

1.1 Общие сведения о сополимерах молочной кислоты и капролактама.

Полилактид (PLA) является перспективным биоразлагаемым полимером. Данный материал обладает способностью к деструкции под воздействием ряда факторов окружающей среды, в том числе биогенных. Физико-механические показатели PLA позволяют ему конкурировать с традиционными полимерами. PLA представляет значительный интерес, как новый вид сырья для производства поли- и монофиламентных нитей, гофрированных и негофрированных волокон, бикомпонентных волокон и т.д. [30]. Более широкое использование PLA для этих целей позволит решить проблему утилизации полимерных отходов.

Другими, не менее важными областями применения PLA материалов является медицина. Это связано с абсолютной биобезопасностью и биосовместимостью PLA, способностью его прогнозируемо биodeградировать в тканях живых организмов [29].

Наравне с гомополимером PLA большой интерес также представляют сополимеры на основе МК. Введение сомономеров в первичную структуру PLA позволяет модифицировать его эксплуатационные характеристики. Соплимеры МК могут быть получены как варьированием соотношения изомеров, образующих полимерные цепи, так и введением в реакционную среду (РС) других бифункциональных соединений (гидроксикислот, аминокислот и других)[10]. Прежде всего, это позволяет регулировать температуры стеклования (T_g), плавления (T_m), максимальной скорости кристаллизации (T_{cr}) и размягчения (начала интенсивного течения (T_g)), скорость деструкции и растворимость полимера. Например, сополимеры на основе капролактона и лактида широко используются для получения рассасывающихся шовных хирургических нитей и имплантатов с регулируемой скоростью разложения в организме [28]. Получение сополимера молочной кислоты и капролактама позволяет улучшить свойства кислоты, увеличить молекулярную массу, гидролитическую устойчивость [11].

1.1.1 Физико-химические свойства полимолочной кислоты.

Молочная кислота E270 (e270) - хорошо растворима в воде и спиртах; среднерастворима в эфире; нерастворима в жирных растворителях. Доля полимолочной кислоты, % 0,2 0,5 30 Плотность 1,05 1,09 1,20.

Молочная кислота E270 природный источник - во многих фруктах, винах, простокваше, кислой капусте; при физической нагрузке образуется в мышцах. E270 молочная кислота спецификации [31].

Метаболизм и токсичность - D-Молочная кислота усваивается с выделением около 3 ккал/г [33].

Молочная кислота E270 по гигиеническим нормам ДСП не определена. Степень опасности по ГН-98: ПДК в воде 0,9 мг/л, класс опасности 4.

Молочная кислота в товарной форме E270 - препараты концентрации 20-99%; с увеличением концентрации возрастает доля полимолочной кислоты.

Окисление молочной кислоты обычно сопровождается разложением. При действии HNO_2 или O_2 воздуха в присутствии Cu или Fe образуются HCOOH , CH_3COOH , $(\text{COOH})_2$, CH_3CHO , CO_2 и пировиноградная кислота.

Восстановление молочной кислоты HI приводит к пропионовой кислоте, а восстановление в присутствии Re-черни - к пропиленгликолю.

Молочная кислота дегидратируется до акриловой кислоты, при нагревании с HBr образует 2-бромпропионовую кислоту, при взаимодействии Ca-соли с PCl_5 или SOCl_2 - 2-хлорпропионилхлорид.

В присутствии минеральной кислоты происходит этерификация молочной кислоты с образованием лактона, а также линейных полиэфиров.

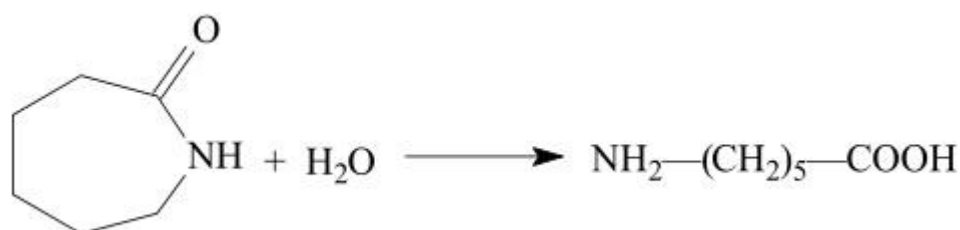
Соли и эфиры молочной кислоты называются лактатами [13]

1.1.2 Полимеризация капролактама.

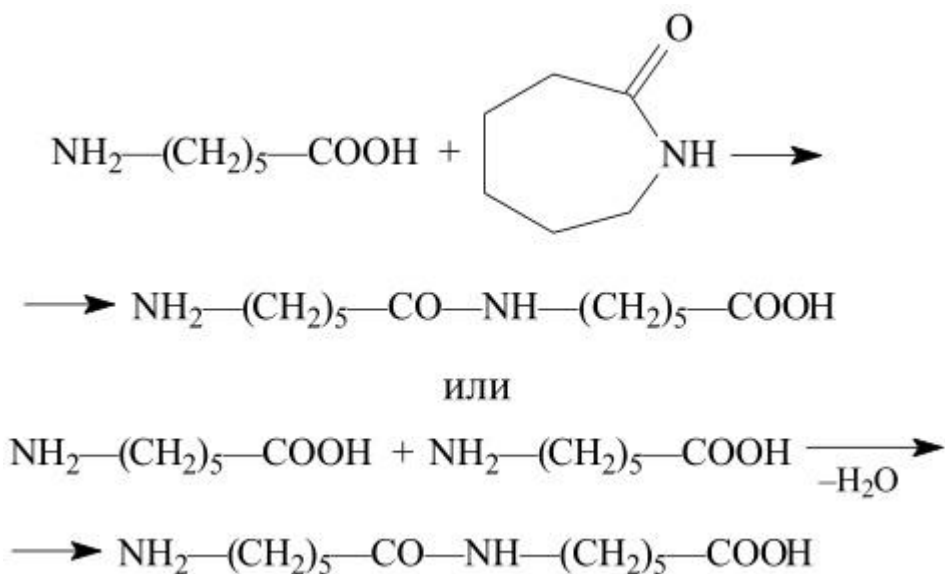
Полимеризация капролактама представляет собой сложный процесс, протекающий одновременно по нескольким направлениям, причем значимость каждого из этих направлений в ходе процесса меняется [14]. Так, на первой стадии полимеризации преобладают реакции присоединения лактама к тем или иным компонентам каталитической системы, а на второй стадии — процессы

поликонденсации и обмена образовавшихся макромолекул друг с другом, осложненные равновесием «цикл—цепь». Процесс полимеризации капролактама ускоряют вода, соли аминов, гидроксиды и аминокислоты, минеральные кислоты, щелочные металлы, их соли и гидроксиды и многие другие вещества, способствующие раскрытию циклической молекулы капролактама [34]. Процесс полимеризации капролактама проходит по механизму гидролитической полимеризации, который включает три стадии:

1) раскрытие цикла (Рисунок 1)

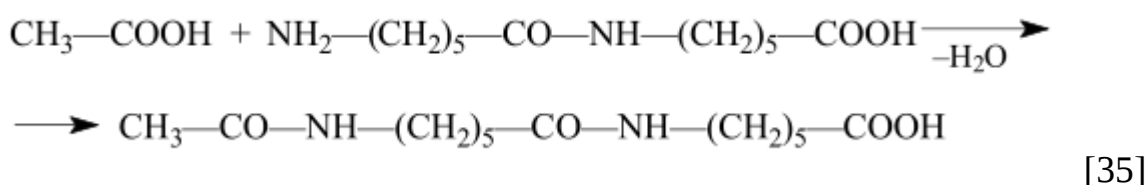


2) рост цепи (Рисунок 2)



3) обрыв цепи. (Рисунок 3)

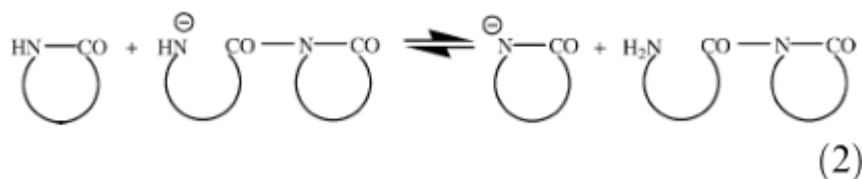
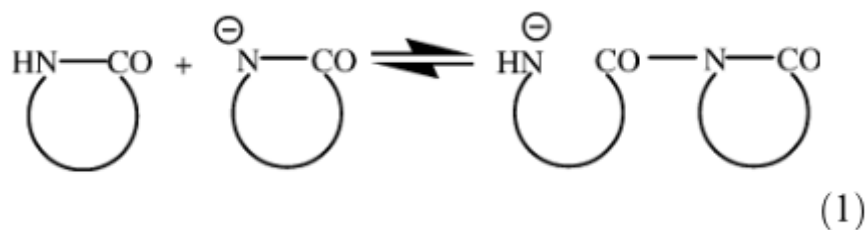
Обрыв цепи осуществляется за счет взаимодействия концевой функциональной группы ($-\text{NH}_2$ или $-\text{COOH}$), например, с уксусной кислотой:



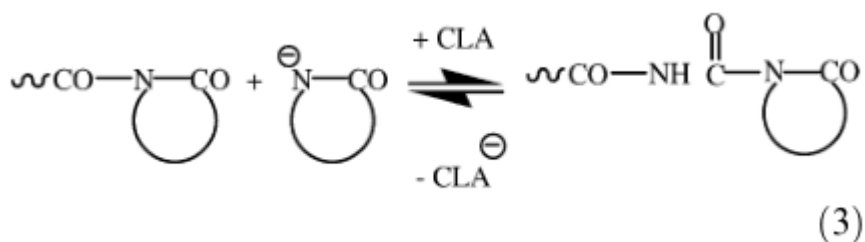
Отметим, что лактамный цикл не раскрывается в реакциях алкилирования, ацилирования, галогенирования, нитрозирования и при различных превращениях, в которых участвует карбонильная группа [36].

Избежать присутствия в полиамиде незаполимеризовавшегося мономера или низкомолекулярных фракций — олигомеров невозможно, причем остаточное содержание капролактама в полимере увеличивается с повышением температуры [37].

Анионная полимеризация ϵ -капролактама требует присутствия анионостабилизированного активированного мономера, т.е. лактамного аниона [38]. По реакции капролактама и КПЛ-аниона, структуру неионного центра роста полимеризации можно представить следующими схемами (1) и (2): (Рисунок 4)



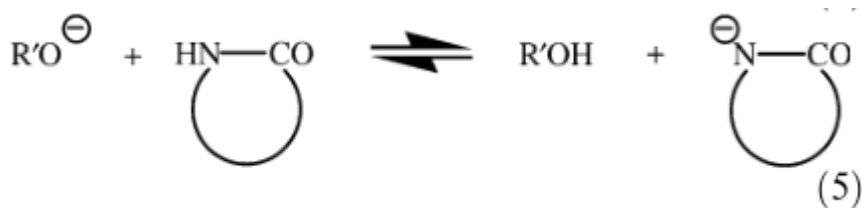
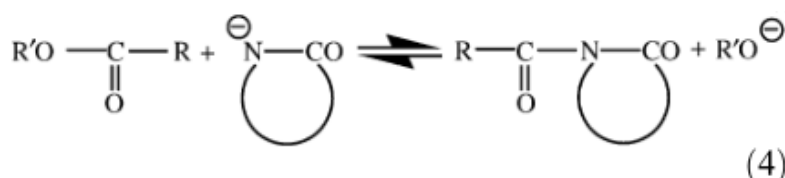
Скорость реакции в соответствии со схемой (3) приблизительно на порядок выше, чем в иницированных схемах (1) и (2) (Рисунок 5) [38].



Полимеризация может быть ускорена добавлением веществ, имеющих структуру прямых активаторов или путем формирования структуры анионостабилизированного активированного мономера на месте через реакцию лактама с ангидридами, хлоридами, сложными эфирами [2,3].

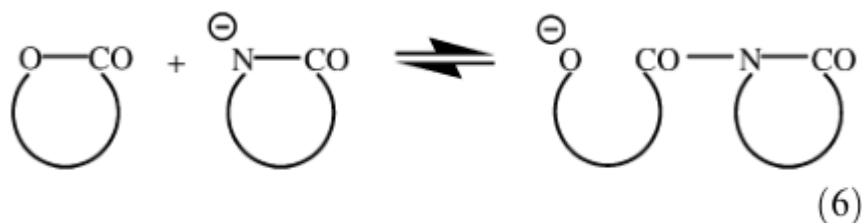
Таким образом, самые медленные реакции в системе являются реакции, протекающие по схемам 1 и 2. Эти вещества могут служить активаторами анионной полимеризации.

Активационный эффект алифатических и ароматических углеводородов, сложных эфиров состоит в ацилировании лактамным анионом и центром роста анионостабилизированного активированного мономера по схеме (4). Реакция сопровождается нейтрализацией алкоксигруппы аниона по схеме (5) (Рисунок 6) [41].

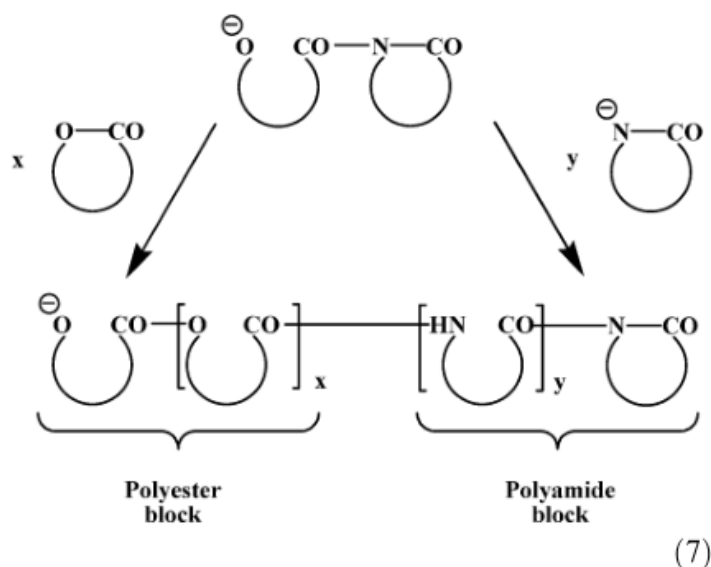


Точно так же, циклоалифатические эфиры действуют как эффективные активаторы [42,43].

В отличие от выше упоминавшихся эфиров, продукт с низкой молекулярной массой полученный во время стадии ацилирования (схема (6)) и алкоксианион связан с растущей полимерной цепью (Рисунок 7) [46].



N-ацил структура представляет собой центр роста для последующей полимеризации лактама, в то время как оксианион является центром инициации для полимеризации лактонов (схема (7).) (Рисунок 8) [44].



В литературе изучено взаимодействие полимеров поли [(ε-капролактама) -и- (ε-капролактона)] за счет сополимеризации ε-капролактона и ε-капролактама [44,45]. Однако никаких кинетических данных касательно эффектов активации лактонов и алифатических эфиров на анионной полимеризации в литературе не доступны.

1.1.3 Синтез полимолочной кислоты.

Полимолочная (полиоксипропионовая) кислота представляет собой термопластичный сложный полиэфир

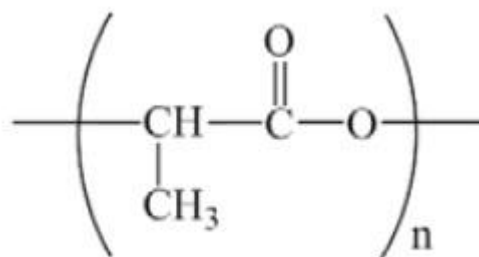


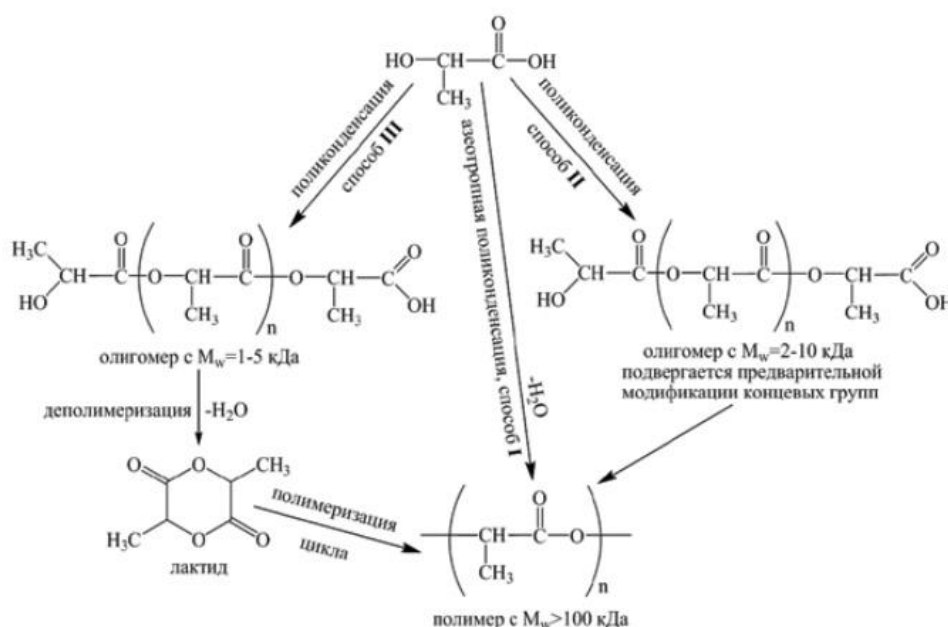
Рисунок 9– структурная формула полимолочной кислоты.

