

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

Институт: Физико-технический
Кафедра Экспериментальной физики
Направление подготовки: Техническая физика

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ КОРНЕАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ КЕРАТОПЛАСТИКИ

УДК 661.746.617.713-089.843

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кравченко А.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Профессор каф. ЭФ ТПУ	Пичугин В.Ф.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента, к. экон. н.	Рыжакина Т.Г.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Ассистент каф. прикладной физики, к.ф.-м.н.	Гоголева Т.С.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭФ ФТИ	Кривобоков В.П.	д.ф.-м.н., профессор		

**Результаты обучения магистров
направления 16.04.01 «Техническая физика»
(профиль «Пучковые и плазменные технологии»)**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Демонстрировать и использовать теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, составляющих основу современной технической физики, вскрывать физическую сущность проблем, возникающих при проектировании и реализации радиационных и плазменных технологий.	Требования ФГОС (ОПК-2). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р2	Профессионально эксплуатировать современное научное и технологическое оборудование и приборы в процессе создания и реализации радиационных и плазменных технологий	Требования ФГОС (ОПК-1). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р3	Заниматься научно-исследовательской деятельностью в различных отраслях технической физики, связанных с современными радиационными и пучково-плазменными технологиями, критически анализировать современные проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследований, выбирать адекватные методы решения задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	Требования ФГОС (ОПК-5, ПК-5, ПК- 8). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р4	Самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для прогнозирования результатов воздействия различных радиационных и плазменных потоков на вещество, а также оптимизации параметров радиационных и пучково-плазменных технологий, с использованием современных физико-математических методов, стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-6, 7). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р5	Разрабатывать и оптимизировать современные пучковые и плазменные технологии с учетом экономических и экологических требований, проводить наладку и испытания технологических установок и аналитического оборудования, решать прикладные инженерно-технические и технико-экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ.	Требования ФГОС (ПК-12,13,14). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р6	Участвовать в проектно-конструкторской деятельности, формулировать технические задания, составлять техническую документацию, разрабатывать и использовать средства автоматизации, анализировать варианты проектных, конструкторских и технологических решений, разрабатывать проекты и проектную документацию для создания оборудования, реализующего пучковые и плазменные технологии.	Требования ФГОС (ПК-15, 16). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р7	Заниматься научно-педагогической деятельностью в области технической физики, участвовать в разработке программ учебных дисциплин, проводить учебные занятия, обеспечивать практическую и научно-исследовательскую работу обучающихся, применять и разрабатывать новые образовательные технологии	Требования ФГОС (ПК-9, 10, 11). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р8	Заниматься организационно-управленческой деятельностью, владеть приемами и методами работы с персоналом, находить оптимальные решения при реализации технологий и создании продукции, управлять программами освоения новой продукции и технологий.	Требования ФГОС (ПК-17, 18, 19). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р9	Осуществлять научно-инновационную деятельность, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области радиационных и пучково-плазменных технологий, внедрять новые наукоемкие технологии, готовить документы по защите интеллектуальной собственности, разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов.	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 4). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные компетенции</i>		
Р10	Развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, в течение всей жизни самостоятельно обучаться новым методам исследований, пополнять свои знания в области современной технической физики и смежных наук, расширять и углублять свое научное мировоззрение.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 6). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р11	Активно общаться в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности, свободно и грамотно пользоваться русским и иностранными языками как средством делового общения	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК - 4). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р12	Участвовать в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, проявлять инициативу, брать на себя всю полноту ответственности, уметь находить творческие, нестандартные решения профессиональных и социальных задач.	Требования ФГОС (ОК-4, 5, ОПК-3). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Физико-технический институт
Кафедра Экспериментальной физики
Направление подготовки: Техническая физика

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской работы

Студенту:

Группа	ФИО
ОДМ51	Кравченко Алёне Владимировне

Тема работы:

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ КОРНЕАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ КЕРАТОПЛАСТИКИ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования являются пленки из полимолочной кислоты, полученные из объема раствора 10мл, 20мл и 30 мл.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ литературных источников по применяемым в лечении буллезной кератопатии материалов и методов, определение требований к корнеальным полимерным имплантатам; исследования поверхностных свойств полученных пленок из полимолочной кислоты после паровой стерилизации, стерилизации γ - излучением радионуклида ^{60}Co , после облучения тяжелыми ионами Хе; раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; раздел «Социальная ответственность»

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент каф. Менеджмента, к. экон. м., Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Ассистент каф. прикладной физики, к.ф.- м.н., Гоголева Т.С.

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ЭФ ФТИ	Пичугин В.Ф.	д.ф. - м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кравченко А.В.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
ОДМ51	Кравченко Алёне Владимировне

Институт	Физико-технический	Кафедра	Экспериментальная физика
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Техническая физика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i> 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов.</i> 3. <i>Система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i> 2. <i>Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой и экономической эффективности исследования.</i>
Перечень графического материала:	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).</i> 2. <i>Контрольные события проекта.</i> 3. <i>Календарный план-график проведения НИОКР по теме.</i> 4. <i>Расчет материальных затрат для осуществления одного производственного цикла.</i> 5. <i>Расходы на основные материалы.</i> 6. <i>Расходы на заработную плату.</i> 7. <i>Группировка затрат по статьям.</i>

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. экон. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кравченко А.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа ОДМ51	ФИО Кравченко Алёне Владимировне
-----------------	-------------------------------------

Институт	Физико-технический	Кафедра	Экспериментальная физика
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Техническая физика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитное излучение, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. прикладной физики	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кравченко А.В.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа представлена на 128 листах машинописного текста, включает 49 иллюстраций, 35 таблиц, 84 источника литературы.

Ключевые слова: полимолочная кислота, биodeградируемые материалы, ионизирующее излучение, ионное облучение, буллезная кератопатия, кератопластика, стерилизация.

Объектами исследования являются пленки из полимолочной кислоты ПМК.

Цель работы – получение данных о влиянии паровой стерилизации в температурных режимах 120 °С и 132 °С и лучевой стерилизации γ - излучением радионуклида ^{60}Co в дозах 1 кГр и 10 кГр на свойства ПМК.

В работе проведены исследования поверхностных свойств полученных пленок из полимолочной кислоты после паровой стерилизации в двух температурных режимах ($T = 120^\circ\text{C}$, $T = 132^\circ\text{C}$), стерилизации γ - излучением радионуклида ^{60}Co в стерилизующих дозах 1 кГр и 10 кГр, после облучения тяжелыми ионами $^{129}\text{Xe}^{+8}$ методами сканирующей электронной микроскопии, лазерной микроскопии, ИК – спектроскопии, изучены смачиваемость и свободная энергия поверхности данных пленок, а также рассмотрены механические характеристики пленки полилактида.

В результате исследования установлено, что пленки на основе полимолочной кислоты имеют поверхность с четко выраженными зернами. Паровая стерилизация увеличивает шероховатость в 2 раза, не способствует изменению угла смачивания и свободной энергии поверхности. Стерилизация γ – излучением увеличивает шероховатость на 12%, уменьшает краевой угол на 10%, увеличивает свободную энергию поверхности при дозе 1 кГр на 8,8%. Облучение ионами $^{129}\text{Xe}^{+8}$ пленки ПМК формирует латентные треки и «кратерообразные» дефекты в области треков округлой формы размером с внешней стороны 200 ± 50 мкм, глубиной - 170 ± 40 мкм, с внутренней стороны (выход ионов) - 140 ± 25 мкм, глубиной - 180 ± 30 мкм.