Термопластичный сложный полиэфир является одним из самых широко применяемых полимеров для создания микроносителей лекарственных средств. Низкая токсичность, превосходная

биологическая совместимость и отсутствие воспалений при контакте с живыми организмами, а также хорошие механические свойства делают полимолочную кислоту привлекательной для фармацевтической промышленности, в том числе для создания пролонгированных систем.

Полимолочную кислоту используют для микроинкапсулирования лекарственных веществ различной природы. Основным мономером для синтеза полимолочной кислоты является молочная (2-гидроксипропионовая) кислота, существующая в двух оптически активных конфигурациях. L(+)-изомер вырабатывается человеческим организмом и организмами других млекопитающих; бактериальные системы (например, *Lactobacilli*) способны вырабатывать как D(–), так и L(+)-энантиомеры [16]. Синтез полимера ведут, как правило, либо из L(+)-молочной кислоты, либо из рацемической смеси D(–) и L(+) изомеров.

Синтез полимолочной кислоты можно проводить тремя основными способами (Рисунок 10).



(Рисунок 11)—схемы синтеза полимолочной кислоты [17].

В основе их, по крайней мере, на начальной стадии лежит поликонденсация молочной кислоты [55]. Этот процесс – равновесный, и без специальных условий (в частности, удаления реакционной воды) можно получить только

хрупкий стеклообразный олигомер с неудовлетворительными физико-механическими характеристиками.

В то же время удаление реакционной воды азеотропным способом (азеотропной поликонденсации) позволяет синтезировать полимолочную кислоту с достаточно высокой молекулярной массой из молочной кислоты напрямую (способ I). Этот метод сравнительно недорог, не требует каких-либо специальных добавок, однако в получаемом полимере могут содержаться примеси токсичного катализатора. От следов этого катализатора избавляются осаждением или фильтрованием после добавления сильных кислот (например, серной).

В основе других способов (II и III) получения полимолочной кислоты с высокой молекулярной массой лежит предварительный синтез олигомера с достаточным количеством концевых гидроксильных и карбоксильных групп [54]. Так, по способу II полимолочную кислоту ($M_w > 100$ кДа) синтезируют из олигомера с $M_w = 2 \div 10$ кДа и модифицированными концевыми группами. Для этого из продукта поликонденсации молочной кислоты добавляют олигомер с концевыми гидроксильными группами, или олигомер с концевыми карбоксильными группами [56].

Олигомер с концевыми гидроксильными группами синтезируют с использованием малых количеств полифункциональных ОН-содержащих веществ (2-бутен-, 4-диол, глицерин или 1,4-бутандиол [16]). Олигомеры с концевыми карбоксильными группами синтезируют при добавлении малых количеств карбоновых кислот (малеиновой, янтарной, адипиновой [17]) или их ангидридов (малеинового или янтарного). Полученные олигомеры подвергают поликонденсации с олигомером молочной кислоты, и молекулярная масса продукта складывается из молекулярных масс прореагировавших олигомеров и зависит от их мольного соотношения. Способ II более дорог, чем способ I, но в случае применения специфических добавок, нейтрализующих или удаляющих нежелательные примеси и побочные продукты синтеза [16], можно получить

высокоочищенный полимер без остаточных металлов, катализаторов и низкомолекулярных фракций [53].

Согласно способу III из предварительно синтезированного и очищенного олигомера с $M_w = 1 \div 5$ кДа путем деполимеризации при пониженном давлении получают циклический лактид. Затем этот лактид подвергают полимеризации, в результате которой цикл лактида раскрывается и получается высокомолекулярная полимолочная кислота [51-54]. Полимеризация лактидного цикла может протекать как по катионному, так и по анионному механизму [16]. Катионную полимеризацию лактидов обычно проводят при катализе сульфокислотами [16] или тетрафенилоловом [17], а анионную – при катализе алкоксидами [16]. В качестве агента, контролирующего молекулярную массу полимера, можно использовать лауриловый спирт [17].

В настоящее время лактидный способ синтеза является основным промышленным способом, позволяющим получать чистую высокомолекулярную (до $M_w > 300$ кДа) полимолочную кислоту [16], тогда как молекулярная масса продукта прямой поликонденсации молочной кислоты намного меньше [68]. В связи с этим некоторые исследователи различают собственно полимолочную кислоту (низкомолекулярный продукт поликонденсации собственно молочной кислоты) и полилактид (высокомолекулярный продукт полимеризации циклического лактида), однако широко такая терминология не принята [54].

Высокомолекулярная полимолочная кислота представляет собой бесцветный стеклоподобный полимер со свойствами, напоминающими полистирол [16]. PLA нерастворим в воде, этаноле и метаноле, но растворяется в некоторых органических растворителях (метиленхлорид, четыреххлористый углерод, хлороформ, ацетон, диоксан, этилацетат, бензол, тетрагидрофуран) [17]. Вопрос о растворимости в ацетонитриле неоднозначен: согласно PLA в нем растворяется, а по данным [16] – нет. Температура термодеструкции PLA превышает 200°C [17].

Полимолочная кислота известна в трех изомерных формах: D(–), L(+) и мезо-полимолочная кислота. Существует также рацемическая смесь (D, L).

Тип изомера определяет многие свойства этого полимера, в частности кристалличность и условия растворения в органических растворителях. Полимолочная кислота может находиться в кристаллическом либо аморфном фазовом состоянии [51]. По данным рентгенографического анализа L-PLA, полимолочная кислота, синтезированная из оптически активного L-изомера, представляет собой частично кристаллический полимер, а D,L-PLA, полученная из рацемической смеси, аморфна [17].

Степень кристалличности L-PLA высока и составляет более 80% [16], а равновесная температура плавления чистого кристаллического L-PLA $T_m = 207^\circ \text{C}$ [17]. Однако вследствие наличия примесей, дефектных кристаллов и возможной рацемизации на практике обычно определяют заниженную величину $170\text{--}180^\circ \text{C}$ [16].

Интересно, что в смеси чистых L-PLA и D-PLA происходит стереокомплексобразование с образованием рацемических кристаллов ($T_m = 230^\circ \text{C}$), механические свойства которых превосходят свойства чистых энантиомеров. С другой стороны, введение рацемической D,L-PLA в высоkokристаллическую L-PLA приводит к заметному падению и температуры стеклования, и температуры плавления [54].

Таблица 1– температуры плавления и стеклования.

Содержание D,L-PLA в смеси с L-PLA, %	$T_g, ^\circ\text{C}$	$T_m, ^\circ\text{C}$
0	63	178
5	59	164
10	56	150
15	56	140
20	56	125*

*сопровождается механической кристаллизацией.

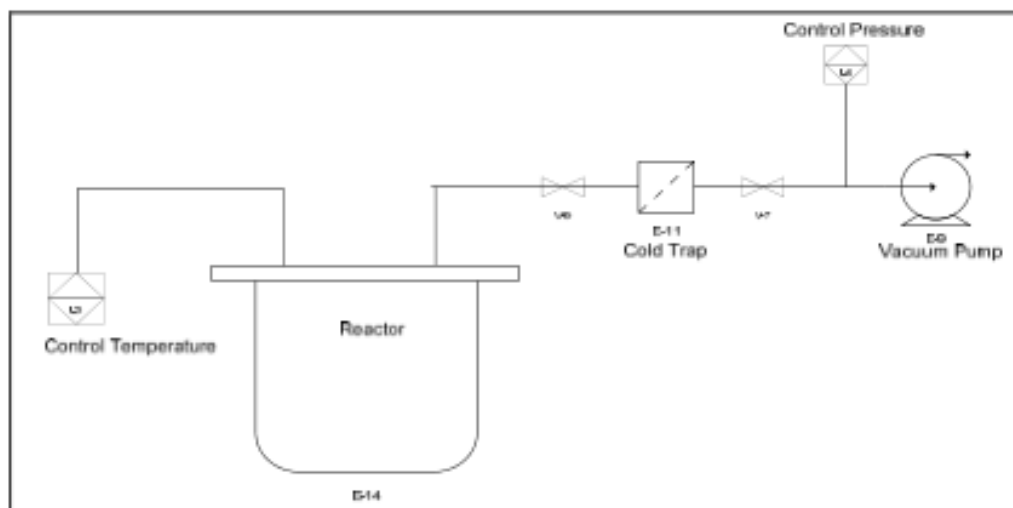
Важнейшим фактором, влияющим на температуры стеклования и плавления PLA, является ее молекулярная масса [16].

1.1.4 Синтез сополимеров олигомеров молочной кислоты и капролактамом.

Сополимеры олигомеров молочной кислоты и моноамида были синтезированы из олигомеров полимолочной кислоты и капролактама с использованием хлорида олова (II) в качестве катализатора. Синтезированные сополимеры осаждали в метаноле. Синтезы были проведены с использованием двух способов [18].

В первом способе процесс сополимеризации проводили при атмосферном давлении с использованием хлорида олова (II) в качестве катализатора при температуре 120 °C и 180 °C в течение 5 часов.

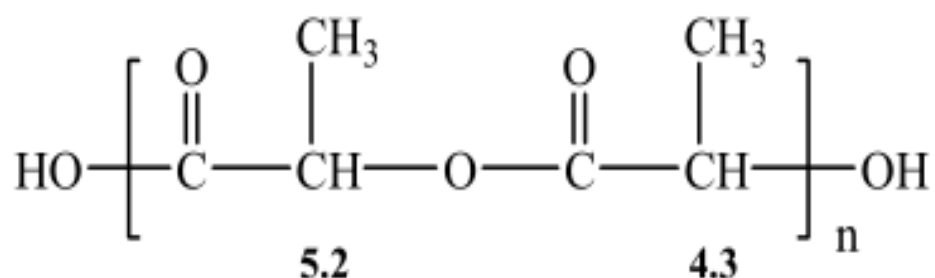
Во втором случае процесс сополимеризации капролактама и олигомера проводили при пониженном давлении. Сополимеризацию проводили с использованием олигомера молочной кислоты и капролактама в соотношении 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 и 50:50 при температуре 130 °C, 150 °C и 180 °C в течение 3 часов [19].



(Рисунок 12)– синтез сополимеров молочной кислоты и каролактама.

Олигомеры молочной кислоты были синтезированы путем прямой поликонденсации.

Олигомер молочной кислоты синтезируют путем поликонденсации в расплаве с использованием п-толуолсульфоновой кислоты в качестве катализатора при температуре 170 ° С, 30 мм рт.ст. в течение 7 час. [19]. Синтезированный олигомер молочной кислоты был прозрачный, однако порошок приобрел белый цвет после измельчения. Порошок олигомера молочной кислоты был подвергнут тепловой обработке после измельчения [20].

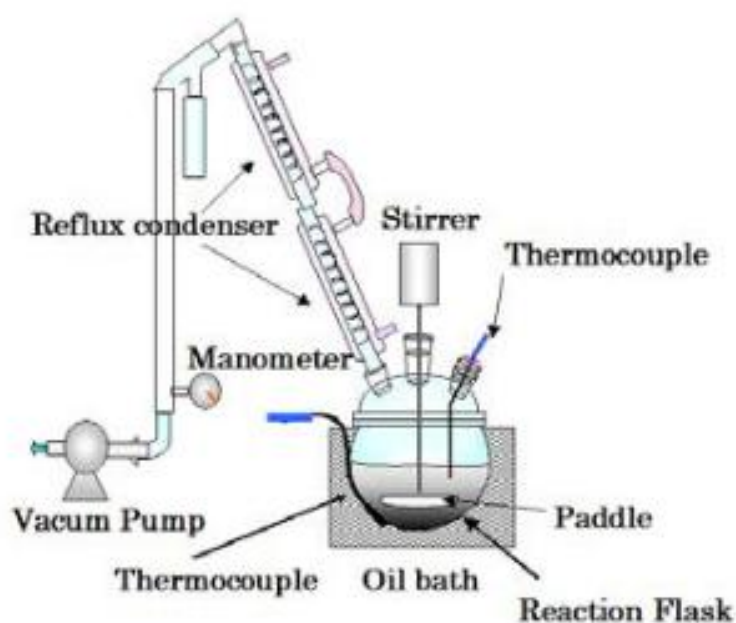


(Рисунок 13)– структурная формула олигомера молочной кислоты.

Анализ ЯМР синтезированных образцов сополимера ОМК-КПЛ проводили с использованием CDCl₃ в качестве растворителя.

ИК-спектры регистрировали на ИК-спектрометре (PerkinElmer Спектрометр Frontier) [18].

Анализ ¹H-ЯМР подтверждает среднюю степень полимеризации 5. Порядок расплава и процесс поликонденсации процесс показан на рисунке 5 [18].



(Рисунок 14)– синтез олигомера молочной кислоты [11].

Олигомер молочной кислоты был сополимеризован с капролактамом с использованием в качестве катализатора хлорида олова (II) при пониженном давлении и при температуре 150° С и 170 ° С. Получили сополимер, имеющий высокую степень кристалличности, которая была подтверждено ДСК-анализом. В ИК-спектре сополимера появилась новая полоса поглощения с максимумом 1634см^{-1} , которую можно отнести к деформационным колебаниям N-H [20].

1.2 Катализаторы синтеза сополимеров олигомеров полимолочной кислоты и капролактама.

Основные используемые катализаторы синтеза полимолочной кислоты и капролактама является хлорид олова (II) [11], а также октаноат олова. Следует отметить, что соединения олова (II), главным образом, октаноат олова, одновременно спользуют при синтезе эластичных блочных пен [47]. Известно, что октаноат олова (II) хорошо активирует воздействие таких органических групп, как изоцианатная или гидроксильная, на гидроксильную или простую эфирную. Одной из наиболее важных областей применения октоата олова (II) является ускорение полимерообразования при синтезе сополимеров[48].

Олово двухлористое представляет собой белый кристаллический порошок, растворим в воде, спирте, эфире, ацетоне. Плавится и кипит без разложения. На воздухе постепенно гидролизуется влагой и окисляется. Кристаллогидрат $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - «оловянная соль». Реагирует со щелочами, гидратом аммиака, сильный восстановитель, слабый окислитель. Применяется при синтезе органических красителей, в текстильной промышленности, в качестве катализатора в органических синтезах. Синтезируют $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ нагреванием Sn в токе газообразного HCl; Физические и химические свойства. Белые кристаллы. Т. плавления, 247°; т. кипения, 652°; плотность. 3,95 (25°). Раств. в воде 83,9 г/100 г (0°), 269,8 г/100 г (15°). В водных растворах гидролизуется [21].

1.3 Применение сополимеров полимолочной кислоты в медицине

Сополимеры полимолочной кислоты и капролактона могут использоваться в медицине, так как можно предположить, что они будут гидролизироваться в организме при помощи различных ферментов [90].

Широко используемым в медицине биоразлагаемым полимером является, например, сополимеры лактида и капролактона. Очень перспективно использование биоразлагаемых полимеров для контролируемой доставки лекарств, а также в качестве имплантатов, которые могут постепенно заменяться в организме костной или другой живой тканью [85].

Одними из первых в тканевой инженерии стали применяться биодеградируемые синтетические биоматериалы на основе полимеров органических кислот, например молочной (PLA, полилактат) и гликолевой (PGA, полигликолид) [90-94]. При этом в состав полимера может входить как один тип кислотного остатка, так и их сочетания в различных пропорциях. Матрицы на основе органических кислот легли в основу создания таких органов и тканей, как кожа, кость, хрящ, сухожилие, мышцы, тонкая кишка и др [86-88].

Особое место среди материалов для биоматриц-носителей занимают коллаген, хитозан и альгинат. Коллаген практически не имеет антигенных свойств. Альгинат – полисахарид из морских водорослей. Хитозан – азотсодержащий полисахарид, который получают из хитиновых панцирей ракообразных и моллюсков. Комбинированный по составу препарат – коллагеново-хитозановый комплекс разрешен Минздравом РФ в качестве перевязочного, ранозаживляющего средства и уже используется в клинической практике в хирургии и стоматологии [22,89].

1.4 Теоретические основы микроволнового синтеза.

Отсутствие воспроизводимости, трудный и дорогостоящий процесс – недостатки традиционного термического синтеза. Причем он, как правило, связан с использованием летучих, воспламеняющихся или токсичных органических растворителях [49]. Традиционный синтез имеет

жизнеспособность в лабораториях. Тем не менее, он часто не жизнеспособен в промышленных условиях, особенно в связи с воздействием на окружающую среду, небольшую скорость получения продукта, энергозатратность. Все это приводит к повышению стоимости продукции [23].

В то же время МВО, в силу уникальных преимуществ, таких как более короткое время реакции, экологичность, энергосберегаемость, находит все большее применение в промышленном производстве [50]. Имея все эти положительные стороны, микроволновой синтез с использованием СВЧ излучения стал привлекателен как синтетический инструмент [50-52]. Использование микроволнового излучения в синтезе керамических и полимерных биоматериалов интенсивно развивалось в течение последнего десятилетия [25].

Впервые на применение микроволн для органического синтеза сообщили в конце 1980-х годов, опираясь на применение СВЧ (МВт) облучения в качестве источника энергии для органических реакций. Микроволны включают электромагнитное излучение с частотой от 0,3 до 300GHz. Например, домашние микроволновые печи работают на 2.45GHz [49-51]. Процесс нагрева микроволновой печи позволяет быстро достичь нагрева, работать при высоком давлении. Сравнительно короткое время реакции позволяет достигнуть более высокой селективности процесса по сравнению с обычным термическим нагревом [24].

Таким образом, использование СВЧ излучения расширило и диверсифицировало возможности химика-синтетика, так как оно обеспечивает более высокую скорость реакции и более чистые продукты. Чем больше время реакции, тем больше количество вторичных продуктов производства. Кроме того, когда один из реагентов находится в жидком состоянии, он может действовать в качестве растворителя, и поглощать достаточно MW, чтобы гомогенно нагреть систему. Так что реакция может проводиться в условиях, не содержащих растворителей [25].

1.5 Микроволновой синтез биоразлагаемых полимеров.

Микроволны - это электромагнитные излучения, характеризующиеся частотами, которые простираются от 0,3 ГГц (что соответствует энергии $1,2 \cdot 10^{-6}$ эВ) до 30 ГГц ($1,2 \cdot 10^{-3}$ эВ), охватывающий часть спектра между менее радиоволнами и инфракрасными волнами. Из-за интенсивной работы по информационно-телекоммуникационных технологии, только несколько частот среди всей СВЧ диапазона фактически доступны для научных, промышленных и бытовых целей: для того, чтобы избежать каких-либо вмешательство, подавляющее большинство устройств работает на 2,45 ГГц [53]. Сравнивая последнее значение энергии, связанной с некоторыми общими ковалентными связями (С-С одинарной связью: 6,61 эВ; С = С двойной связи: 6,35 эВ), или даже с более слабым взаимодействием, как водородной связи (0,04 - 0,44 эВ) видно, что микроволны не обладают достаточной энергией, чтобы вызвать химическую реакцию, разбивая любой из них [51].

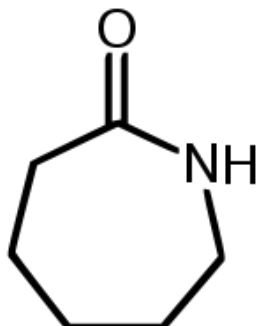
Действительно, впечатляет ускорение реакции в десятки раз, сообщают авторы [50]. Они объясняют это особенностями процесса нагрева, такими как однородность, перевернутый градиент температуры (т.е. ампула стенки холоднее, чем реагентов в объеме) и чрезвычайно быстрого повышения температуры. Взаимодействие между микроволнами и электрическими диполями облученных реагентов или молекулами растворителя лежит в основе "диэлектрического нагрева" [26, 50]. Кинетическая энергия преобразуется в тепло с помощью явлений (фазовые сдвиги и диэлектрические потери, обусловленные молекулярным трением), механизм которых зависит от того, как молекулярная масса (более правильно вращательный момент инерции) и диэлектрический коэффициент ϵ каждого компонента облученный реакционную смесь [26, 27, 53].

СВЧ и ультразвуковая обработка на сегодняшний день представляет реалистичный вариант для промышленности, химического машиностроения и переработки. Как правило, однородный нагрев представляет собой тему особенности СВЧ устройств. Следует отметить, что у высоко диэлектрических материалов быстро уменьшается падающее излучение и интенсивность [49].

Это является причиной, почему "глубина проникновения" микроволнового излучения определяется как точка, где только 37% ($1/e$) падающего излучения MW по-прежнему присутствует [27, 53].

Октаноат олова–II-валентного - соль олова этилгексановой кислоты. Октаноат олова используется в качестве катализатора для синтеза различных органических соединений.

(Рисунок 17) структурная формула капролактама:



Белые кристаллы, хорошо растворимые в воде, спирте, эфире, бензоле. Капролактама — циклический амид ϵ -аминокапроновой кислоты. В промышленности для производства капролактама исходным сырьем служит бензол. При нагревании в присутствии небольших количеств воды, спирта, аминов, органических кислот и некоторых других соединений капролактама полимеризуется с образованием полиамидной смолы.

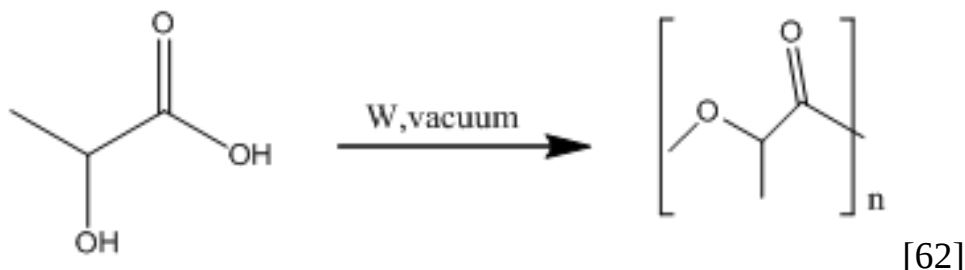
В таблице 2 – приведены физические свойства капролактама.

Таблица 2 – Физические свойства капролактама.

Систематическое наименование	азепан-2-он
Традиционное название	Капролактама
Описание	Белое, гигроскопичное, кристаллическое твердое вещество
Молекулярная формула	$C_6H_{11}NO$
Молярная масса	113.16 г/моль
Плотность (при 70 °C)	1,01 г/см ³
Точка кипения	136-138 °C / 10 мм Hg
Точка плавления	69-70 оC

2.2.1 Микроволновой метод синтеза олигомера молочной кислоты.

Микроволновой синтез олигомера молочной кислоты (м.в. 700 Да) проводили по схеме, представленной на рисунке 7.



(Рисунок 18) – схема получения олигомера полимолочной кислоты.

Загружали в реактор 20г молочной кислоты . Удаление воды из молочной кислоты производили в термостойкой колбе объемом 100 мл в микроволновом мультимодовом реакторе при давлении 160 мм рт ст при постоянном барботировании азотом. Отгонялось приблизительно 30-45% воды в каждом синтезе при мощности 280 Вт в течение 25 минут. В результате получали низкомолекулярный полимер, более вязкий, чем молочная кислота.

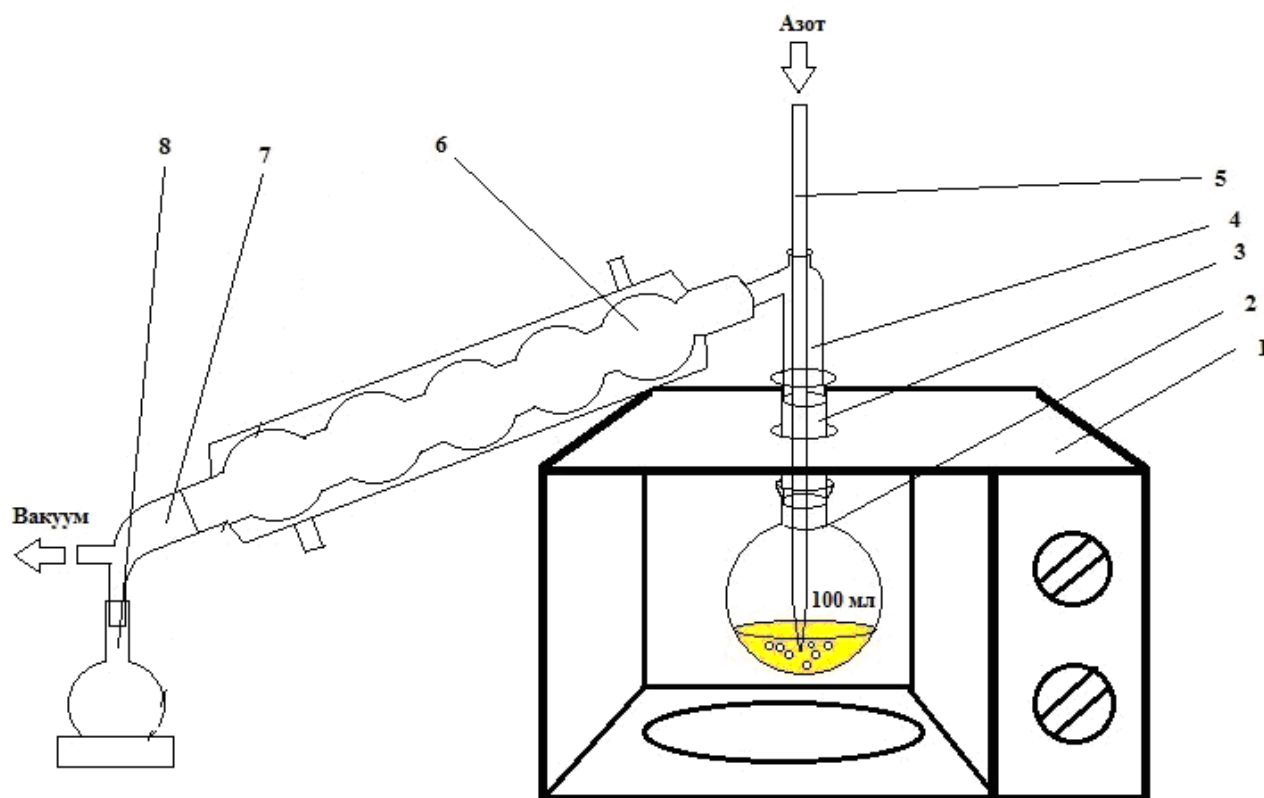
2.2.2 Микроволновой метод синтеза сополимера олигомера молочной кислоты и капролактама.

Синтез проводили в два этапа: вначале получали олигомер МК (м.в. 700 Да), а затем сплавляли с КПЛ.

Реакцию проводили в микроволновом реакторе при давлении 160 мм рт ст и барботировании азотом.

После получения олигомера молочной кислоты, на аналитических весах взвешивали капролактама, в количестве 30% от массы получившегося ОМК. Далее взвешенное количество капролактама сплавляли в колбе с олигомером молочной кислоты и добавляли 0,3% масс. катализатора. После сплавления и добавления катализатора, колбу снова ставили в микроволновый мультимодовый реактор и вели синтез при мощности от 130Вт до 360Вт и времени от 15 до 25 минут. В результате получали сополимер ОМК-КПЛ .

Микроволновой мультимодовой реактор, используемый в синтезе ОМК и ОМК-КПЛ, приведен на рисунке.



(Рисунок 19) – схема установки МВО для проведения реакций органического синтеза: 1 – СВЧ-печь; 2 – круглодонная колба объемом 100 мл; 3, 4 – переходники; 5 – капилляр для подачи азота; 6 – холодильник; 7 – алонж; 8 – колба-приёмник.

2.2.3 Вискозиметрический метод определения молекулярной массы полимеров

Вискозиметрический метод — как метод определения молекулярной массы полимеров считается одним из самых простых и доступных методов. Однако метод вискозиметрии считается косвенным и требует нахождения постоянных значений в уравнении, которые выражают зависимость вязкости от молекулярных масс.

Для того чтобы определить вязкость раствора полимера производят измерения времени истечения, при установленных постоянных параметрах, одинаковых объемов растворителя и раствора через капилляр вискозиметра. Концентрацию раствора (С), принято выражать в граммах на 100 мл растворителя; для замера вязкости применяют растворы с концентрацией менее 1 г/100 мл.

Относительная вязкость – это отношение времени истечения раствора к времени истечения растворителя:

$$\eta_{\text{отн}} = \frac{t}{t_0}$$

где t – время истечения раствора, сек

t_0 – время истечения растворителя, сек

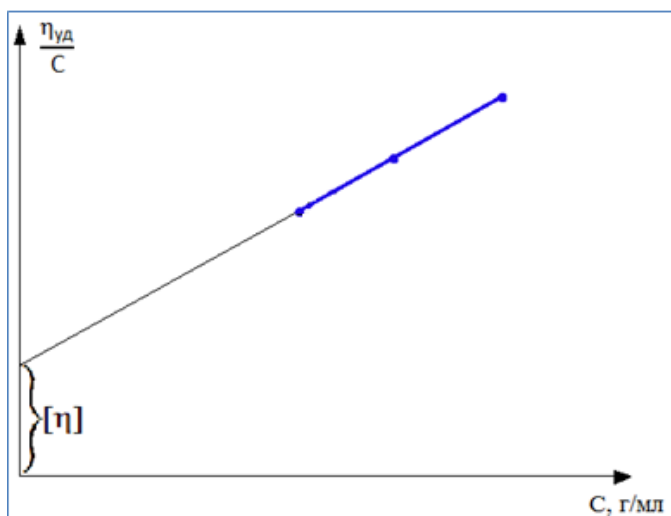
Удельная вязкостью – это отношение разности времени истечения раствора и растворителя к времени истечения растворителя или разность относительной вязкости и единицы:

$$\eta_{\text{уд}} = \frac{t - t_0}{t_0} = \eta_{\text{отн}} - 1$$

Приведенная вязкость – это отношение удельной вязкости раствора полимера к его концентрации C :

$$\eta_{\text{уд}} = \frac{t - t_0}{t_0} = \eta_{\text{отн}} - 1$$

Характеристическая вязкость $[\eta]$ – это максимальное значение отношения (или) при концентрации раствора, которая стремится к нулю. Характеристическую вязкость $[\eta]$ находят графической экстраполяцией значений (или), полученных для нескольких концентраций, к нулевой концентрации [59].



(Рисунок 19) – Нахождение характеристической вязкости $[\eta]$.

Для определения молекулярной массы M пользуются нелинейным уравнением Марка - Хувинка, выражающим зависимость характеристической вязкости от молекулярной массы:

$$[\eta] = KM^\alpha$$

где K — константа Хаггинса; α — константа для данной системы полимер-растворитель. Обычно в зависимости от природы растворителя величина α , определяющая степень свернутости макромолекулы, колеблется в пределах 0,5-0,8.

Относительные вязкости находят с помощью капиллярных вискозиметров, время истечения растворителя и растворов полимера измеряют при постоянной температуре, при этом их концентрация должна быть такой, чтобы значения изменялись в пределах 1,1-1,5.

Определение вязкости

Измерения проводились на вискозиметре Уббелоде с подвесным уровнем.

Предварительно проводят промывание вискозиметра хромовой смесью растворителем, и высушивают. Такую процедуру проводят несколько раз, затем вискозиметр несколько раз промывают дистиллированной водой и ацетоном, после сушат в термостате. Между измерениями вискозиметр промывают растворителем, в нашем случае хлороформом, потом ацетоном и опять осушают в термостате.

Взвешивание навески полимера производят на аналитических весах, затем тщательно растворяют полимер в пикнометре с растворителем периодическими встряхиваниями, чтобы избежать образование комков полимера.

Далее вискозиметр устанавливают ровно вертикально на штативе. На трубку с капилляром и боковую трубку надевают резиновые шланги. Затем зажимают резиновый шланг боковой трубки, а через шланг с капилляром при помощи груши или водоструйного насоса засасывают раствор примерно на 1 см выше отметки.

Затем замеряют время истечения раствора от одной измерительной метки до второй. Время истечения раствора выражают среднеарифметическим трёх – пяти измерений, разница между которыми не должна превышать 0,4 с. Если значения времени истечения отличаются более чем на 0,4 с, измерения повторяют уже на новой порции раствора. Таким же образом измеряют время истечения растворов примерно 3 – 4 концентраций и растворителя. После измерения каждой концентрации нужно промывать вискозиметр раствором и ацетоном, а затем высушивать перед измерением следующей концентрации.

Перед тем как приступить к измерениям растворов полимеров и после измерений, нужно измерить время истечения самого растворителя. И разница между ними должна не превышать 0,2 сек.

Затем производим расчеты, которые приведены выше. И строим график для нахождения $[\eta]$, графической экстраполяцией прямых к нулевой концентрации. После рассчитываем молекулярную массу полимера по формуле Марка-Хувинка. Константы К и α находим в справочнике.

$$M = \sqrt[\alpha]{\frac{\eta}{K}}$$

В данной работе для растворов ПМК в хлороформе $K = 4,7 \cdot 10^{-4}$, $\alpha = 0,67$.