Определения

В данной работе использованы термины, имеющие следующие определения:

Биодеградируемые полимеры – материалы, подвергающиеся разложению ферментами, бактериями и микроорганизмами.

Полимолочная кислота – полимер из группы алифатических полиэфигов, который получается путем полимеризации молочной кислоты.

Буллезная кератопатия – нарушение функции эндотелиального слоя роговицы, ведущее к излишней гидратации стромы с образованием в эпителиальном слое характерных пузырьков.

Кератопластика – операция по трансплантации донорской роговицы или искусственных роговичных имплантатов.

Гидрофильность – характеристика интенсивности молекулярного взаимодействия вещества с водой, способность хорошо впитывать воду, а также высокая смачиваемость поверхности водой.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	13
ГЛАВА I. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	14
1.1. Буллезная кератопатия	14
1.2. Способы лечения буллезной кератопатии.....	15
1.3. Возможность использования искусственных материалов в кератопластике: органические материалы для изготовления имплантатов	16
1.4. Использование трековых мембран из полиэтилентерефталата в офтальмологии	18
1.5. Биodeградируемые материалы и перспективы использования их в медицинской практике	20
1.6. Полимолочная кислота	21
1.7. Определение мембраны и методы изготовления трековых мембран....	24
1.8. Стерилизация полимерных изделий	26
ГЛАВА II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	29
2.1 Методы стерилизации: стерилизация в автоклаве, стерилизация гамма – лучами	29
2.2 Методы изучения физических свойств	29
2.2.1. Электронно–микроскопические методы.....	29
2.2.2. Лазерная сканирующая микроскопия	30
2.2.3. Исследование шероховатости поверхности	30
2.2.4. Измерение контактного угла и поверхностной энергии	31
2.2.5. ИК–спектроскопия	34
2.2.6. Методика исследования прочности и механических характеристик.....	35
2.3 Образцы для исследований.....	35
2.4 Методика облучения пленок	35
2.5 Методы статистической обработки экспериментальных данных	36
ГЛАВА III. ЭКПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	37
3.1. Исследование поверхностных свойств исходных ПМК	37
3.2. Исследование поверхностных свойств ПМК после стерилизации.....	45
3.3. Исследование поверхностных свойств ПМК после облучения	54

3.4. Смачиваемость и СЭП.....	56
3.5. Механические характеристики ПМК.....	62
ГЛАВА IV. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	64
Введение.....	64
4.1. Предпроектный анализ	65
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	65
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	65
4.1.3. SWOT-анализ	66
4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	71
4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	72
4.2. Инициация проекта.....	74
4.2.1. Организационная структура проекта	75
4.3. Планирование управления научно-техническим проектом	76
4.3.1. Иерархическая структура работ проекта.....	76
4.3.2. Контрольные события проекта.....	77
4.3.3. План проекта	78
4.4. Бюджет научного исследования	80
4.4.1. Расчет материальных затрат научного исследования.....	81
4.4.2. Специальное оборудование для научно-исследовательских работ. 82	
4.4.3. Основная заработная плата.....	82
4.4.4. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	84
4.4.5. Отчисления на социальные нужды	85
4.4.6. Накладные расходы	85
4.5. Организационная структура проекта	85
4.6. Матрица ответственности	86
4.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	88
4.7.1. Динамические методы экономической оценки инвестиций	88

4.7.2. Чистая текущая стоимость (NPV)	89
4.7.3. Дисконтированный срок окупаемости	90
4.7.4. Внутренняя ставка доходности (IRR)	91
4.7.5. Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)	93
4.7.6. Оценка сравнительной эффективности исследования	93
Заключение	96
ГЛАВА V. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	98
5.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов	99
5.2. Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению при работе на ПЭВМ. ...	100
5.2.1. Организационные мероприятия	100
5.2.2. Технические мероприятия	101
5.2.3. Условия безопасности работы	103
5.3. Электробезопасность	105
5.4. Пожаровзрывобезопасность	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	111
ПРИЛОЖЕНИЕ А	120

ВВЕДЕНИЕ

Буллезная кератопатия (БК) или эндотелиально-эпителиальная дистрофия (ЭЭД) является тяжелым заболеванием роговицы, прогрессирующим и тяжело поддающимся лечению. Снижение барьерных и насосных функций эндотелиального слоя, приводящие к отеку роговицы из-за поступающей в нее внутриглазной жидкости, и есть основная причина появления БК. Для лечения данного заболевания используют консервативные и хирургические методы, которые не гарантируют стабильных и положительных результатов. Использование полупроницаемых мембран в лечении БК является перспективным, так как мембраны нормализуют движение внутриглазной жидкости, обеспечивая прозрачность роговицы. Поэтому создание биосовместимых корнеальных имплантатов представляет актуальную задачу в лечении БК. Использование полученных мембран для лечения БК в качестве имплантатов невозможно без проведения стерилизации полученных изделий.

Предмет исследования: влияние паровой стерилизации и лучевой стерилизации γ - излучением радионуклида ^{60}Co на свойства ПМК.

Объектами исследования являются пленки из полимолочной кислоты.

Цель работы: Получение данных о влиянии паровой стерилизации в температурных режимах 120 °С и 132 °С и лучевой стерилизации γ - излучением радионуклида ^{60}Co в дозах 1 кГр и 10 кГр на свойства ПМК.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- получение пленок на основе полимолочной кислоты (ПМК);
- определение топографии поверхности пленок ПМК, параметров шероховатости;
- исследование краевого угла смачиваемости и свободной энергии поверхности материала;
- анализ влияния стерилизации на поверхностные свойства ПМК;
- провести анализ прочностных и механических характеристик;

ГЛАВА I. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1. Буллезная кератопатия

В мире приблизительно 286 миллионов человек, страдающих от нарушения зрения. Их них 39 миллионов имеют слепоту, остальные - пониженное зрение. По данным Всемирной Организации Здравоохранения, среди основных причин резкого снижения зрения занимают поражения роговицы [1].

Буллезная кератопатия (БК) или эндотелиально-эпителиальная дистрофия (ЭЭД) роговицы является хроническим воспалительно-дистрофическим заболеванием с выраженным болевым синдромом [2]. При БК происходит нарушение функции эндотелиальной оболочки роговицы, что приводит к насыщению стромы жидкостью из передней камеры глаза с возникновением пузырей (булл) (рис. 1)

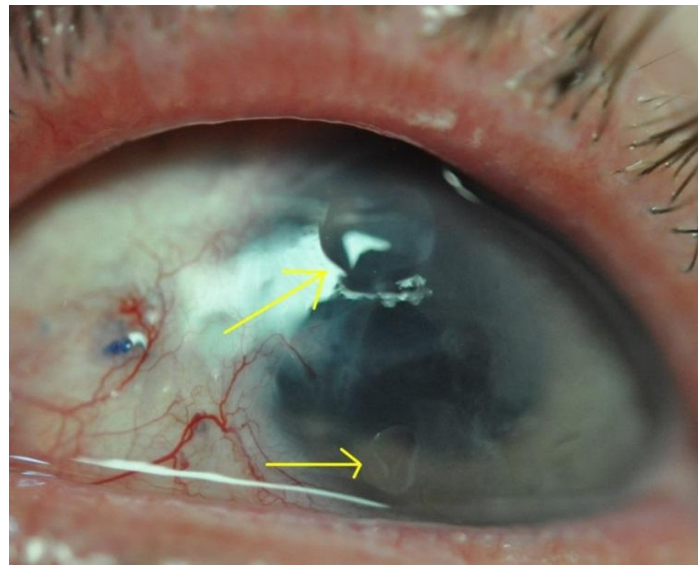


Рисунок 1. Отек роговицы с буллезной кератопатией. Стрелками указаны буллы на поверхности роговой оболочки.