2.2.4 Метод инфракрасной спектроскопии

Использование метода ИК-спектроскопии позволяет получить значительную информацию о структуре, составе веществ, взаимодействие структурных единиц (фрагменты), вещества как в твердом состоянии (кристаллическом или аморфном) и в жидких состояниях.

ИК-спектры были получены путем воздействия на вещество инфракрасной энергии, а затем графически отображена интенсивность прошедшего света от длины волны. Полосы поглощения с характерными для конкретного вещества пиками появляются на фоне непрерывного спектра [60]. ИК-спектры являются индивидуальными для каждого химического соединения и для некоторых атомных групп. В зависимости от состава, структуры и природы связующего

вещества, его спектр отличается от спектров других веществ по числу полос и их положение на шкале волновых чисел и интенсивности.

Для идентификации наших сополимеров молочной кислоты и капролактама мы использовали ИК-спектрометр "Agilent Resolutions



(Рисунок 20) – ИК-спектрометр " Agilent Resolutions Pro "

В спектроскопии ИК-Фурье используется явление полного внутреннего отражения. ИК-излучение проходит через кристалл, где подвергается воздействию полного внутреннего отражения. Излучение выходит за пределы поверхности кристалла на некотором расстоянии. Интенсивность волны, выходя из кристалла, резко отражается от поверхности кристалла. Излучение, которое выходит за пределы кристалла при полном внутреннем отражении, входит в материал образца, прижатый к кристаллу. Там часть излучения поглощается образцом, который позволяет записать спектр поглощения образца.

Необходимо выбрать материал кристалла таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение показателей преломления кристалла и образца. Последнее является наиболее важным, потому что без хорошего контакта удовлетворительный ИК-спектр не может быть получено.

Так как наши образцы были вязкими, и поверхность была гладкой, это было удобно производить измерения на приборе ИК-Фурье. Пробы отбирали в диапазоне длин волн от 400 до 4000 см⁻¹.

Кривые, отображающие зависимость поглощения от длины волны, наблюдались на спектрах.

2.2.5 Метод ¹H ЯМР-спектроскопии

Метод ¹H-ЯМР использовали для определения химического состава сополимеров. Спектры получали на спектрометре фирмы «Bruker» (Германия) модель WP_250 SY при комнатной температуре и рабочей частоте 250,13 МГц, внутренний стандарт – Me₄ Si. Для исследования образцы мономеров и полимеров растворяли в дейтерированном хлороформе. Мономеры и аморфные образцы полимера растворяли без нагревания, тогда как растворы частично кристаллического полилактида нагревали в водяной бане при 40 °C [65].

2.2.6 Методика гидролитической устойчивости.

Устойчивость сополимера к гидролизу определяли следующим образом:

1. На аналитических весах взвешивали 1,0 г образца синтезированного при мощности 360 Вт и времени 20 минут .
2. Помещали навеску в герметично закрытый сосуд объемом 100 мл.
3. Заливали дистиллированной водой.
4. Через каждые 3-7 дней образец доставали, высушивали при комнатной температуре.
5. Определяли массу образца и pH воды , в которой он находился.
6. После этого образец помещали обратно в сосуд и заливали новой порцией дистиллированной воды.

Глава 3 Результаты и их обсуждения

3.1. Влияние времени, природы сокатализатора и мощности микроволнового облучения (МВО) на сополимеризацию олигомера молочной кислоты и капролактама

Для установления наиболее подходящих условий для синтеза сополимера ОМК-КПЛ были проведены эксперименты с различными мощностями МВО, временем синтеза и сокатализаторами.

Таблица 3 – условия синтезов и физико-химические свойства сополимеров МК и КПЛ

№ синтеза	Соотношение ОМК:КПЛ, масс. %	Катализатор/сокатализатор (1 /1), 0,3 масс. %	Условия синтеза ОМК, Вт/мин	Условия реакции Вт/мин	М.в., Да	Примечания
1	70:30	Sn(Oct) ₂ /бенз. спирт	280/25	130/20	550	Вязкий светло-желтого цвета
2	70:30	Sn(Oct) ₂ /бенз. спирт	280/25	280/20	750	Вязкий светло-желтого цвета
3	70:30	Sn(Oct) ₂ /бенз. спирт	280/25	360/15	9000	Тв. желт. цвета
4	70:30	Sn(Oct) ₂ /бенз. спирт	280/25	360/20	12800	Тв. желт. цвета

5	70:30	Sn(Oct) ₂ /бенз. спирт	280/25	360/25	-	Коричнево го цвета
6	70:30	Sn(Oct) ₂ /третб утиловый спирт	280/25	280/20	1150	Светло желт
7	70:30	Sn(Oct) ₂ /третб утиловый спирт	280/25	360/15	11400	Желтый
8	70:30	Sn(Oct) ₂ /третб утиловый спирт	280/25	360/20	15000	Желтый
	*70:30		170 °C/420	170 °C/180	—	Желтый

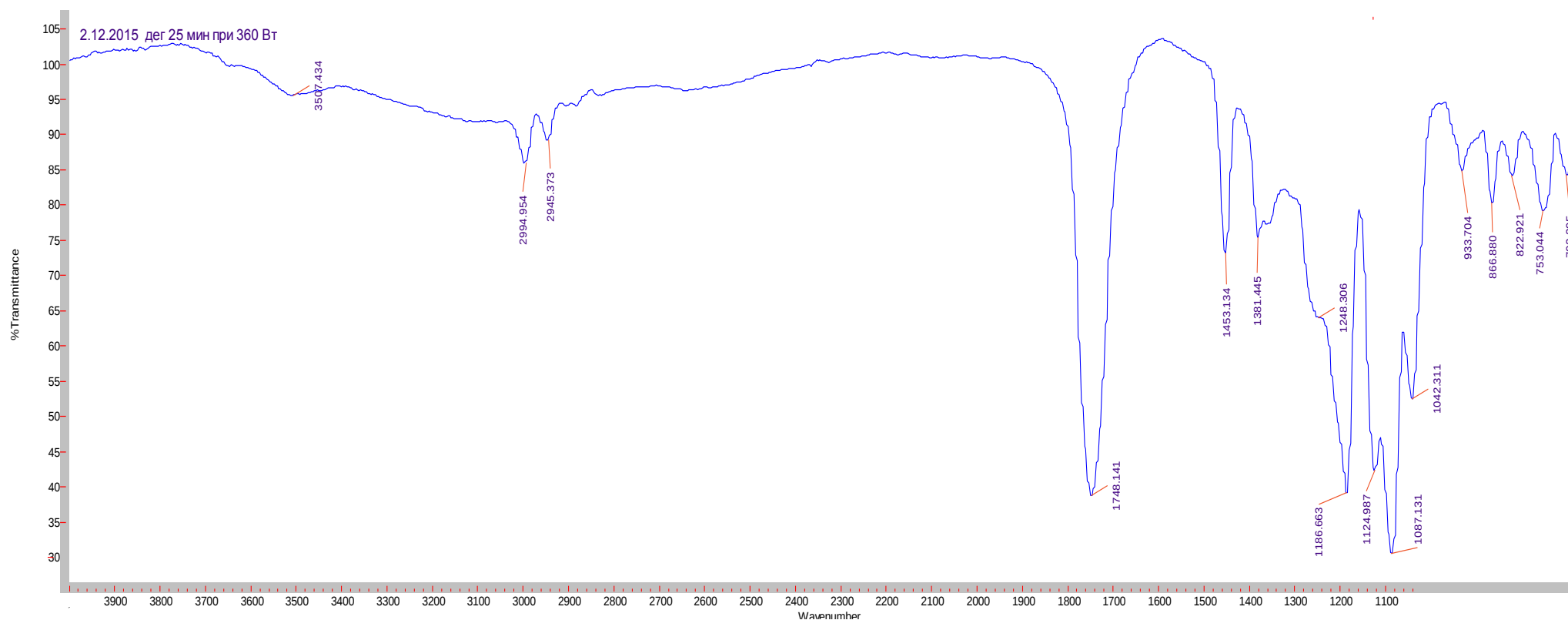
*[11]

Из данных, представленных в таблице - следует, что КПЛ взаимодействует с ОМК с заметной скоростью при мощности МВО 360 Вт, времени 20 минут.

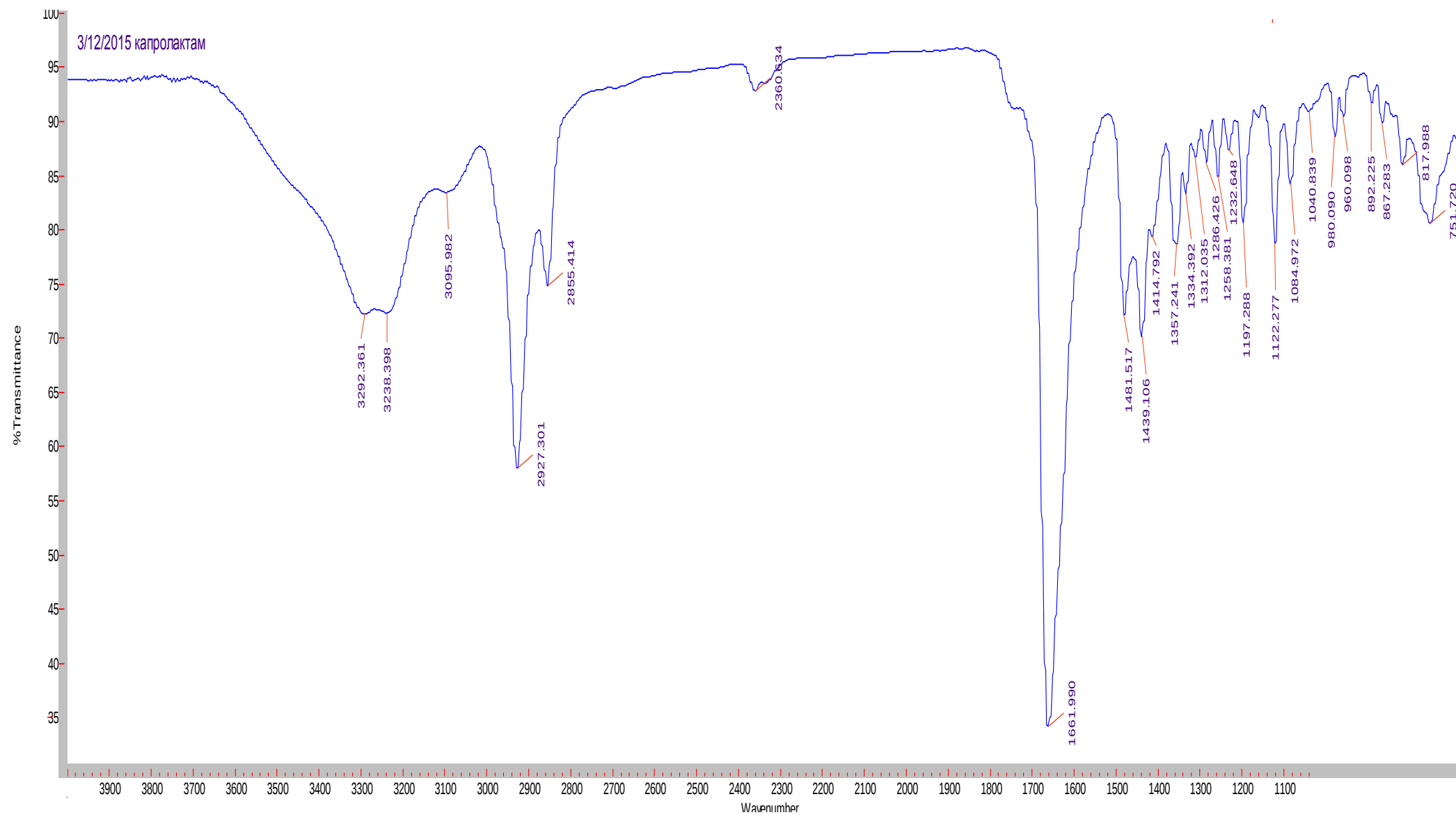
3.2 Изучение ИК спектральных и ^1H ЯМР характеристик сополимеров ОМК-КПЛ

Синтезированные образцы исследовали методами ИК- и ^1H ЯМР-спектроскопии.

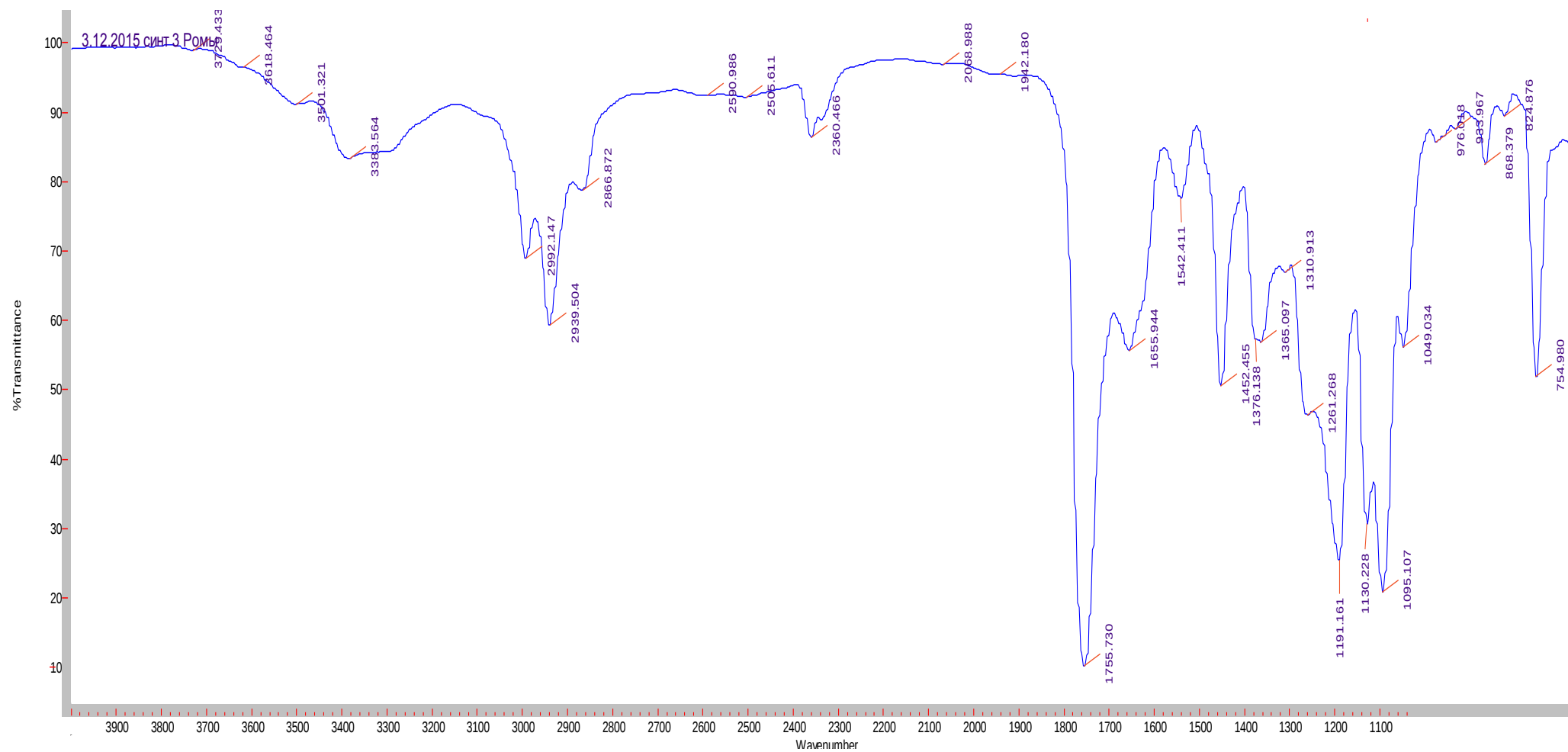
На рисунке представлен ИК-спектр олигомера ОМК.



(Рисунок 21) – ИК-спектр олигомера молочной кислоты синтезированного в условиях МВО при 280 Вт в течении 25 минут



(Рисунок 22) – ИК-спектр капролактама.

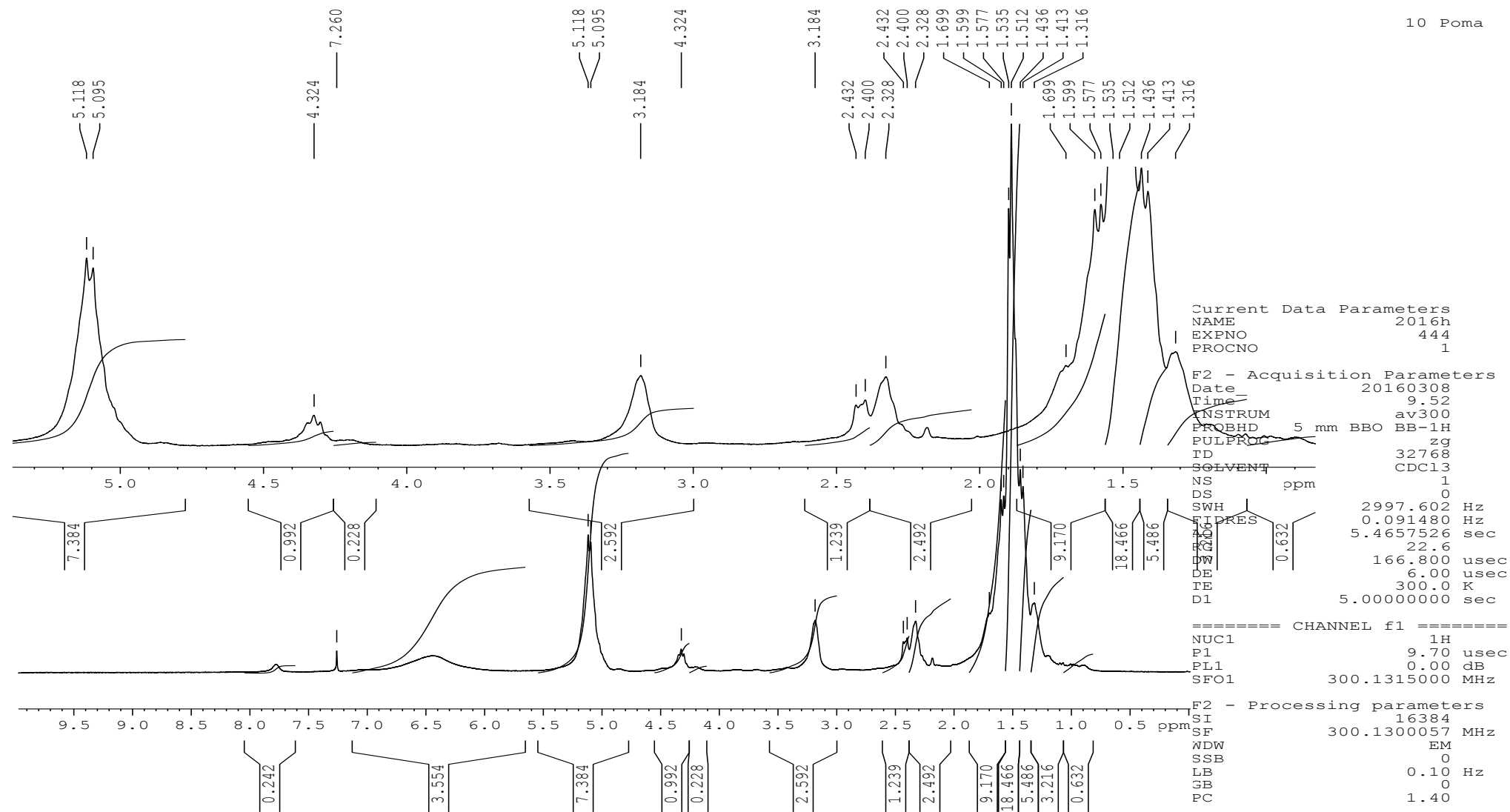


(Рисунок 23) – ИК-спектр сополимера ОМК и КПЛ, синтезированного в условиях МВО при 360 Вт в течении 20 минут

Капролактамы	
Область валентных колебаний	Функциональная группа
1646 см ⁻¹	C=O
1481 см ⁻¹	C=N
751 см ⁻¹	N-H
Олигомер молочной кислоты	
1752 см ⁻¹	C=O
1118 см ⁻¹	C-H
Сополимер олигомера молочной кислоты и капролактама	
1655 см ⁻¹	C=O
1512 см ⁻¹	C=N

Таблица 4 – полосы ИК спектров олигомера молочной кислоты (Рисунок–11), Капролактама (рисунок –22), олигомера молочной кислоты и капролактама (Рисунок –23)

Также полученные образцы ОМК-КПЛ были исследованы с помощью ¹H ЯМР спектроскопии. В таблице 5 – представлены результаты исследований ПМК-КПЛ методом ¹H ЯМР спектроскопии.



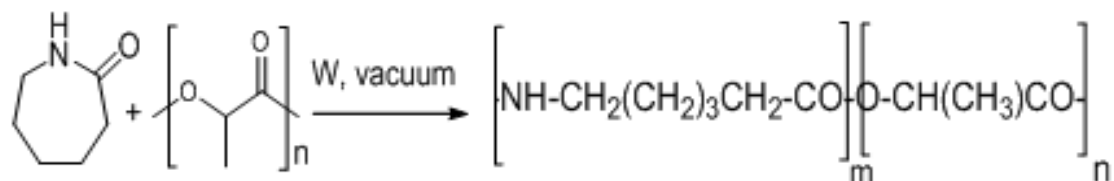
(Рисунок 24) – ^1H ЯМР спектроскопия полученного образца сополимера ОМК-КПЛ, синтезированного в условиях МВО при 360 Вт в течении 20 минут.

Время нагрева, мин (мощность Вт)	Химический сдвиг, м.д				Степень превращения, % $\frac{I(CH)_{OMK}}{I(CH)_{MK} + I(CH)_{OMK}} \cdot 100\%$
	δ , м (С-Н) МК	δ , м (С-Н) ОМК	СН ₃ -групп олигомеров МК	ОН- групп МК	
35(80)	4,34- 4,22	5,10- 5,04	1,30-1,43	7,28	46
35(130)	4,40- 4,28	5,21- 5,08	1,40-1,56	6,47	64
35(280)	4,39- 4,30	5,20- 5,13	1,45-1,60	7,03	67
25(360)	4,35- 4,32	5,14- 5,04	1,45-1,60	6,75	83
15(500)	4,27- 4,20	5,06- 5,00	1,27-1,43	7,49	66

Таблица 5 – химические сдвиги протонов (выделено) в спектрах ^1H ЯМР ПМК-КПЛ (растворитель CDCl_3) сополимеров ПМК-КПЛ.

На основании данных ИК- и ЯМР-исследований предложена схема взаимодействия ОМК с КПЛ:

(Рисунок 25) – схема взаимодействия ОМК с КПЛ.



Результаты исследования показали, что скорость протекания реакции сополимеризации ОМК и КПЛ в условиях МВО увеличивается в 12-15 раз по сравнению с обычным термическим нагревом таблица-.

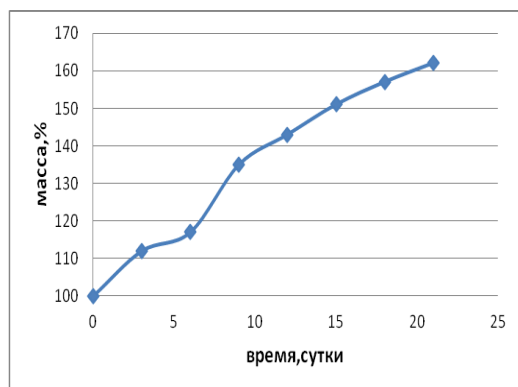
3.3 Гидролитическая устойчивость сополимеров олигомеров молочной кислоты и капролактама

Для проведения анализа гидролитической устойчивости был отобран один образец из сополимера ОМК-КПЛ, полученный при мощности микроволнового облучения 360 Вт и времени 20 мин. Зависимость изменения массы сополимера от времени пребывания в водной среде отображено в таблице 6 и рисунке 16 .

Таблица 6 – гидролитическая устойчивость образца сополимера ОМК-КПЛ.

Условия синтеза	Начальная масса образца, m_0 , г	Масса образца после взвешивания, г							Рост массы, г ($m_7 - m_0$)	Рост массы, %
		3 дня, m_1	6 дней m_2	9 дней m_3	12 дней m_4	15 дней m_5	18 дней m_6	21 день m_7		
ОМК-КПЛ 360Вт- 15мин	1,0	1,112	1,18	1,36	1,41	1,51	1,59	1,61	0,61	61

(Рисунок 26) – зависимость массы сополимера ОМК-КПЛ от времени.



Глава 4. Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение [64].

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы, касающиеся охраны и безопасности условия труда работы в химической лаборатории. Так как тематика связана с химизмом и различными синтезами, так же рассматривается воздействие опасных веществ на здоровье исследователя, проводящих эти испытания.

В настоящее время химия является одной из наиболее развитых отраслей народного хозяйства, оказывающее большое влияние не только на человека, но и на окружающую среду. Современная химия насыщена опасными факторами: использование электроэнергии, применения различного рода оборудования, высокого давления и глубокого вакуума, высоких и низких температур, разнообразных, агрессивных или токсичных соединений, большинство из которых обладают взрывоопасными и пожароопасными свойствами.

В Российской Федерации охраняются здоровье и труд людей, вводится гарантированный наименьший размер оплаты труда, устанавливаются муниципальные пенсии, пособия и другие гарантии социальной обороны, поддерживается государственная помощь семьи, материнства, отцовства и детства, инвалидов и старых людей, формируется система общественных служб [65].

Химические производства являются одними из наиболее опасных техногенных источников воздействия на человека и объекты природной среды. Опасность химических производств усугубляется при возникновении чрезвычайных ситуаций, связанных с их функционированием [66].

Человек, чья трудовая деятельность связана с производственной средой, так же подвергается опасности. В условиях производства на человека действуют техногенные факторы, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами. Воздействие опасных производственных факторов приводит к травме либо к иному неожиданному внезапному ухудшению самочувствия. Вредные производственные факторы приводят к заболеванию или снижению работоспособности.

Согласно [67] перед началом работы в аналитической лаборатории для выполнения научно – исследовательской работы необходимо обязательно пройти медицинский осмотр.

В настоящем разделе рассматриваются вопросы охраны труда, связанные с работой в лаборатории, а так же разрабатываются меры по ликвидации влияния на здоровье опасных и вредных факторов для работников лаборатории и создание безопасных условий труда для обслуживающего персонала. Научно-исследовательская работа по изучению условий синтеза полимолочной кислоты складывается из следующих этапов: подготовка катализаторов для синтеза, удаление воды из молочной кислоты, синтез полимолочной кислоты с использованием различных катализаторов.

4.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды

При выполнении исследовательской работы использовались вредные и опасные химические вещества, которые влияют на организм человека. Для того чтобы уменьшить риск угрозы здоровью, необходимо, соблюдать определенные меры безопасности в лабораторных условиях, а именно:

1. Использование средств индивидуальной защиты (халат, защитные очки и марлевые повязки, респираторы, перчатки)

2. Соблюдение санитарно - гигиенических норм (мытьё рук после проведенных опытов, исключение расположения пищевых продуктов рядом с реактивами и т.д.)

3. Регулярное проветривание помещений, присутствие вытяжных шкафов для поставленных синтетических реакций.

4. Правильное хранение реактивов (герметизация, срок годности)

Необходимые меры и специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредоносных и (либо) небезопасных факторов производственной среды и трудового процесса.

На протяжении всего рабочего процесса использовались химикаты разной токсичности и класса опасности, которые напрямую воздействуют на человека, проводящего опыты. Вредные вещества попадают в человеческий организм в большинстве случаев через дыхательные пути, а также с пищей и через кожу [68].

В таблице 20 приведены характеристики основных вредных химических веществ и соединений, применяемых в работе.

Влияние применения остальных веществ для синтеза полимолочной кислоты будем считать незначительным, так как они используются в очень малых количествах и их опасностью можно пренебречь.

Таблица 7. Характеристика применяемых в работе химических веществ.

Вещества	Физические свойства	ПДК, М г/м ³	Класс опасн ости	Общая характеристика токсического действия
Молочная кислота	Вязкая жидкость от бесцветного до слабо-желтоватого цвета	0,9	4	Вероятность возникновения лактат- ацидоза

Продолжение таблицы 20

Толуол	Бесцветная жидкость с характерным запахом	50	3	Длительное воздействие может привести к необратимым поражениям ЦНС, кроветворных органов и создать предпосылки для возникновения энцефалопатии. Наркотик.
Спирт изобутиловый	Бесцветная горючая жидкость с характерным запахом	10,0	3	Вызывает раздражение слизистой глаз и кожных покровов. Может иметь канцерогенное действие. Слабое наркотическое действие.
Спирт изопропиловый	Бесцветная жидкость с характерным спиртовым запахом	10,0	3	Вызывает раздражение глаз и дыхательных путей, вызывает головную боль при кратком воздействии больших концентраций паров. Может оказывать на центральную нервную систему угнетающее действие.
Спирт трет-бутиловый	Бесцветная жидкость с характерным запахом	10	3	Раздражение слизистой глаз и кожных покровов.
Хлороформ	Бесцветная летучая жидкость с эфирным запахом и сладким вкусом	20	2	Вдыхание хлороформа пагубно влияет на работу центральной нервной системы. Постоянное воздействие хлороформа может вызвать заболевания печени и почек.

Обозначения*

Пдк-предельно допустимая концентрация

Класс опасности:

1 класс - чрезвычайно опасные

2 класс –высоко опасные

3 класс – умеренно опасные

4 класс - малоопасные

4.1.1 Микроклимат производственной зоны

Микроклимат производственной зоны — это климат внутренней среды помещений, определяющийся совместно действующими на человеческий организм относительной влажностью, температурой и скоростью движения воздуха, также температурой окружающих поверхностей [69].

Работа, которая относится к лаборантам – разработчикам, является категорией легких работ. Дозволенные значения микроклимата для данного случая приведены в таблице 21, согласно [70].

Таблица 8. Требования к микроклимату

Период года	Степень работы по уровню энергозатрат, Вт	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	20 – 22	15 – 60	0,1
Теплый	Ia (до 139)	22 – 23	15 – 75	0,1

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период года и вентиляцией в теплый период.

Для того чтобы поддерживать нормальные параметры микроклимата в лаборатории необходимо установить устройства систем вентиляции и кондиционирования воздуха [70].

В лаборатории имеется как естественная вентиляция (двери, окна, форточки), так и специальные вентиляционные устройства, предназначенные для удаления паров химических веществ при работе с ним под вытяжными шкафами.

Помещение, где находится рабочее место, совпадает этим нормам, его размеры (площадь, объем) обязаны соответствовать численности трудящихся и размещенному в нем оборудованию.

Чтобы обеспечить нормальные условия труда [70] устанавливает, что на одного работника приходится 4,5 м² площади помещения и 20 м³ объема

воздуха. Площадь данного помещения составляет 30м², объем 100м³. В данном помещении работают 4 человека, соответственно на одного человека приходится 6,6 м² и 25 м³ воздуха. Это соответствует санитарным нормам.

4.1.2 Система освещения

В лаборатории предпочтителен комбинированный тип освещения. Кроме естественного освещения (окна), должно присутствовать искусственное освещение. В нашей лаборатории используются люминесцентные лампы для нормальных помещений с хорошим отражением стен и потолка; их применение допускается при умеренной влажности и запыленности. А именно, это люминесцентные лампы низкого давления с исправленной цветностью ЛДЦ и дневного света ЛД со светильниками рассеянного типа ОД.

Согласно [71] лимит освещенности рабочей зоны должна быть в пределах 400 лк. В производственных помещениях естественное и искусственное освещения надо контролировать ежегодно с помощью люксметра.

Освещение рабочей зоны следует быть близким согласно спектральному составу к солнечному свету как максимально гигиеничному; достаточным и отвечать [72,73]; однородным и устойчивым; без резких теней и блеклости в поле зрения; соответствующей цветности и не быть основой дополнительных вредных и небезопасных факторов (согласно избыткам тепла, шума, электро- и пожароопасности) [72].

По задачам зрительной работы лаборатория относится к помещениям группы I в соответствии с [73]. Расчет искусственного освещения на рабочем месте производится методом светового потока:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot \eta \cdot n}, \text{ лм,}$$

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot \eta \cdot n}.$$

или

где F – световой поток одной лампы в люменах;

E_n – нормируемая освещенность;

S – площадь аудитории, м^2 ;

K – коэффициент запаса;

Z – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещённости в аудитории примем равным 1,1);

– коэффициент пользования осветительного агрегата;

N – количество светильников;

n – количество ламп в светильнике.

Примем значение нормируемой освещенности для средней точности IV разряд 300 лк [74].

Коэффициент запаса K находится в зависимости от содержания пыли и состояния среды в данном помещении, частоты чисток светильников либо остекления светопроемов, сменности трудов в аудитории, приобретает значения от 1,2 до 2.0 (примем равным 1,25).

Коэффициент неравномерности освещенности Z показывает неравномерность освещения.

Для нахождения коэффициента использования светового потока рассчитывают индекс помещения i и ориентировочные показатели отражения поверхностей здания: потолка $гп$, стен $гс$, пола $гр$.