Зачастую, БК является осложнением офтальмохирургического вмешательства (витрэктомии, экстракции катаракты, антиглаукоматозной операции), полученные в результате травматизации оперативных манипуляций внутренней поверхности роговой оболочки [3]. Реже, вызвано перенесенным заболеванием переднего отрезка глаза воспалительного генеза

[4]. В результате, при снижении численности эндотелиальных клеток свыше 500 кл/мкм² эндотелий утрачивает свои барьерные и насосные функции, что приводит к развитию отека [5].

Отек эпителия роговицы способствует образованию пузырей на роговичной поверхности, которые, в результате своего разрыва, обнажают нервные окончания. Это, в свою очередь, приводит к возникновению болевого синдрома, светобоязни и слезотечения. При дефекте эпителия существует вероятность инфицирования роговой оболочки и развитию воспалительных заболеваний переднего отрезка глаза [6].

1.2. Способы лечения буллезной кератопатии

Известные на сегодняшний день методы лечения БК подразделяются на консервативные и хирургические. Выбор того или иного метода лечения зависит от стадии заболевания. Консервативные методы лечения включают в себя использование дегидратирующих веществ таких, как гипертонические солевые растворы. Для уменьшения эпителиального отека на ранних стадиях используют сульфацил-натрия 20%, мази или капли с содержанием хлорида натрия 5% [7]. Использование антиоксидантов, микроэлементов, биогенных стимуляторов и витаминов стимулирует регенерацию эпителия и обменных процессов [8-12]. Подобного рода препараты не устраняют причину и кератопатия прогрессирует.

Существуют гидрофильные контактные линзы длительного ношения, которые уменьшают болевые ощущения. Мягкие контактные линзы защищают поврежденный эпителий от воздействия факторов окружающей среды. Они устраняют вероятность попадания посторонних тел в область глаза, нежелательные разрывы булл и эрозию роговицы. Кислородная проницаемость того или иного типа линз является значимым фактором подбора линз для быстрого устранения роговичного синдрома.

Несмотря на повсеместность использования консервативного лечения буллезной кератопатии, подобного рода терапия обеспечивает лишь

кратковременный положительный результат и не в состоянии восстановить нарушенную барьерную функцию эндотелия роговицы. Значительно более эффективными методами лечения БК являются хирургические, в частности - кератопластика.

На сегодняшний день существует много видов кератопластики для лечения буллезной кератопатии. В зависимости от техники проведения операции подразделяют на сквозные, послойные, послойно – сквозные и межслойные. Послойная и сквозная типы кератопластики является более распространенными в офтальмохирургии. При помутнении поверхностных слоев роговицы проводят послойную кератопластику. Операция заключается в удалении поверхностной мутной части роговицы с учетом расположения границ и глубины поверхности помутнений. Сквозная кератопластика заключается в резекции центральной части мутной роговицы пациента насквозь и замене дефекта с помощью пересадки донорской роговицы – трансплантата [13].

Сквозная кератопластика является наиболее патогенетически обоснованной в лечение буллезной кератопатии. Однако, как и при другом оперативном вмешательстве, существует огромный риск развития гнойных осложнений и отторжения донорского трансплантата в послеоперационном периоде, что способствует поиску и разработке иных методов лечения БК. Особый интерес, в связи с этим, представляют биодергадируемые материалы небиологического типа.

1.3. Возможность использования искусственных материалов в кератопластике: органические материалы для изготовления имплантатов

Использование искусственных материалов для кератопластики на протяжении многих десятков лет является одним из основных вопросов для развития лечения заболеваний роговицы глаза. Еще в 1966 году Barraquer J. была проведена операция по имплантации линз из целлоидина. В связи с

развитием осложнений в послеоперационном периоде в виде помутнений роговой оболочки, были приняты решения заметить трансплантируемый материал на пластмассы АКР-7. И, в 1976 г. группой ученых под руководством И.В. Морхата выполнена интрастромальная имплантация линз из АКР-7 в глубокие слои роговицы. Полученные результаты свидетельствовали об относительно адекватном пребывании имплантата в роговичных слоях и о возможности использования искусственных материалов в кератопластике [14,15].

В 1970-72 гг. Животовским Д.С. были проведены серии экспериментов с использованием линз из оргстекла. Имплантация положительно диоптрийных линз имела положительные результаты и хорошую переносимость используемого материала тканью роговицы. Однако использование отрицательно диоптрийных линз того же материала привело к большому числу осложнений. В дальнейшем, для ослабления рефракции, исследователем были использованы имплантаты в форме кольца [16,17].

Линзы из гидрогеля исследовали McDonald M. 1981 гг. [18], McCary В.Е. 1982-86 гг. [19-21] и Werblin T., 1983 г. [22]. В ходе экспериментов McCary были сделаны выводы о наличии хорошей биосовместимости материала линз и роговичной тканью, но рефракционный результат оказался нестабильным, слабым и мало прогнозируемым. В 2007 году Мороз З.И. с соавт. были опубликованы исследования по кератопластике с использованием имплантатов интрастромальных сегментов на основе гидрогеля [23,24]. К осложнениям авторы отнесли отложения на поверхности сегмента невыясненного происхождения, которые не повлияли на ухудшение зрения.

Stone W. и Herbert E. в 1953г. впервые применили полиметилметакрилат в качестве интракорнеального имплантата, который являлся наиболее привлекательным материалом из всех используемых когда-либо [25]. Данный имплантат продемонстрировал низкую инертность, высокую биосовместимость с тканью роговицы, а так же имел небольшой вес и близкий к роговичному рефракционный индекс [26].

В 1997 году в качестве корнеального имплантата Дроновым М.М. и Карановым В.С. в лечении буллезной кератопатии была предложена желатиновая пленка, изготовленная путем дублирования желатина NNN"N" тетраизопрорксиметилдиамидом малоновой кислоты (ЛИКИ-19) [27]. Полученные пленки были прозрачны, имели характерную температуру плавления, которая превышала 100 °С с хорошей адгезионной прочностью. Наложение достаточного количества швов являлось трудоемкой процедурой, которая требовала последующего обязательного удаления, что приводило к образованию рубцов и снижению зрения после операции в дальнейшем. Legeais J. – M. отмечал возможность применения к качеству эндопротеза центральной оптической части (кератопротеза) системы на основе полисилоксана, покрытого поливинилпирролидоном, который содержал ободок, изготовленный из пористого политетрафторэтилена. Эндопротез, имплантированный пациентам, не терял своих характеристик в течение нескольких месяцев [28]. Взаимодействие такого имплантата из политетрафторэтилена с гиалуроновой кислотой, которая входит в состав глазного яблока, было исследовано опытно [29]. В 2009 году Дружининым И.Б. было предложено использовать гидрогелевый диск в качестве барьера для влаги из передней камеры роговицы [30]. Недостатком диска, используемого для имплантации, являлась его толщина, (0,1 мм). Физико-химические свойства данного материала не могли уменьшить или вовсе предотвратить излишнюю гидратацию стромы роговицы, что способствовало поиску новых материалов для лечения буллезной кератопатии.