Выбираем для производственных помещений с небольшими пылевыделениями:

$гп = 50\%$, $гс = 30\%$, $гр = 10\%$.

Аудитория: $H = 5,0$ м; $L = 8,2$ м; $B = 5$ м.

Высота подвеса светильника – 0,5 м; рабочая поверхность стола на уровне 0,8 м от пола.

Площадь аудитории: ($B \times L = 41 \text{ м}^2$).

Индекс помещения:

$$i = 8,2 \times 5 / [3,7(8,2 + 5)] = 41 / (3,7 \times 13,2) = 0,84.$$

По справочнику выбираем коэффициент использования светового потока $\eta=0,31$.

Определяем необходимое количество ламп для заданного светового потока $F = 1150$ лм:

$$N = \frac{300 \cdot 41 \cdot 1,1 \cdot 1,25}{1150 \cdot 0,31 \cdot 4} = 11,86 \approx 12 \quad [75].$$

4.1.3 Электробезопасность на рабочем месте

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. Максимально небезопасным для человека считается переменный ток с частотой 20 – 100 Гц. Опасным является ток, равный 0,001 А, а смертельный 0,1 А.

При работе с электроустановками все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности по [76].

Помещение лаборатории относится к 1-ой категории по условиям опасности поражения электрическим током, без опасности поражения электрическим током, в которых не имеются условия, которые создают высокую либо особую угрозу для жизни человека.

Помещение лаборатории относится к 1-ой категории по условиям опасности поражения электрическим током, без опасности поражения электрическим током, в которых не имеются условия, которые создают высокую либо особую угрозу для жизни человека [77].

Мероприятия, проводимые для устранения факторов поражения электрическим током:

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

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

в) эксплуатация электроустановок предусматривает введение необходимой технической документации; обеспечивается недоступность к токоведущим частям, находящимся под напряжением; корпуса приборов и электроустановок заземляются;

Определяет предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов [78]. Мероприятия по защите от поражения электрическим током – защитное заземление [79].

4.1.4 Виброакустические факторы

Измерение шума проводят с целью оценки его на рабочих местах или рабочих зонах для сопоставления с требованиями санитарных норм, а также для оценки шумовых характеристик оборудования, с целью разработки мероприятий по борьбе с шумом. Для оценки шума применяют частотный спектр измеренного уровня звукового давления, который выражается в децибелах в активных полосах частот, сравниваемый в дальнейшем с предельным спектром.

Уровни шума не должны превышать значений установленных в [80,81] и проводится не реже двух раз в год.

По [72] нормируются параметры шума и составляют 80 дБ.

По уровню шума, локальной и общей вибрации инфа и ультра звука данная лаборатория с вышеперечисленным оборудованием относится к допустимому классу, ПДУ <25 дБА, что соответствует требованиям

безопасного нахождения в лаборатории установленного в этом стандарте. Контроль шума осуществляется шумером.

4.1.5 Правила безопасности при проведении эксперимента

Все сотрудники ознакомлены с инструкцией по технике безопасности перед выполнением НИР.

При работе в лаборатории сотрудники и студенты имеют специальную одежду: халат, обувь, а также при необходимости средства индивидуальной защиты (очки, перчатки) [82].

В зависимости от вида работы применяют различные группы защитной одежды: от механической пыли, от тепловых воздействий, от токсичных веществ и другие. Все средства индивидуальной защиты должны быть сертифицированы.

Так же все эксперименты должны происходить очень аккуратно и внимательно, особенно при работе с кислотами и щелочами. Отходы эксперимента должны быть безопасно упакованы, жидкие отходы – в специальные сливные емкости, которые потом утилизируются. В лаборатории не должно работать менее двух человек.

Согласно [83] при работе с вредными реагентами, а также на вредных предприятиях производится бесплатная выдача молока или других равноценных пищевых продуктов, предусмотренных перечнем вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов.

4.1.6 Пожарная безопасность

Помещения лаборатории должны отвечать требованиям пожарной безопасности согласно [84] и иметь средства пожаротушения согласно [85].

Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-2, так как в нем присутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

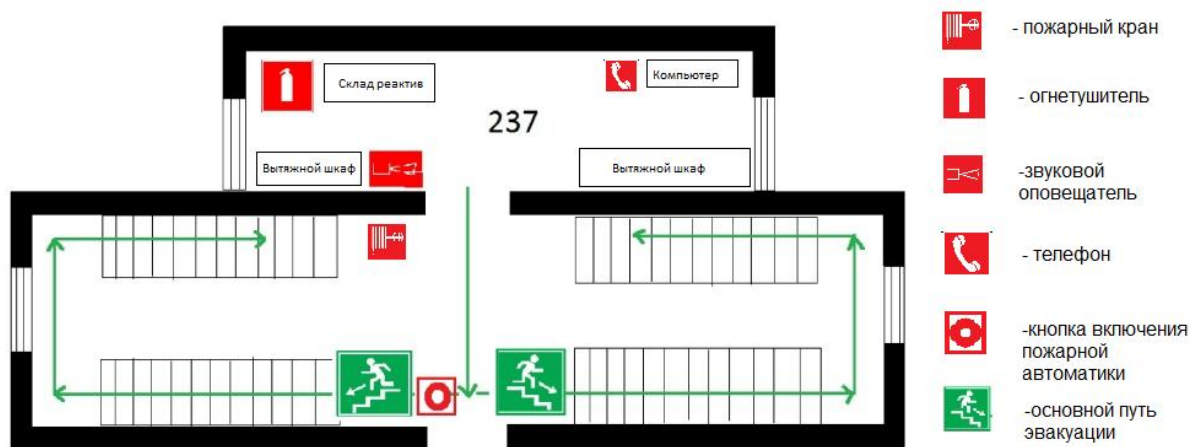
При работе в лаборатории опасность пожаров и взрывов зависит от физико-химических свойств и количества имеющихся в лаборатории материалов, веществ, от конструктивных особенностей и режима работы оборудования, а так же от наличия источников загорания и условий для быстрого распространения огня.

В лаборатории кафедры физической и аналитической химии, где проводились исследования, предприняты все необходимые по нормативным документам меры для предотвращения возникновения пожаров. При возникновении пожара необходимо, согласно нормативному документу, принять все меры по его локализации и тушению. Для этого всегда обеспечен проход между лабораторными столами, выходы не загромождены. При возникновении загорания все сотрудники знают инструкции и план эвакуации, в соответствии с заранее разработанной программой.

Для тушения пожаров, в случае их возникновения, в лаборатории имеются следующие средства:

- ручной пенный огнетушитель ОХП-10, предназначенный для тушения пожаров твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;
- ручной воздушно-пенный огнетушитель ОВП-10, предназначенный для тушения разных веществ и материалов, кроме щелочных металлов и веществ, процесс горения которых происходит без доступа воздуха, а также электроустановок, находящихся под напряжением;
- асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды.
- ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

План эвакуации персонала с лаборатории кафедры «Физической и аналитической химии» при возникновении пожара представлен на рисунке 39.



(Рисунок 27) - План эвакуации при возникновении пожара в лаборатории 237 и размещения основного пожарного оборудования.

В лаборатории имеются огнетушители марки ОХП-10 и ОВП-10, которые предназначены для тушения загорания различных веществ и материалов, за исключением щелочноземельных элементов, а также электроустановок под напряжением до 1000 В. При загорании необходимо снять огнетушитель, поднести к очагу загорания, не менее 1 метра, прочистить спрыск иглой или гвоздем, повернуть рычаг до отказа до 180°, перевернуть огнетушитель вверх дном и направить струю на огонь. Действие огнетушителя 60 секунд, длина струи пены 6-8 метров. Выход пены из огнетушителя 50 литров.

Таким образом, лаборатория, оснащена всеми противопожарными устройствами и соответствует требованиям пожарной безопасности.

4.2 Безопасность жизнедеятельности при чрезвычайных ситуациях

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражению и гибелью людей.

Чрезвычайную ситуацию можно квалифицировать следующим образом:

1. ЧС, связанная с производственными авариями (пожары, взрывы, выброс вредных веществ в окружающую среду);
2. ЧС, связанная со стихийными бедствиями (землетрясения, наводнения, ураганы, смерчи, снежные бури, заносы, оползни, обвалы, эпидемии, лесные и торфяные пожары);
3. ЧС конфликтного характера (вооруженное нападение, волнения в отдельных районах, которые были вызваны выступлениями экстремистских групп, применения оружия массового поражения).

При выполнении дипломной работы может возникнуть чрезвычайная ситуация замыкание проводки и возгорание. По возможности, пламя необходимо потушить песком, но перед этим необходимо сообщить руководителю. Соблюдая все правила с электрическим оборудованием можно избежать ЧС.

4.3 Охрана окружающей среды

В современную эпоху, характеризующееся научно-техническим прогрессом, рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды стали необходимостью.

В настоящее время в нашей стране уделяется большое внимание организации разумного взаимодействия природы и общества. Комплексное

использование сырья прогрессивно с точки зрения экономики и охраны окружающей среды. Специфической чертой развития является ориентация на безотходное производство.

Вредные вещества могут попадать в окружающую среду по сточным водам в виде пыли, дыма, газа, твердых отходов производства. При эксплуатации предприятий чистоту воздушного бассейна можно поддерживать с помощью применения эффективных очистных аппаратов и сооружений.

Химические предприятия потребляют большое количество чистой воды. Вода применяется в производственном цикле, на дополнительных участках, с целью бытовых нужд. Взаимодействие с химическими веществами в цикле приводит к тому, что вода в конце обогащается и превращается в сточную воду.

Основными отходами в окружающую среду при выполнении работы были: слив воды, которой мылась посуда после работы с реактивами; реакционный слив, который в дальнейшем утилизируется в места определенного назначения.

Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческого потенциала разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

Целевым рынком для внедрения медицинских изделий и препаратов на основе полимолочной кислоты является такая обширная область жизнедеятельности, как здравоохранение.

Можно выделить несколько групп потребителей данного продукта. Это, с одной стороны, коммерческие и муниципальные медицинские

учреждения, а так же производства готовых лекарственных средств, которые будут выступать посредником в реализации продуктов. Благодаря тому, что полимолочная кислота может являться исходным материалом для широкого спектра медицинских продуктов, в роли потребителей могут выступать, как и различного профиля клиники, больницы и аптечные учреждения, так и фармацевтические предприятия, выпускающие продукцию с использованием полимолочной кислоты.

С другой стороны, можно выделить другую группу потребителей полимолочной кислоты – пациентов, которые проходят курс лечения препаратами, изготовленными из нашего продукта. Полимолочная кислота может применяться для изготовления шовных нитей, протезов, капсулирования лекарственных средств, производства сложных лекарственных форм. Поэтому круг людей, которые могут являться потенциальными потребителями, огромен.

Таким образом, проведено сегментирование потребителей разработки. Выделены следующие наиболее крупные сегменты рынка: физические лица, проходящие курс лечения, с использованием препаратов на основе полимолочной кислоты и коммерческие или некоммерческие организации, производящие и реализующие данные продукты.

5.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении.

Данный анализ проводился с помощью оценочной карты, таблица 22. В ней приведены баллы экспертной оценки образцов-разработок: полимера, синтезированного с использованием в качестве катализатора аланина (Б1), полимера с использованием в качестве катализатора магниевой соли ТО (Б2),

а так же продукта-конкурента – полимера, синтезированного с использованием октоата олова (Б3). К1, К2, К3 – конкурентоспособность соответствующих продуктов.

Таблица 9. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б1	Б2	Б3	К1	К2	К3
Критерии оценки эффективности							
1. Биосовместимость продукта с организмом человека	0,3	3	3	2	0,9	0,9	0,3
2. Степень очистки и максимально достижимая чистота продукта(от примесей Me)	0,2	5	5	2	1	1	0,2
3. Безопасность	0,3	4	4	3	1,2	1,2	0,6
4. Уровень завершенности научного исследования	0,1	3	3	4	0,1	0,1	0,5
5. Уровень проникновения на рынок	0,1	2	2	4	0,1	0,1	0,5
Итого	1	17	17	15	3,3	3,3	2,1

Позиция разработок и конкурента оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

Где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Уровень проникновения на рынок у продуктов-разработчиков 2 балла, у конкурента же – максимум, как и в показателе завершенности научного исследования, что само по себе понятно.

Таким образом, мы имеем общий балл общей конкурентоспособности по приведенным показателям продуктов-разработок по 3,3 и продукта-конкурента – 2,1, что свидетельствуют о наличии явных преимуществ наших разработок, а, следовательно, их конкурентоспособности.

5.3 SWOT-анализ

Таблица 10. Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1 Экологичность технологии С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Квалифицированный персонал	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл2. Отсутствие достаточного финансирования проектов Сл3. Недостаток литературных данных по данному проекту
--	--	--

Продолжение таблицы 23

Возможности:	С1. Разработка новых	Сл1. Отсутствие некоторых
---------------------	----------------------	---------------------------

В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление спроса на продукт	катализаторов на основе тетраола. Возможность аналитического анализа продукта С2. Появится большой спрос за счет быстрой скорости синтеза продукта.	необходимых оборудований для проведения опытов Сл2. Не до конца изучен данный метод синтеза
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	С1. Синтез данным методом ускорит получение продукта, тем самым увеличив спрос на внутреннем рынке С2. Снижение зависимости от внешних рынков С3. Прибыль на внутреннем рынке	Сл1. Отсутствие рекламы на данный продукт Сл2. Сертификация продукции Сл3. Недостаточная прибыль С4. Повышение себестоимости

5.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Несмотря на то, что разработки находится на стадии исследования, и до внедрения её на рынок еще далеко, целесообразно оценить степень ее готовности к коммерциализации. Для этого необходимо оценить степень проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика проекта, оценив разработку по ряду показателей (Табл. 24).

Степень проработанности научного проекта оценивалась по пятибалльной шкале, со следующими значениями:

1 балл – не проработанность проекта,

2 балла – слабую проработанность,

3 балла – выполнено, но в качестве не уверен,

4 балла – выполнено качественно,

5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта

Уровень имеющихся знаний у разработчика оценивался следующим образом:

1 – не знаком или мало знаю,

2 – в объеме теоретических знаний,

3 – знаю теорию и практические примеры применения,

4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю,

5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности проекта к коммерциализации, рассчитанная по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

составила 31 баллов для степени проработанности проекта и 34 для уровня знаний разработчика.

Получаем, что на данный момент разработку можно считать малоперспективной (перспективность ниже среднего).

Однако такая оценка опосредована тем, что на данный момент еще не прорабатывались такие вопросы, как проведение маркетинговых исследования рынков сбыта, пути продвижения на рынок, стратегия реализации разработки, вопросы финансирования коммерциализации научной разработки. Не следует забывать, что данная работа является исследовательской и ставит перед собой экспериментальные задачи.

Таблица 11. Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности	Уровень имеющихся
--------------	-------------------------	-------------------

	научного проекта	знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	4	5
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	2
Определены товары для предложения на рынке	3	3
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	3
Определены авторы и осуществлена охрана прав	5	5
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
Разработан бизнес-план коммерциализации разработки	1	1
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
Разработана стратегия реализации разработки	1	2
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
Проработан механизм реализации проекта	2	3
Итого Баллов	31/75	34/75

Эти вопросы должны быть решаться с привлечением специалистов узкого профиля и имеют смысл только при получении положительного результата исследования (условия синтеза полимеров должны быть исследованы более тщательно). Поэтому вопрос о коммерциализации разработки, а также об объемах инвестирования и привлечении специалистов остается пока открытым.

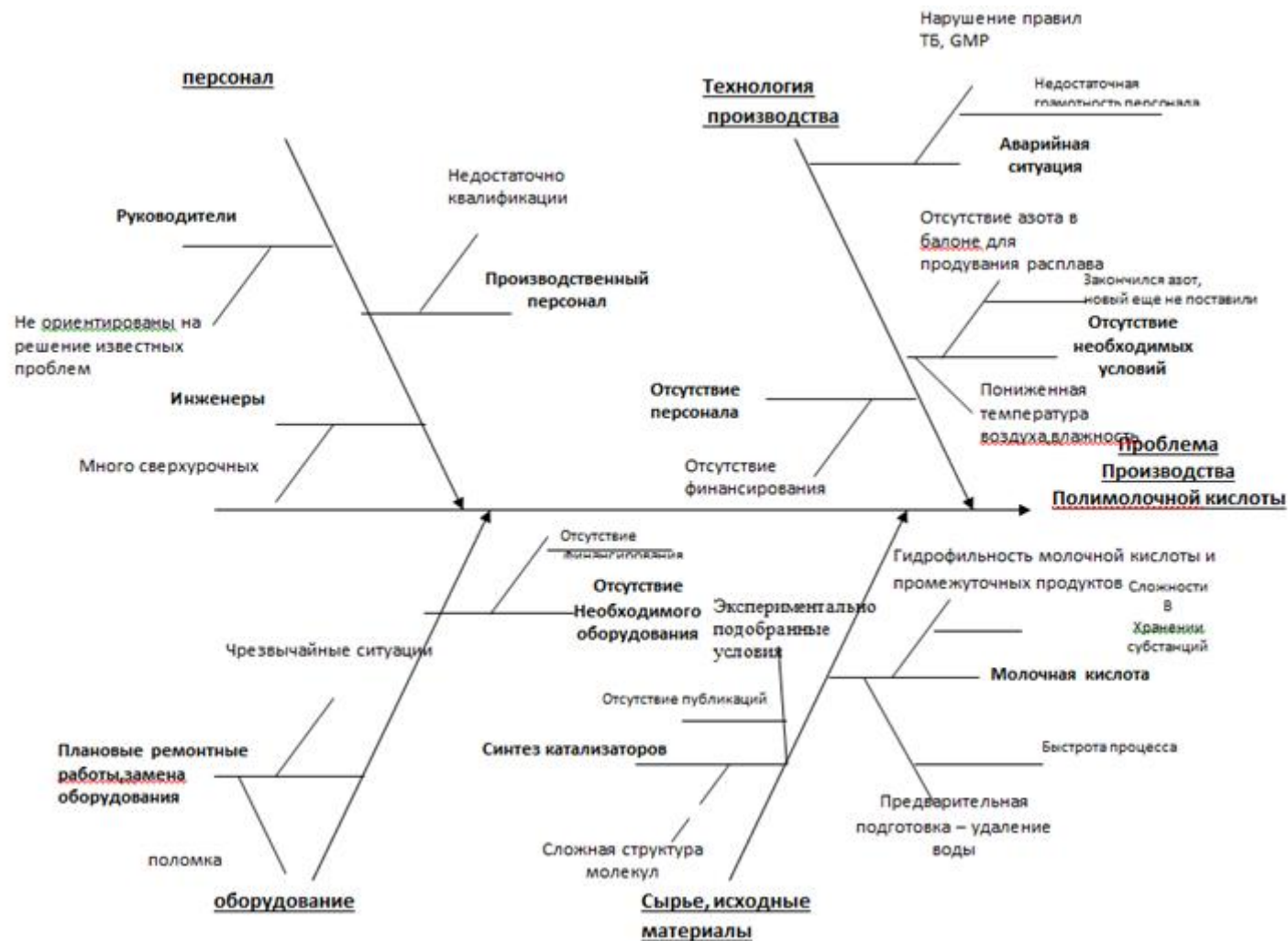
5.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Методом коммерциализации научной разработки был выбран инжиниринг. Данный метод как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

5.6 Диаграмма Исикава

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram), рисунок 39 - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Область применения диаграммы: выявление причин возникновения проблемы, анализ и структурирование процессов на предприятии, оценка причинно-следственных связей[130].



(Рисунок 28) – Диаграмма Исакавы.

5.7 Планирование управления научно-техническим проектом

5.7.1 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Наиболее подходящей организационной структурой данной работы является проектная, представленная на рисунке

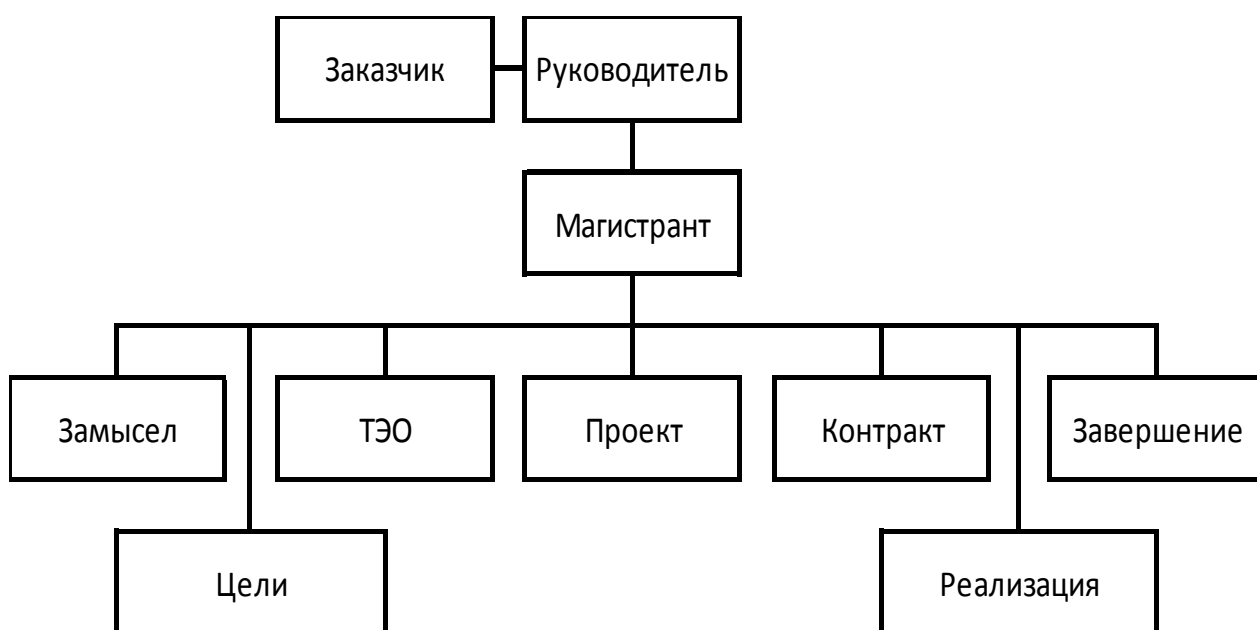


Рисунок 29 – Организационная структура проекта

5.7.2 План проекта

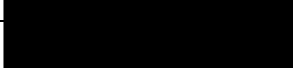
В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта.

Таблица 12. Календарный график проекта.

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Подготовка оборудования и материалов	10	14.01.15	15.01.15	Джампеисов Д.К., Губа Г.Я.
2	Синтез катализаторов на основе тетраола	15	16.01.15	2.02.2015	Джампеисов Д.К., Бакибаев А. А.
3	Проведение синтезов полимолочной кислоты	72	2.02.15	15.04.15	Джампеисов Д.К., Губа Г.Я.,
4	Аналитические исследования полимеров ИК-спектроскопией, вискозиметр, ЯМР	14	16.04.15	3.05.15	Джампеисов Д.К., Губа Г.Я.
5	Оценка результатов	33	3.05.15	6.06.15	Джампеисов Д.К., Бакибаев А.А.
И т о г о:		144			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм(гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 13 Календарный план-график проведения НИОКР.

Код рабо ты (из ИСП)	Вид работ	Исполните ли	Т _к , кал,д н.	Продолжительность выполнения работ													
				февр .		март			апрель			май			июн ь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составлени е техническо го задания	Руководите ль	4														
2	Изучение литературы	Инженер (дипломни к)	28														
3	Подготовка материалов	Инженер (дипломни к)	6														
																	
4	Проведение исследован ия	Руководите ль, инженер	68														
																	
5	Обработка результатов	Руководите ль, инженер	33														



– руководитель



– инженер

5.8 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, затраты группируются по статьям, представленным в таблице 27.

Таблица 14. Сырье и материалы.

Наименование	Марка, ТУ, ГОСТ	Кол-во	Цена за ед., руб., с НДС	Сумма, руб.
Сырье и реагенты				
Молочная кислота		1 кг	900	900
Спирт этиловый 95%	ГОСТ Р 51999-2002	1л	140	140
Хлороформ	ГОСТ 20015-88	1 кг	144	144
Этилацетат	ГОСТ 8981-78	1 кг	80	80
Октоат олова	ГОСТ 21931-76.	1 кг	840	840
Формалин	ГОСТ 1625-89	1 кг	15	15
Гликолурил		1 кг	250	250
Натрия гидроокись	ГОСТ 2263-79	1 кг	14	14
Посуда химическая				
Колба круглодонная 500 мл	ГОСТ 23932-90	3 шт	220	660
Колба круглодонная 1000 мл	ГОСТ 25336-82	1 шт	256	256
Колба круглодонная К-3-250-34	ГОСТ 25336-82	2 шт	134	268
Прочее				
Средство моющее д/посуды	Пемолукс	1 уп	50	50
Халат белый х/б	-	1 шт	650	650
Перчатки латексные	-	20 пар	22	440
Оформление документации				
Бумага для офисной техники	Svetocopy	1 уп	130	130
Ручка шариковая	Pilot	2 шт	30	60
Всего за материалы				4897
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				147
Итого по статье С1.				5044

Сырье и материалы.

В эту статью включаются 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.

Также в данную статью расходов включили затраты на электроэнергию, согласно действующему тарифу (2,81 руб. за 1 кВт/ч).

А) Расход электроэнергии в час для масляного насоса составляет 1 кВт/ч

Длительность использования: 5 дней по 6 часов в среднем
(полимеризация молочной кислоты)

$$E = 30 \text{ кВт.}$$

Б) Расход электроэнергии в час для микроволнового реактора составляет 0,9 кВт/ч

Длительность использования: 30 дней по 4 часов в среднем
(полимеризация молочной кислоты)

$$E = 30 * 4 * 0,9 = 108 \text{ кВт}$$

В) Расход электроэнергии для колбонагревателя равен 0,45 кВт/ч

Длительность использования: 5 раз (для удаления воды из производных тетраола) * 2 часа

$$E = 5 * 2 * 0,45 = 4,5 \text{ кВт}$$

Г) Расход электроэнергии для ИК-спектрометра равен 1,7 кВт/ч

Общая длительность использования составляет около 10 часов.

$$E = 10 * 1,7 = 17 \text{ кВт}$$

Д) Расход электроэнергии для персонального компьютера равен 0,16 кВт/ч

Длительность использования: 5 месяцев (компьютер работал в среднем 22 дня в месяц по 6 часов).

$$E = (5 \text{ мес.} * 22 \text{ дня} * 6 \text{ часов}) * 0,16 = 105,6 \text{ кВт.}$$

Е) Освещение (2 лампы по 100 Вт)

5 месяцев * 22 дня * 8 часов

$$E = (5 * 22 * 8) * 0,2 = 176 \text{ кВт}$$

Общая сумма затрат на электроэнергию составляет:

$$C_{\text{эл}} = (30 + 108 + 4,5 + 17 + 105,6 + 176) * 2,81 = 1239,49 \text{ руб.}$$

Итого расходы по материалам: $C_1 = C_m + C_{\text{эл}} = 5044 + 1239,49 = 6283,49 \text{ руб.}$

Специальное оборудование для экспериментальных работ

Стандартно в данную статью включаются затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. В данном случае сюда можно включить поляриметр и ИК-спектрометр. Указанная аппаратура является дорогостоящей; к примеру, стоимость поляриметра в среднем составляет 450 000 рублей; ИК-спектрометра от 500000 рублей. С учетом того, что химические исследования проводятся на базе института, подразделения которого – кафедры – оснащены аппаратурой и приборами, причём все это доступно для работы, затратами, связанными с приобретением специальной дорогостоящей аппаратуры (стоимостью более 40000 руб.) можно пренебречь. Однако в статью расходов включены расходы в виде амортизационных отчислений. Включены расходы на покупку аппаратуры стоимостью менее 40000 рублей, а также отчисления на амортизацию на срок работы по проекту.

1. Переконструированная микроволновая печь DAEWOO ELECTRONICS KOR-6L15 под лабораторный микроволновой реактор. Стоимость 4000 руб.

Срок службы – 7 – 8 лет.

2. Поляриметр AP-300/. Стоимость 450000 руб.

Срок использования – 10 лет.

$$450000 / 10 = 45000 \text{ руб.} - \text{ежегодные амортизационные отчисления}$$

С учетом того, что планируемо исследование выполняется в течение одного академического года (обучение в магистратуре), отчисления на амортизацию, связанные с проектом составляют 45000 руб.

3. ИК спектрометр. Стоимость 559025 руб.

Срок использования 10 лет

$559025 / 10 = 55902,5$ руб. – ежегодные амортизационные отчисления.

Отчисления на амортизацию, связанные с проектом – 55902,5 руб.

4. Колбонагреватель. Стоимость 4650 руб.

Срок использования 5 лет.

5. ЯМР-спектры снимали на спектрометре, принадлежащем Центру коллективного пользования ТНЦ СО РАН (ТомЦКП СО РАН), который, следовательно, не состоит на балансе Политехнического Университета. Стоимость исследования одного образца = 50 руб. На исследование было представлено 11 образцов. Таким образом, затраты на ЯМР-спектроскопию составили $11 * 50 = 550$ руб.

Итоговые издержки на приобретение, амортизацию и использование спецоборудования в рамках исследовательского проекта составляют:

$$C_2 = 4000 + 45000 + 55902 + 4650 + 550 = 110102 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы

В работе над проектом принимало участие 2 человека: студент-магистрант и руководитель проекта.

Оплату труда студента-магистранта в форме стипендии рассчитывали за период с 01.2015 по 05.2015 год (работа над проектом) по установленной в учебном договоре ставке 2500 руб./месяц: $5 * 2500 = 12500$ руб.

Зарплата руководителя рассчитывалась за весь период работы над проектом (с января по май 2015 года).

Согласно числу трудодней и таблице окладов ППС и НС (приложение к приказу ректора ТПУ), а также с учетом должностей исполнителей и утвержденными для указанных должностей размерами оклада, оплата труда руководителя составила:

Руководитель проекта – заведующий кафедрой, д.х.н.

Оклад (1 месяц) = 34595,56 руб.

Зарплата за исчисленный период: $34595,56 \text{ руб.} * 5 \text{ мес.} = 187977,8 \text{ руб.}$

С учетом Районного коэффициента: $187977,8 * 1,3 = 244371,14$ руб.

Сумма расходов по оплате труда сотрудников составила

$$244371,14 + 58010,35 = 302381,49 \text{ руб.}$$

Таблица 15. Расчёт основной заработной платы с января по май.

Исполнители	З _б , руб.	k _р	З _{5мес} , Руб	З _{осн} , руб.
Руководитель	34595,56	1,3	244371,14	187977,8
Магистрант			2500 _{стип.}	12,500
Лаборант	8924,67	1,3	58010,35	44623,35

Социальный налог на сотрудников (за исключением магистранта) равен 30,5 % от сумм заработной платы:

$$302381,49 * 0,305 = 92226,35$$

Таблица 16. Отчисления на социальные нужды.

	Руководитель	Магистрант	Лаборант
Зарплата	244371,14	12500	58010,35
Отчисления на соц. нужды	74533,2		17693,16

Общая сумма расходов по оплате труда составила:

$$C_3 = 302381,49 + 92226,35 + 12500 = 407107,84 \text{ руб.}$$

Таблица 17. Бюджет научного исследования.

N	Наименование	Сумма
1	Сырье, материалы и электроэнергия	6283,49
2	Оборудование	110102
3	Заработная плата	407107,84

Итого	523493,33
-------	-----------

Итоговая сумма расходов по исследовательскому проекту выглядит следующим образом:

$$C_{\Sigma} = C_1 + C_2 + C_3 = 6283,49 + 110102 + 407107,84 = \underline{523493,33 \text{ Руб.}}$$

5.9 Оценка ресурсоэффективности

Для оценки социальной эффективности научного проекта мы оценили предположительную степень влияния реализации проекта на различные критерии социальной эффективности.

Таблица 18. Критерии социальной эффективности.

ДО	ПОСЛЕ
Затрудненность производства лекарственных препаратов пролонгированного действия. Необходимость применять препарат пациентом часто, что требует его большей внимательности и влечет возможность нарушения графика приема ЛС.	Возможность создания новых лекарственных препаратов пролонгированного действия, которые не могли использоваться при применении полимеров с использованием октоата олова в качестве катализатора. Отсутствие необходимости у пациента регулярно принимать ЛС.
Вредное воздействие октоата олова на организм человека с применением препаратов на основе полимолочной кислоты	Отсутствие вредного влияния катализатора, благодаря возможности более тщательной очистки полимера

Также провели сравнительную оценку эффективности продуктов-разработок в сравнении с уже указанным аналогом (полимолочная кислота с использованием октоата олова в качестве катализатора), таблица 31 и выявили потенциальную конкурентоспособность наших разработок на рынке в будущем.