1.4. Использование трековых мембран из полиэтилентерефталата в офтальмологии

Одной из первых работ по применению трековых мембран в офтальмологии является труд самарских офтальмологов совместно с учеными из Объединенного Института Ядерных Исследований под руководством П.Ю. Апель, Л.И. Кравец [31]. Трековые мембраны из ПЭТФ с

модифицированной в плазме поверхностью были применены в качестве эксплантодренажа в хирургии некоторых форм вторичной глаукомы. Апробация материала была проведена на 30 кроликах породы Шиншилла и 134 пациентах с вторичной глаукомой (разрешение на проведение клинических исследований №01-26718/06 от 28.12.2009). Согласно результатам, разработанный дренаж не обладает местно–раздражающим, сенсibiliзирующим действием и соответствует требованиям, предъявляемым к изделиям, постоянно контактирующим с внутренней средой глаза [32].

Трековые мембраны на основе ПЭТФ нашли свое применение в лечении буллезной кератопатии в качестве корнеальных имплантатов [33,34]. Группой ученых из Томского политехнического университета совместно с сотрудниками кафедры офтальмологии Сибирского государственного университета разработан и внедрен в учебный процесс метод барьерной кератопластики с применением трековых мембран [35]. Согласно предложенному способу, мембраны, предварительно обработанные низкотемпературной плазмой и прошедшие стерилизацию, имплантировали в интрастромальный карман роговицы с буллезной кератопатией. Результаты исследований показали, что имплантация ТМ из ПЭТФ в строму роговицы при буллезной кератопатии сопровождается развитием умеренно выраженной воспалительно – регенераторной реакцией и стабилизацией патологического процесса в роговой оболочке [36,37].

Полученные данные показали перспективность использования мембран небиологического типа в лечении данного заболевания роговицы. Особенный интерес представляют биodeградируемые материалы, которые могут служить хорошим субстратом для «подсаженных» *ex vivo* клеток, еще непрошедших дифференцировку. В связи с чем, создавая условия, направленные на реализацию «эндотелиальной» дифференцировочной программы бластных клеток, возможно заместить утраченный пул эндотелиоцитов и, как следствие, барьерную функцию роговой оболочки.

1.5. Биodeградируемые материалы и перспективы использования их в медицинской практике

С развитием современной медицины и фармацевтики возрастает необходимость в разработке биodeградируемых материалов с широким спектром свойств и регулируемыми сроками деградации. Биodeградируемыми (биоразлагаемыми) являются материалы, подвергающиеся разложению ферментами, бактериями и микроорганизмами. Круг биodeградируемых материалов, используемых в настоящее время, весьма широк и включает шовные материалы, пленочные и мембранные материалы для закрытия раневых поверхностей [38,39], крепежные элементы для соединения костных отломков [40], пеноматериалы для заполнения послеоперационных полостей в мягких тканях, хрящевые и костные имплантаты, а также средства доставки медицинских препаратов в организм человека [41]. Для улучшения биосовместимости и получения новых функций используют комбинирование материалов. Одним из широко используемых биodeградируемых материалов в медицине является полимолочная кислота.

По сравнению с неразлагаемыми аналогами, для биodeградируемых изделий не требуется повторного вмешательства для их извлечения. Однако, материалы и имплантаты, которые действуют временно для восполнения того или иного дефекта ткани или органа в организме, при этом оказывающие лечебное действие, должны подвергнуться биодеструкции одновременно с замещением новыми тканями. Поэтому необходимо, чтобы процесс биodeградации, протекающий *in vivo* при имплантации, проходил с определенной скоростью, а продукты деградации - своевременно выводились из организма. Полимолочная кислота деградирует до молочной кислоты, которая является не токсичной для организма и участвует в процессах транспорта лактата из мышц в печень (цикл Кори).

Процесс взаимодействия материала и организма очень сложен и складывается из комплекса разнообразных реакций. Кинетика разрушения

материала в биологических средах, безусловно, зависит от многих факторов, включая способ переработки материала в изделие, формы и массы имплантата, а также места введения в организм. Важным моментом при этом является механизм разрушения материала, так как разрушение материала может протекать в поверхностном слое, постепенно углубляясь внутрь материала, по мере его разрушения с поверхности или во всем объеме материала.

В 1966 г. Kulkarni R.K. впервые было предложено использовать материалы на основе полимолочной кислоты для применения в качестве сосудистых стентов и хирургических нитей [42]. Для исследования биораспределения и реакции тканей организма под кожу свиньям вводился полилактид в виде порошка. Было выявлено, что материал не оказывает токсичного эффекта, ткани не воспаляются, а потеря массы образцов за время экспериментов составила не более 14 %. Также автором не наблюдалось радиоактивное воздействие материала на организм животного, следовательно, продукты деструкции выводятся из организма в виде углекислого газа.

Herrmann J.V. и группа соавт. в 1970 г. исследовав полигликолевую кислоту, описали клинический опыт применения её в качестве нитей в сравнение с использованием других материалов (шелка, хлопка, кетгута) [43]. Авторами были отмечены схожие механические характеристики описанных материалов. В 1971 г. биоразлагаемые штифты из полимолочной кислоты были применены для лечения переломов [44]. С того времени прошло более 40 лет, а различные виды изделий на основе полимеров полимолочной кислоты широко введены в практику хирургии, травматологии и ортопедии.

1.6. Полимолочная кислота

Полимолочная кислота (ПМК) или полилактид является полимером из группы алифатических полиэфиров, который получается путем

полимеризации молочной кислоты (см. рис. 2). Данный широко используется как пищевая упаковка, одноразовая посуда, а также в биомедицине с целью замены устойчивых к внешнему воздействию окружающей среды полимерных материалов [45]. ПМК является нетоксичным, прозрачным, термопластичным, биосовместимым с тканями человека полимером.

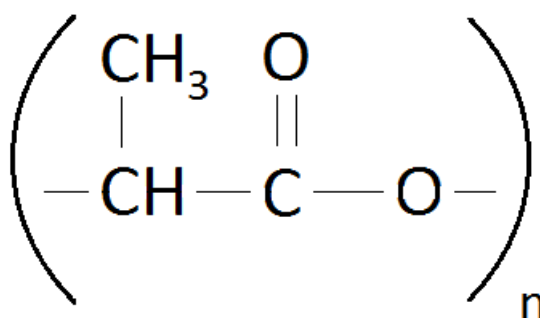


Рисунок 2. Формула полимолочной кислоты

Полилактид образован повторяющимися остатками $-(\text{O}-\text{CO}-\text{CHR})-n$, где $\text{R} = \text{CH}_3$. Замена H^+ на CH_3 приводит к образованию сложного гидрофобного полиэфира и вызывает более низкие водопоглощение и скорость гидролиза. Наличие $\text{R} = \text{CH}_3$ определяет хиральный центр и образует формы D и L, а также рацемические формы, где имеет место произвольное расположение хиральных центров. Обе формы полилактида (D и L) могут кристаллизоваться в отличие от рацемической формы, которая не кристаллизуется.

Как и полигликолид [46,47] полилактид обладает высокой прочностью при растяжении и низким относительным удлинением при разрыве и соответственно имеет высокий модуль упругости.

Основные физические свойства ПМК представлены в таблице 1 [45].

Таблица 1. Физическо-химические свойства ПМК.

Свойства	Значения
Плотность, ρ (г/см ³)	1,23 – 1,25
Температура стеклования	40 – 65

(аморфный/кристаллический), T_g , (°C)	
Температура плавления, T_m , (°C)	173 – 178
Предел прочности при растяжении, (МПа)	57,8
Модуль упругости, (ГПа)	3,3
Относительное удлинение при разрыве, %	3,8
Твердость по Роквеллу, (МПа)	R70 – R90

Мономер ПМК получают химическим синтезом (из лактона, хлорпропионовой кислоты, а также перекристаллизацией толуола) или микробиологической ферментацией сахаров, которые предварительно получают гидролизом и экстракцией из природного сырья (кукурузы, крахмала и т. д.). Данное сырье возобновляемое, что является достоинством для получения ПМК. Этот полимер имеет в своем составе сложноэфирную группу, поэтому гидролизует в молочную кислоту в биологических тканях [46].

Полимолочная кислота также может быть получена путем полимеризации молочной кислоты. Процесс полимеризации состоит из трех этапов: На первой стадии производится поликонденсация молочной кислоты при температуре, не превышающей 160⁰С, при которой происходит образование полимерных цепочек. Данные цепочки состоят из олигомера и низкомолекулярного полилактида. В инертной атмосфере азота при атмосферном давлении проходит удаление воды. На втором этапе при нагреве системы до 220⁰С и давлении 0,02 МПа лактид собирают в конденсационную колбу с помощью перегонки. Поддерживая в конденсаторе температуру 90⁰С, для предотвращения затвердевания, лактид выдерживали 4 часа. По истечению опеределнного времени твердый лактид извлекают из колбы. Полученный продукт промывают холодной водой, отделяют фильтрование и сушат около 7-8 часов при температуре 40⁰С. На завершающей стадии лактид, полученный ранее, смешивают с катализатором и в течение 2 часов при температуре 140⁰С получают полилактид [47].

1.7. Определение мембраны и методы изготовления трековых мембран

Мембраной является упорядоченная фаза или группа фаз, которая разделяет две другие фазы. Под действием силового поля, мембрана выступает в качестве активного или пассивного барьера при переносе вещества между этими фазами. Исходя из этого, метод разделения твердых частиц и раствора является мембранным процессом.

Выделяют признаки, характеризующие мембрану для индентифицирования ее среди других мембран:

1. Разделительный процесс, для которого предназначается (какие фазы она разделяет);
2. материал, из которого изготовлена сама мембрана;
3. структура, которая получена упорядочением мембранной фазы и обеспечивающая ее селективные свойства. Основными типами являются пористые и непористые мембраны.

Многообразие мембран обусловлено разнообразием методов и материалов, используемых для их получения. По структуре различают: пористые – мембраны, разделяющие частицы по размеру; непористые – отделяющие друг от друга молекулы, сравнимые по размеру; симметричные – изотропные; асимметричные – анизотропные; составные, композиционные; импрегнированные – жидкие мембраны на пористой подложке.

Основными типами являются пористые и непористые мембраны (Рисунок 3).

Пористыми являются мембраны, имеющие систему сквозных пор (треков), обеспечивающие проницаемость фаз компонентов смеси разделения, которые называют трековыми мембранами. В таких мембранах поры могут быть изолированными друг от друга или имеют систему лабиринта, которые связаны между собой каналами.

Непористыми считаются мембраны, в которых нет пор постоянного размера. Проницаемость в них обеспечивается "дырками" флуктуационной

природы. Для таких мембран диффузионная проницаемость компонентов является характерной.

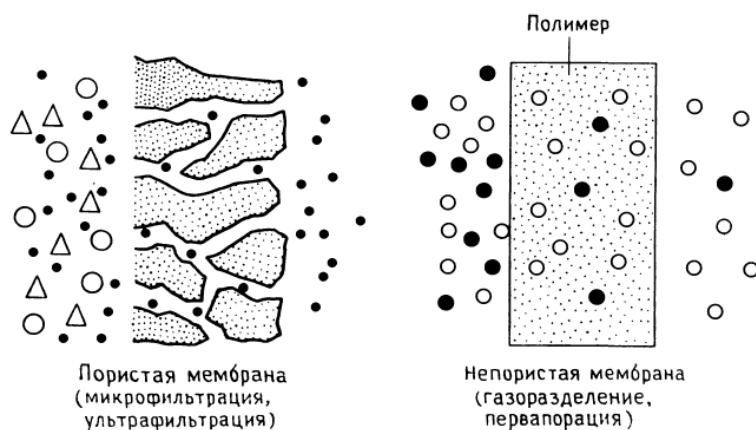


Рисунок 3 - Схема пористой и непористой мембран: $\Delta \circ \bullet$ - разделение компонентов пористой мембраны; $\circ \bullet$ - разделение компонентов непористой мембраны.

На сегодняшний день, трековые мембраны применяются в микроэлектронике, био - и нанотехнологиях, медицине и экологии, фармацевтической, пищевой и парфюмерной промышленности. Трековые мембраны используются как для фильтрации воды и проведения санитарно-паразитологических исследований, так и для применения в качестве средства доставки медицинских препаратов в организм человека.

Для изготовления трековых мембран используют полимерные пленки путем бомбардировки тяжелыми ионами, которые пробивают ее насквозь. Подбор времени и дозы для облучения пленки играет важную роль. Не соблюдая данных параметров конечный продукт может получиться дефектным.

Процесс облучения пленок проходит в две стадии. На первом этапе веществу передается энергия заряженной частицы. Длительность облучения выбирается из параметров заряженной частицы, таких как заряд, масса и энергия. На длительность облучения также влияет тормозная способность вещества. Высвобождающиеся δ – электроны ионизируют и возбуждают

вещество в треке, передавая энергию атомам и молекулам, окружающих траекторию первичной частицы. Первая стадия процесса занимает 10^{-13} - 10^{-12} с и обусловлена замедлением. В результате непосредственного воздействия δ -электронов на вещество образуются области первичного латентного трека. На второй стадии процесса в течение 10^{-12} - 10^{-9} с в результате переноса и перераспределения энергии в области трека устанавливается тепловое равновесие. Передача энергии между столкнувшимися продуктами ионизации, накопление потенциальной энергии возбужденных молекул и химически активных радикалов и люминесценция возбужденных атомов являются основными механизмами данной стадии [48]. При облучении полимеров преобладает второй механизм, а люминесценцией можно пренебречь.

После облучения, в пленки появляются треки, которые являются каналами радиационного повреждения. Данные треки не являются порами, так как не имеют сквозных отверстий. Для получения таких пор используется процесс химического травления в избирательном травителе. Процесс заключается в выдерживание облученных пленок в специально подобранном растворе для их растворения. Протравливание пленки происходит преимущественно в области латентных треков с образованием сквозных пор - пустотелых каналов. Для того, чтобы получить такие поры необходимо, чтобы скорость травления трека пленки (v_t) всегда была выше скорости травления не облученной поверхности (v_b). Регулируя температуру и время травления можно получать треки нужного диаметра и формы. Использование мембран в медицине и фармацевтической промышленности невозможно без проведения очистки полученного изделия от микроорганизмов, которые могут нанести серьезный вред человеческому организму.

1.8. Стерилизация полимерных изделий

Стерилизация, как метод уничтожения всех патогенных и непатогенных микроорганизмов, остается одной из главных задач

обеспечения безопасности пациентов и медперсонала от внутрибольничных инфекций. Все инструменты и материалы, которые контактируют с кровью пациента, соприкасающиеся с поверхностью раны и слизистой оболочкой должны подвергаться процессам дезинфекции.