5.9.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Таблица 19. Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1	1000	150000	350562	100000	701230
2	1000	170000	381631	120756	789314,3

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{523493,33}{789314,3} = 0,66$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{701230}{789314,3} = 0,89$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{789314,3}{789314,3} = 1$$

где I_{Φ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p,$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 20. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	4

Продолжение таблицы 21

3. Помехоустойчивость	0,15	5	4	3
4. Энергосбережение	0,20	5	4	2
5. Надежность	0,25	5	5	5
6. Материалоемкость	0,15	1	2	3
ИТОГО	1	25	22	20

$$I_m^p = 5 \times 0,1 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,15 + 5 \times 0,20 + 5 \times 0,25 + 1 \times 0,15 = 4,25$$

$$I_1^A = 4 \times 0,1 + 3 \times 0,15 + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,20 + 5 \times 0,25 + 2 \times 0,15 = 3,8$$

$$I_2^A = 3 \times 0,1 + 4 \times 0,15 + 3 \times 0,15 + 2 \times 0,20 + 5 \times 0,25 + 3 \times 0,15 = 3,45$$

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

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,25}{0,66} = 6,44$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_\phi^{a1}} = \frac{3,8}{0,89} = 4,27$$

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^{a2}}{I_\phi^{a2}} = \frac{3,45}{1} = 3,45$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a1}} = \frac{6,44}{4,27} = 1,51$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a2}} = \frac{6,44}{3,45} = 1,87$$

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

Таблица 22. Сравнительная эффективность разработки.

№ п/ п	Показатели	Анало г 1	Анало г 2	Разработк а
1	Интегральный финансовый	0,89	1	0,8

	показатель разработки			
2	Интегральный показатель ресурсоэффективност и разработки	3,8	3,45	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	6,44	4,27	3,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,51	1,87	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Выводы

1) В данной работе впервые синтезированы сополимеры олигомера молочной кислоты с капролактамом в условиях микроволнового облучения.

2) Установлено,

– что скорость сополимеризации олигомера молочной кислоты с капролактамом протекает с заметной скоростью при мощности 360 Вт.

– При проведении сополимеризации ОМК и КПЛ при 360 Вт через 25 мин начинается деструкция сополимера и образец начинает приобретать коричневый цвет.

– Скорость протекания реакции сополимеризации ОМК и КПЛ в условиях МВО увеличивается в 12-15 раз по сравнению с обычным термическим нагревом.

- – При использовании в качестве катализатора $\text{Sn}(\text{Oct})_2$ третбутиловый спирт является более эффективным сокатализатором в реакциях сополимеризации ОМК и КПЛ в условиях МВО по сравнению с бензиловым.

- 3) Изучена гидролитическая устойчивость синтезированных сополимеров в воде с рН 5,5. Показано, что рН воды не изменяется в течение 22 дней, а образец сополимера ОМК-КПЛ при этом поглощает воду.

Список используемых источников.

- 1 Luckachan G. E., Pillai C. K. S. Biodegradable Polymers - A Review on Recent Trends and Emerging Perspectives. India. - 2011.
- 2 Полимерные материалы будущего на основе возобновляемых растительных ресурсов и биотехнологий: волокна, пленки, пластинки // Технический текстиль. – 2008. - №18.
- 3 <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4377-4459-0.00001-9>.
- 4 Dahlia Haynes. Novel lactide derived polymers. Syntheses? Properties and applications. Clemson University. – 2008.
- 5 Luc Averous. Synthesis, Properties, Environmental and Biomedical Applications of Polylactic Acid // Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics. – 2013. Pp. 171-187.
- 6 Donald Garlotta. A Literature Review of Poly(Lactic Acid) // Journal of Polymers and the Environment.- 2001. - №. 2. Pp.63-69.
- 7 Luc Averous. Synthesis. Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics. (2013) pp. 171-187.
- 8 Pivsa-Art S., Phansroy N. and at. Energy Procedia 56 (2014) 648 -658
- 9 M. Komorowska-Durka, G. Dimitrakis, and at. Chemical Engineering Journal 264 (2015) pp. 633–644
- 10 Choochottiros C, Park E, Chin IJ. Synthesis and characterization of polylactide–poly(methyl methacrylate)copolymer by combining of ROP and AGET ATRP. J Ind Eng Chem (2012);18:993–1000.
- 11 Preparation of Biodegradable Polymer Copolyesteramides from L-Lactic Acid Oligomers and Polyamide Monomers Sommai Pivsa-Art et al. / Energy Procedia 56 (2014)
- 12 George A. Brooks What does glycolysis make and why is it important // Journal of Applied Physiology. — 2010. — Вып. 108. — № 6. — С. 1450-1451. — DOI:10.1152/jappphysiol.00308.2010
- 13 Asutosh Kumar Pandey. Polymer Science and Engineering Division. India.: National Chemical Laboratory. – 2013. Pp.64 – 89.

14 Производство капролактама Под ред. Овчинникова В. И., Ручинского В. Р.-2010

15 К вопросу о качестве капролактама и полиамида С. Я. Карасёва, Е. Л. Красных, С. В. Леванова, Г. Г. Петров, С. Я. Садивский

16 D. Garlotta. A literature review of poly(lactic acid) // J. of Polymers and the Environment. 2002. V. 9. № 2. P. 63-84.

17 Полимеры для систем доставки лекарственных веществ пролонгированного действия .Полимеры и сополимеры молочной и гликолевой кислот. С.А. Кедик, Е.С. Жаворонок, И.П. Седишев , А.В. Панов,В.В. Суслов , Е.А. Петрова, М.Д. Сапельников, Д.О. Шаталов, Д.В. Ерёмин

18 Sarazin P, Li G, Orts WJ, Favis BD. Binary and ternary blends of polylactide, polycaprolactone and thermoplastic starch. Polymer 2008;49:599-609

19 Choochottiros C, Park E, Chin IJ. Synthesis and characterization of polylactide–poly(methyl methacrylate)copolymer by combining of ROP and AGET ATRP. J Ind Eng Chem 2012;18:993–1000

20 Ting TL, Yang LX, He C. A DFT study on poly(lactic acid) polymorphs. Polymer 2010;51:2779–2785.

21 Никольский Б.П. (ред) / справочник химика .Рубрика: Химия 21 Ноябрь 2012.

22 Биоразлагаемые полимерные материалы/© Унипак.Ру, 2009. - URL: <http://ref.unipack.ru/13/> дата обращения 9.10.2009.

23 Xiong, Z.; Ren, H.; Huang, Y.; Liu, H.; Xiong, H.; Wu, Y. & Han, J. (2011). Graft Copolymerization of Methyl Methacrylate onto Bamboo Cellulose under Microwave Irradiation. Carbohydrate Polymers, Vol. 83, No. 1 (January 2011), pp. 264-269, ISSN: 0144-8617

24 M. R. & Parkin, I. P. (2010). Enhanced Solubility and Covalent Solubilization of Single Walled Carbon Nanotubes via Atmospheric Pressure Microwave Reflux and the Subsequent Spray Coating of Transparent Conducting

Thin Films. Current Nanoscience, Vol. 6, No. 3 (June 2010), pp. 232-242, ISSN: 1573-4137

25 Synthesis and Processing of Biodegradable and Bio-Based Polymers by Microwave Irradiation Guido Giachi, Marco Frediani, Luca Rosi and Piero Frediani University of Florence Italy-2014.

26 Bhardwaj R, Mohanty AK. Advances in the properties of polylactide based materials: a review. Journal of Biobased Materials and Bioenergy 2009.

27 Poly L -lactide-layered double hydroxide nanocomposites via in situ polymerization of L –lactide. V. Katiyar et al. / Polymer Degradation and Stability 95 (2010)

28 Nomura N, Akita A, Ishii R, Mizuno M: Random copolymerization of epsilon-caprolactone with lactide using a homosalen-Al complex. J Am Chem Soc 2010, 132:1750-1751.

29 Choochottiros C, Park E, Chin IJ. Synthesis and characterization of polylactide–poly(methyl methacrylate)copolymer by combining of ROP and AGET ATRP. J Ind Eng Chem 2012;18:993–1000.

30 Ting TL, Yang LX, He C. A DFT study on poly(lactic acid) polymorphs. Polymer 2010;51:2779–2785.

31 Фомин В.А. Состояние и направления развития работ по получению биоразлагаемых полимеров из молочной кислоты // Пластические массы, 2012.–№3.– С.56–64.

32 Богданова О.И., Седуш Н.Г., Овчинникова Т.Н., Белоусов С.И., Поляков Д.К., Чвалун С.Н. Полилактид - биоразлагаемый, биосовместимый полимер на основе растительного сырья // Экология и промышленность России. – 2010. Спецвыпуск. Сс.18-23.

33 Asutosh Kumar Pandey. Polymer Science and Engineering Division. India.:National Chemical Laboratory. – 2013. Pp.64 – 89.

34 Химическая энциклопедия. Т. 1. Гл. ред. И.Л. Кнунянц. М.: Советская энциклопедия, 1988, с. 573.

35 Гордон А, Форд Р. Спутник химика. М.: Мир, 1976.

36 Polymerization of lactams. 99 Preparation of polyesteramides by the anionic copolymerization of ϵ -caprolactam and ϵ -caprolactone

European Polymer Journal, Volume 44, Issue 6, June 2008, Pages 1733-1742

37 ϵ -Caprolactam polymerization in presence of polyhedral oligomeric silsesquioxanes (POSS) Polymer, Volume 46, Issue 18, 23 August 2005, Pages 6810-6819 Laura Ricco, Saverio Russo, Orietta Monticelli, Alessandro Bordo, Federica Bellucci

38 Šebenda J. In: Puffr R, Kubařínek V, editors. Polymerization in lactam-based polyamides, vol. 1. Boca Raton, FL: CRC Press; 1991. p. 29.

39 Šebenda J. Lactam polymerization. J Macromol Sci 1972;6(6):1145–99.

40 Hu GH, Li H, Feng LF. A two-step reactive extrusion process for the synthesis of graft copolymers with polyamides as grafts. Macromolecules 2002;35(22):8247–50.

41 Stehlíček J, Šebenda J, Wichterle O. Alkaline polymerization of 6-caprolactam. XVII. Activators of alkaline polymerization of caprolactam. Collect Czech Chem Commun 1964;29:1236–58.

42 Goodman I, Vachon RN. Copolyesteramides—II. Anionic copolymers of ϵ -caprolactam with ϵ -caprolactone. Preparation and general properties. Eur Polym J 1984;20(6):529–37.

43 Komoto H. Anionic copolymerization of α -lactams with α -lactones. Makromol Chem 1968;115:33–42.

44 Goodman I, Vachon RN. Copolyesteramides—II. Anionic copolymers of ϵ -caprolactam with ϵ -caprolactone. Preparation and general properties. Eur Polym J 1984;20(6):529–37.

45 Komoto H. Anionic copolymerization of α -lactams with α -lactones. Makromol Chem 1968;115:33–42.

46 Polymerization of lactams: 97. Anionic polymerization

of ϵ -caprolactam activated by esters Jan Merna, Daniela Chromcova', Jir'ı' Broz'ek *, Jan RodaDepartment of Polymers, Institute of Chemical Technology, Prague, Technicka' 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic Received 17 October 2005; received in revised form 4 January 2006; accepted 6 January 2006

47 The Polyurethanes Book / Editors: David Randall, Steve Lee. – UK: John Wiley and Sons Ltd., 2002.

– 477 pp.

48 УДК 678 Д. А. Романов. ГЛИКОЛИЗ ОТХОДОВ ЭЛАСТИЧНЫХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКТОАТА ОЛОВА (II) В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРА (ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОЙ ПУБЛИКАЦИИ) 2012.

49 Bogdal D. Microwave assisted Organic Synthesis: One Hundred Reaction Procedures.- UK.:Elsevier, 2005. –P. 1-5.

50 Бердоносков С.С. Микроволновая химия // Соревновательный журнал. - 2001. - Т.7, №1. - С.32-38.

51 Baghurst D.R., Mingos D.M.P. Superheating effects associated with microwave dielectric heating // Chem. Commun. – 1992. – P.674.

52 Stuerge D., Gonon K., Lallemand M. Microwave heating as a new way to induce selectivity between competitive reactions. Application to isomeric ratio control in sulfonation of naphthalene // Tetrahedron. - 1993. - Vol.49. - P.6229-6234.

53 Kappe C.O., Dallinger D., Murphree S.S. Practical Microwave Synthesis for Organic Chemists.–Weinheim: Wiley-VCH, 2009. -300 p.

54 Jacobsen S., Fritz H., Dubois P. New developments on the ring opening polymerisation of polylactide. Ind. Crop. Prod. – 2000. - №11. Pp. 265-275.

55 Du Y.J., Lemstra P.J., Nijenhuis A.J. Type copolymers of lactide with poly(ethylene glycol). Kinetic, mechanistic, and model studies. Macromolecules. - 1995. Pp. 2124-2132.

56 Способ непрерывного получения сложных полиэфиров. Пат. RU 2510990.

57 Л. И. Кнунянц. Химическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия. – 1988.

58 Бакибаев А. А., Мамаева Е. А., Яновский В. А., Быстрицкий Е. Л., Яговкин А. Ю. Препаративные методы синтеза азотосодержащих соединений на основе мочевины. – Томск: Аграф-Пресс. – 2007. – 164 с.

59 Бондалетова Л.И., Сутягин В.М. Вискозиметрический метод определения молекулярной массы: Методическое пособие по выполнению лабораторных работ по курсу «Химия и физика высокомолекулярных соединений» для студентов направления 550800, специальности 250500 – Томск: Изд. ТПУ, 2003 - 12 с.

60 Григорьев А. И. Введение в колебательную спектроскопию неорганических соединений. МГУ. – 1997.

61 Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1973. 329

62 Микроволновой синтез сополимеров молочной кислоты и ϵ -капролактама В.А. Попова, Р. О. Гуляев

63. Velde, K.V.; Kiekens, P. Polym. Test. 2002, 21, 433.

64 Международный стандарт IC CSR 26000 : 2011.

65 Конституция Российской Федерации. Статья 7.

66 Меньшиков В. В., Швыряев А. А. Опасные химические объекты и техногенный риск: учебное пособие. – М: Изд-во Химич. фак. Моск. ун-та. – 2003. - 254 с.

67 Трудовой кодекс Российской Федерации (Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, N 1 (ч. I), ст. 3; 2004, N 35, ст. 3607; 2006, N 27, ст. 2878; 2008, N 30 (ч. II), ст. 3616), ПРИКАЗ от 12 апреля 2011 г. N 302н

68 Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). Методические рекомендации ПНД Ф 12.13.1-03.

69 ГОСТ 12.1.005 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".

70 СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

71 СНиП 25-05-95. Естественное и искусственное освещение.

72 Федеральный закон РФ от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда.

73 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. - Режим доступа http://tehbez.ru/Docum/DocumShow_DocumID_504.html.

74 Carrasco F. Polymer Degradation and Stability. Kinetics of the thermal decomposition of processed poly(lactic acid). – 2010.

75 Luc Averous. Synthesis, Properties, Environmental and Biomedical Applications of Polylactic Acid // Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics. –2013. Pp. 171-187.

76 ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты/

77 ГОСТ Р12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

78 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

79 ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

80 ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

81 ГОСТ 17187-81. Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний.

82 Технический регламент «О безопасности средств индивидуальной защиты» №1213-ФЗ от 24.12.2009.

83 Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. N 45н.

84 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

85 ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

86. Middleton J.C., Tipton A.J. Synthetic biodegradable polymers as orthopedic devices // *Biomaterials*. Elsevier, 2000. Vol. 21, № 23. P. 2335–2346.
87. Jürgens C. et al. Biodegradable Films in Trauma and Orthopedic Surgery // *Eur. J. Trauma*. 2006. Vol. 32, № 2. P. 160–171.
88. Луканина К.И. Разработка научных и технологических основ создания перевязочных средств из биодеструктируемых и биосовместимых волокнистых материалов. Дис. канд. тех. наук: 05.11.17. М., 2011, 157 с.
89. Shuakat M.N., Lin T. Recent Developments in Electrospinning of Nanofiber Yarns // *J. Nanosci. Nanotechnol.* 2014. Vol. 14, № 2. P. 1389–1408.
90. Tamai H. et al. Initial and 6-Month Results of Biodegradable Poly-l-Lactic Acid Coronary Stents in Humans // *Circulation*. 2000. Vol. 102, № 4. P. 399–404.
91. Mäkinen T.J. et al. Efficacy of bioabsorbable antibiotic containing bone screw in the prevention of biomaterial-related infection due to *Staphylococcus aureus*. // *Bone*. 2005. Vol. 36, № 2. P. 292–299.
92. Boateng J. et al. Wound healing dressings and drug delivery systems: a review // *J. Pharm. Sci.* 2008. Vol. 97, № 8. P. 2892–2923.
93. Paakinaho K. et al. Demonstrating the mechanism and efficacy of water-induced shape memory and the influence of water on the thermal properties of oriented poly(d,l-lactide) // *J. Appl. Polym. Sci.* 2013. Vol. 130, № 6. P. 4209–4218.
94. Lendlein A., Langer R. Biodegradable, elastic shape-memory polymers for potential biomedical applications. // *Science*. 2002. Vol. 296, № 5573. P. 1673–1676.