В настоящее время известна целая группа методов проведения стерилизации, основанных на создании условий, экстремально воздействующих на микроорганизмы. Среди этих методов – методы физического и химического воздействия, влияющие на молекулярные элементы микроорганизма. Из методов стерилизации, применяемых для обеззараживания имплантатов, наиболее часто рассматриваются термическое воздействие и воздействие облучением. Другие методы, такие как химическая стерилизация, воздействие ультразвуком или энзиматические методы, используются значительно реже.

Основными методами стерилизации в клинической медицине остаются стерилизация сухим горячим воздухом, который имеет ряд достоинств (простота, доступность, экономичность, отсутствие избыточного увлажнения изделий) и недостатков (длительные временные затраты, высокая температура). Порой, указанный метод портит стеклянные и металлические изделия, что приводит к их хрупкости, а также качественно не контролируется из-за отсутствия международных стандартов. Стоит отметить, что метод стерилизации горячим воздухом медицинских изделий давно не используют в Европе, а так же в ведущих центрах России [49].

Существует термический метод стерилизации – автоклавирование, или стерилизация горячим паром под давлением. Паровая стерилизация считается самым надежным и быстрым методом, так как способна быстро разрушать микроорганизмы. Данный способ реализуется путем воздействия горячего пара под давлением больше атмосферного и предназначен для изделий, которые могут переносить влажность, давление от 1 атм до 3,5 атм, температуры в интервале (120 ÷ 135) °С. Существенным преимуществом термических методов является то, что при их использовании в систему не

вносятся дополнительные токсичные вещества, как, например, при химическом воздействии. Недостатками метода является невозможность применения ее для обработки изделий из полимеров с низкой температурой размягчения и повышенной чувствительностью к действию воды при высоких температурах [50].

На сегодняшний день, наряду с паровой стерилизацией, широкое распространение получила стерилизация гамма – лучами. Процесс облучения протекает в специальной установке. Необходимые для этой процедуры γ – лучи возникают в результате распада ядер радиоактивных изотопов. В ходе процесса стерилизации обрабатываемые изделия располагаются вокруг источника излучения. Для безопасности аппарата при проникании внутрь установки, источник излучения погружают в резервуар с водой для экранирования γ – лучей. Таким методом можно стерилизовать изделия, которые не выдерживают высоких температур. Большим преимуществом γ – излучения считается высокая проникающая способность γ – лучей, вследствие чего изделия можно стерилизовать в отдельных упаковках. Это очень упрощает производственный процесс и гарантирует отсутствие загрязнений вследствие последующей упаковки изделий.

ГЛАВА II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Методы стерилизации: стерилизация в автоклаве, стерилизация гамма – лучами

Стерилизация горячим паром под давлением позволяет быстро уничтожать болезнетворные микроорганизмы и проводится при температуре выше точки кипения воды. Это наиболее надежный и распространенный способ стерилизации.

Для проведения паровой стерилизации использовали паровой автоматический стерилизатор ГПа – 10 ПЗ в двух температурных режимах: (130 – 132)°С при давлении 0,2 МПа – 5 минут; (120 – 121)°С при давлении 0,11 МПа – 20 минут. Время автоклавирования и режимы нормированы согласно ГОСТ Р ИСО 13683 –2000 [51].

Лучевую стерилизацию пленок проводили с помощью статического гамма – излучения радионуклида Co^{60} . Для этого была использована установка «Исследователь» с цилиндрической рабочей камерой. Доза облучения γ – лучами задавалась временем облучения и характеризовалась значением поглощенной дозы в кГр по кремнию (Si). В данной работе использовались два уровня воздействия гамма – излучения – 1 кГр (Si) и 10 кГр (Si), что является нижним и верхним пределами диапазона доз соответственно.

2.2. Методы изучения физических свойств

2.2.1. Электронно–микроскопические методы

Электронную микроскопию проводили на микроскопе Hitachi S3400N Type II с предварительным нанесением AuGd реплик толщиной порядка 200 нм при препарировании поверхности методом вакуумного и катодного напыления.

2.2.2. Лазерная сканирующая микроскопия

Полное представление о строении поверхности и ее шероховатости позволяет получить лазерная сканирующая микроскопия, которая широко используется для получения данных о топографии поверхности.

Для определения характера поверхности материала была проведена лазерная сканирующая микроскопия с помощью «Olympus Lext Ols 4100». Построение трехмерного профиля поверхности производилось с точностью до 1 нм в программе Gwyddion 2.47.

2.2.3. Исследование шероховатости поверхности

Шероховатость поверхности является совокупностью неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности [52]. Для количественной оценки и нормирования шероховатости поверхности в работе использовалось пять параметров: средняя шероховатость (R_a), среднеквадратичная шероховатость (R_q), наибольшая высота профиля (R_{max}) и параметр асимметрии (R_{sk}).

Параметр R_a является предпочтительным и представляют собой среднюю высоту всех неровностей профиля, то есть среднее арифметическое отклонение профиля [53]

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i] \quad (1)$$

где n - число выбранных точек на базовой длине l ; y_i - отклонение профиля или расстояние между точкой профиля и средней линией; l – длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующая шероховатость поверхности.

Среднеквадратичная шероховатость характеризует среднеквадратичное отклонение профиля поверхности относительно базовой линии l [53]

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i]^2} \quad (2)$$

R_{max} является максимальной высотой, которая измерена от линии выступа профиля до линии впадины профиля в пределах длины участка.

Профиль R_{sk} показывает симметричность разброса профиля относительно средней линии

$$R_{sk} = \sqrt{\frac{1}{nR_q^3} \sum_{i=1}^n [y_i]^3} \quad (3)$$

2.2.4. Измерение контактного угла и поверхностной энергии

Вывод о степени гидрофильности или гидрофобности поверхности может быть сделан из того, является ли поверхность твердого тела полностью смачиваемой, частично смачиваемой или же не смачиваемой. Количественной характеристикой контактного смачивания является краевой угол θ – угол, вершина которого находится в периметре смачивания – линии контакта трех фаз (ЛТК), где одна сторона принадлежит поверхности твердое тело – смачивающая жидкость, а другая – касательная к поверхности смачивающей жидкости. Краевой угол определяется конкуренцией двух сил, действующих на ЛТК. Одна сила – это притяжение молекул жидкости к ближайшим молекулам жидкости на поверхности капли. В расчете на единицу длины ЛТК – это сила поверхностного натяжения жидкости $\gamma_{жг}$ (мН/м). Другая сила создается притяжением тех же молекул ЛТК к ближним молекулам на поверхности твердое тело – газ. Эта сила направлена вдоль поверхности твердого тела во внешнюю сторону от ЛТК, так называемая адгезия τ (мН/м) [54].

Для оценки величины угла смачивания θ , образованного каплей жидкости на твердой поверхности, используют уравнение Юнга. Уравнение включает поверхностное натяжение γ всех трех фаз: твердое тело, жидкость, пар.

$$\gamma^{sv} - \gamma^{sl} = \gamma^{lv} \cdot \cos\theta \quad (5)$$

Уравнение Юнга (5) является уравнение равновесия без учета силы тяжести.

В зависимости от величины краевого угла можно говорить о величине смачивания поверхности.

1. Если контактный угол с водой ниже 90° , то есть капля жидкости образует с поверхностью острый угол, то говорят о хорошей смачиваемости поверхности (рисунок 4,а)

2. Если контактный угол равен 90° , то говорят о переходе от хорошего смачивания поверхности к плохому.

3. Плохим смачивание поверхности считается, если контактный угол от 90° до 180° .

Используя данную классификацию можно определить степень смачиваемости поверхности. При использовании, к примеру, капли воды, определяющей среднюю гидрофильность поверхности, контактный угол ниже 90° говорит о гидрофильности поверхности. Чем гидрофильнее поверхность, тем сильнее у нее смачивание водой, а контактный угол меньше. На гидрофобной поверхности краевой угол выше 90° (рисунок 4,б).

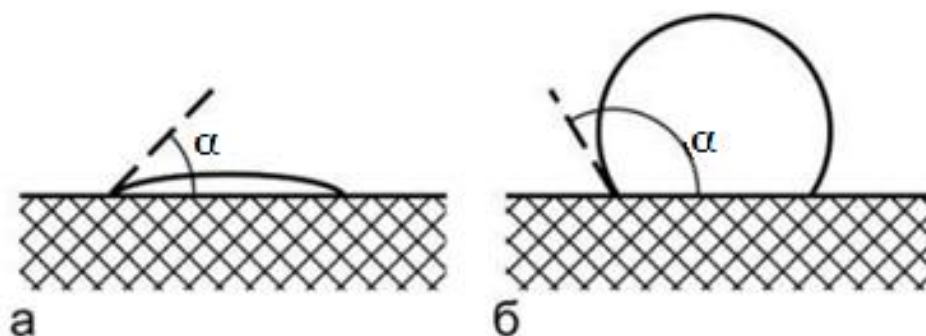


Рисунок 4. Контактный угол сидячей капли на гидрофильной (а) и гидрофобной (б) поверхностях

Смачивание бывает двух видов:

– Контактное, которое состоит из трех фаз – твердое тело, жидкость, пар (рисунок 5,а). Измерение контактного угла происходит методом «Sessile Drop».

– Иммерсионное, при котором вся поверхность твердого тела контактирует с жидкостью (рисунок 5,б).

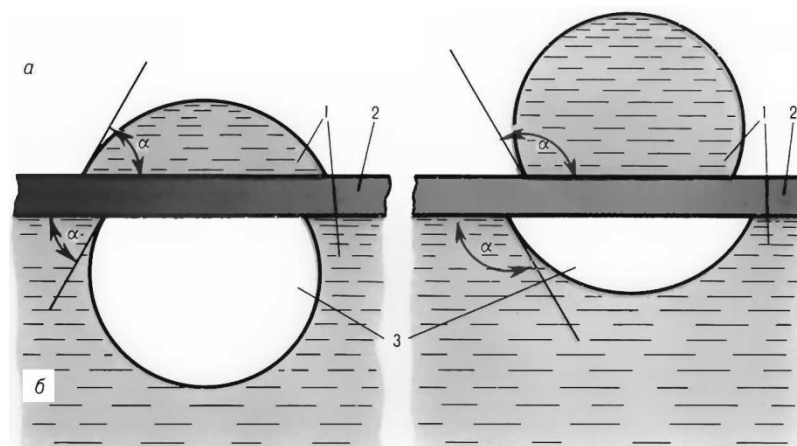


Рисунок 5. Поверхности в трехфазной системе жидкость (1) – твердое тело (2) – пар (3).

В данной работе для измерения контактного угла смачивания деионизованной воды (Θ_w), гексана (Θ_{hexan}) и глицерина (Θ_{gl}) использовался «Sessile Drop» метод. Измерения статического краевого угла заключается в том, что жидкость доставляется посредством шприца на твердую поверхность. Краевой угол смачивания измеряется с помощью прибора «KRÜSS Easy Drop DSA 20» и специального программного обеспечения с точностью измерения $\pm 0,1^\circ$.

Для понимания механизма биохимических процессов в организме необходимо знание основных закономерностей, которым подчиняются поверхностные явления. Поверхностная энергия определяет взаимодействие жидкости и твердой поверхности, взаимоотношение полярных и дисперсных составляющих на поверхности данного материала.

Поверхностная энергия сосредоточена на границе раздела фаз. Она является избыточной по сравнению с энергией в объеме. Поверхностная энергия связана с межмолекулярным взаимодействием, так как состояние частиц (атомов, молекул) на границе раздела фаз отличается от состояния в объеме фаз вследствие нескомпенсированности силовых полей частиц на поверхности раздела.

Свободная поверхностная энергия твердых материалов не может быть измерена непосредственно, она рассчитывается на основе краевого угла смачивания поверхности различными жидкостями.

2.2.5. ИК–спектроскопия

ИК-спектроскопия является широко используемой для изучения полимеров, так как для данного метода характерно использование широкого набора полос поглощения, которые отвечают колебаниям большинства функциональных групп (от 12500 до 10 см⁻¹). Дальняя инфракрасная область имеет интервал частот 10...650 см⁻¹, ближняя – 4000...12500 см⁻¹, инфракрасная – 650...4000 см⁻¹ [55]. Электромагнитное излучение в ИК – диапазоне поглощается группами атомов исследуемого материала, при этом происходит возбуждение молекулярных колебаний под действием квантов ИК – света. Частоты деформационных, валентных и вибрационных колебаний молекул соответствует ИК – диапазону [56]. Число характеристических полос поглощения групп атомов, их интенсивность, а также положение максимумов дают представление о компонентном составе веществ сложного строения [57].

Энергия, которая поглощается атомными (функциональными) группами материала при прохождении излучения ИК – диапазона, пропорциональна амплитуде полосы поглощения.

Измерения ИК – спектров ПМК производили с помощью ИК–Фурье спектрометра Nicolet 5700. В качестве элемента однократного наружного полного внутреннего отражения использовали алмазный кристалл.

Принцип действия спектрометра Nicolet 5700 основан на изменение разности хода между интерферирующими лучами при движении одного из зеркал интерферометра. Интерферограмма (световой поток) регистрируются на выходе интерферометра, который является регистратором оптического спектра. После обратного преобразования полученной Фурье интерферограммы, в шкале волновых чисел формируется ИК – спектр.

2.2.6. Методика исследования прочности и механических характеристик

Разработка эффективных биоразлагаемых полимерных пленок для использования в качестве корнеальных имплантатов невозможно без исследования прочностных и механических характеристик, так как они устанавливают функционирование и долговечность использованного материала.

Исследования прочностных и механических характеристик были выполнены стандартной методикой одноосного испытания на растяжение образцов, вырезанных из полотна в виде полосок, согласно [58] и [59] на испытательной установке Instron 3300 (ASTM D882)

2.3. Образцы для исследований

При растворении полимолочной кислоты в трихлорметане (CHCl_3) [60] было получено исходное сырье для пленок. Чашки Петри с раствором помещали в вытяжной шкаф на 2-3 дня. За данное время CHCl_3 полностью испарялся, в результате чего на чашках образовывалась пленка из полимолочной кислоты. Пленки снимали с помощью дистиллированной воды и технического пинцета. Было получено 12 образцов диаметром 10 см (размер чашки Петри) из раствора количеством 10 мл (4 образца), 20,7 мл (4 образца), 30,3 мл (4 образца).

2.4. Методика облучения пленок

Для получения трековых мембран пленку полимолочной кислоты облучали на циклотроне Р-7М [61] ускоренными ионами $^{129}\text{Xe}^{+8}$ с максимальной энергией 41 МэВ. В циклотроне данного типа для облучения используется вакуумная камера с лентопротяжным механизмом. С помощью электростатического дефлектора из ускорительной камеры выводится ускоренный пучок ионов и через канал с системой для равномерной

развертки пучка поступает в камеру для облучения. С помощью схемы электростатической развертки осуществляется горизонтальная развертка пучка. Синусоидальное напряжение с частотой 300 Гц и амплитудой до 15кВ использовалось в качестве отклоняющего напряжения. Интервал ускорения соответствовал фазовым углам отклоняющего напряжения от -45 и до $+45$ и от 135 до 225° .

2.5. Методы статистической обработки экспериментальных данных

Результаты экспериментов обрабатывали с использованием программы «IMB SPSS Statistics 23».

Рассчитывали параметры распределений: величину среднего значения (M), стандартного отклонения (SD, σ) и ошибки среднего (m) [62].

Для определения зависимости между выборками был проведен корреляционно-регрессионный анализ. Для оценки степени взаимосвязи величин x и y рассчитывали коэффициенты корреляции Пирсона и детерминации. Тесноту связи определяли по величине коэффициента корреляции (r) и детерминации (R^2). Сильную зависимость считали $r > 0,65$, очень сильную $r > 0,81$ [63 - 65].

ГЛАВА III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Исследование поверхностных свойств исходных ПМК

На рисунке 6 представлены электронно – микроскопические изображения пленки на основе полимолочной кислоты, полученные в динамике. Рисунки так же иллюстрируют разрушительные действия электронного пучка на структуру и поверхность пленки ПМК. В связи с чем было принято решение о проведении лазерной сканирующей микроскопии.

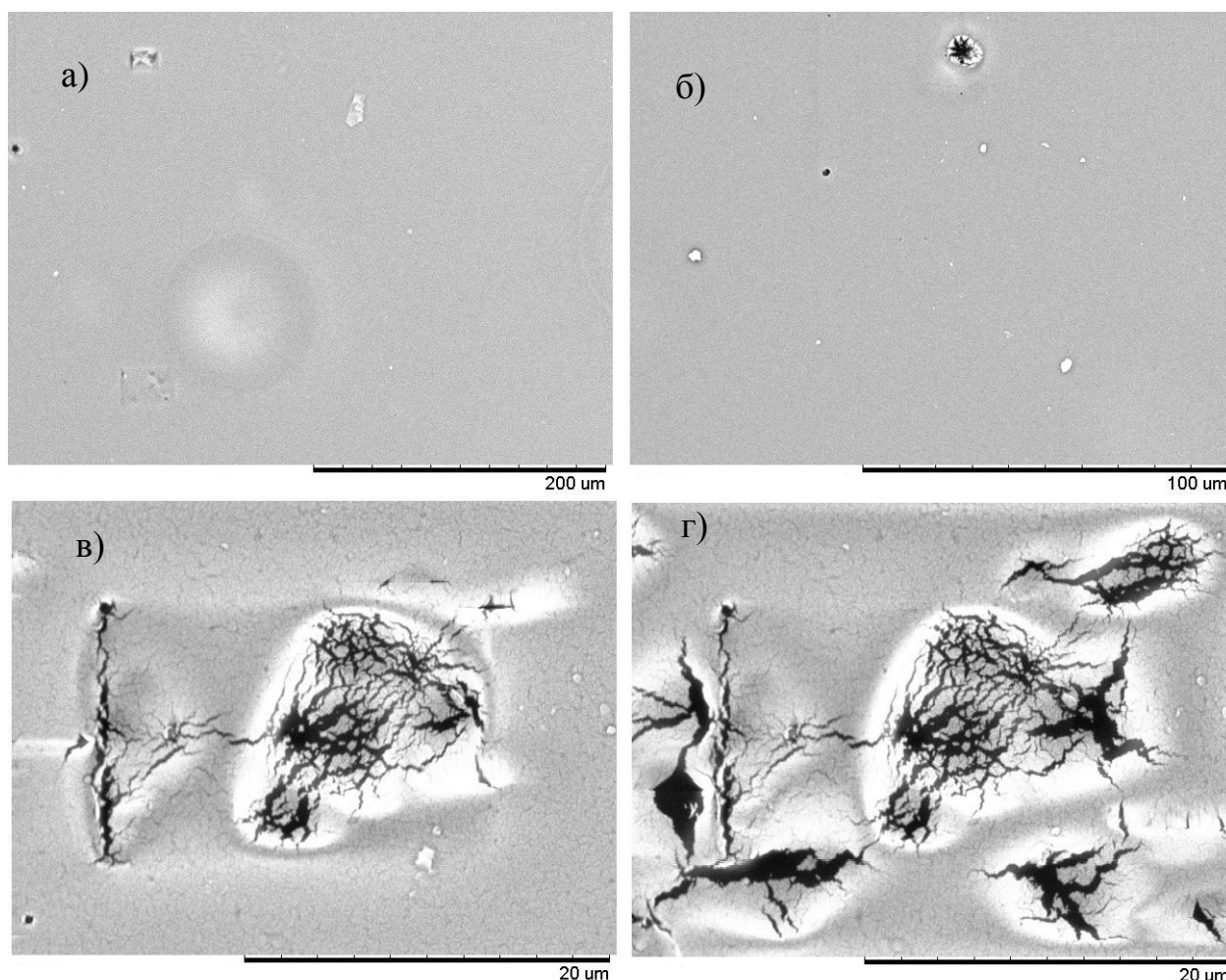
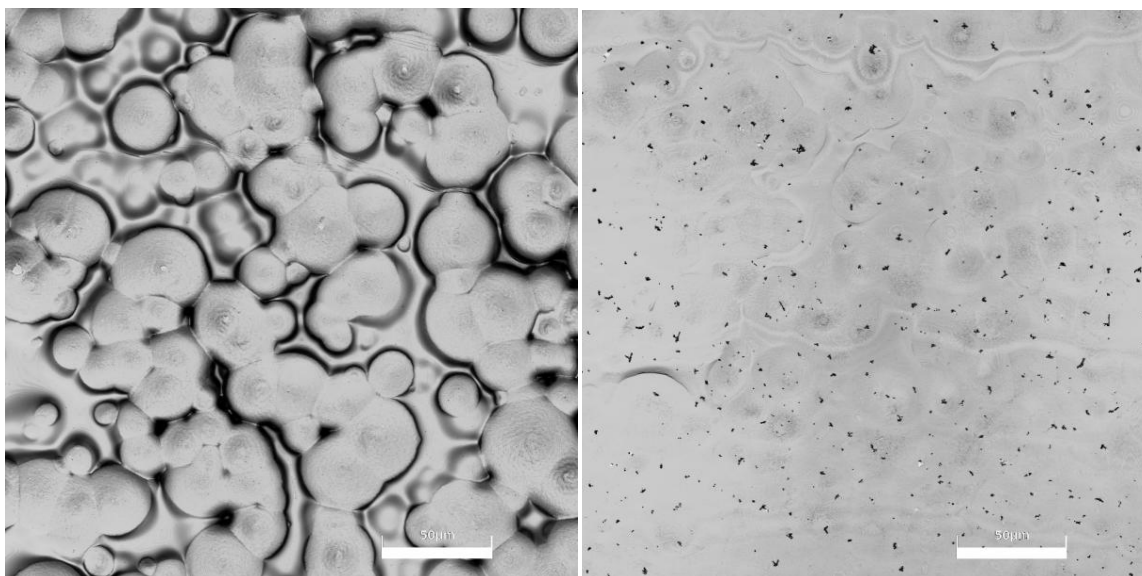


Рисунок 6. Электронно-микроскопическое изображение пленки на основе ПМК

На рисунках 7- 9 приведены изображения элементов поверхности ПМК пленок, полученных из объёма раствора 10 мл, 20 мл, 30 мл (см. рис. 7, 8, 9). Видно, что все пленки имеют поверхность с выраженными зёрнами.

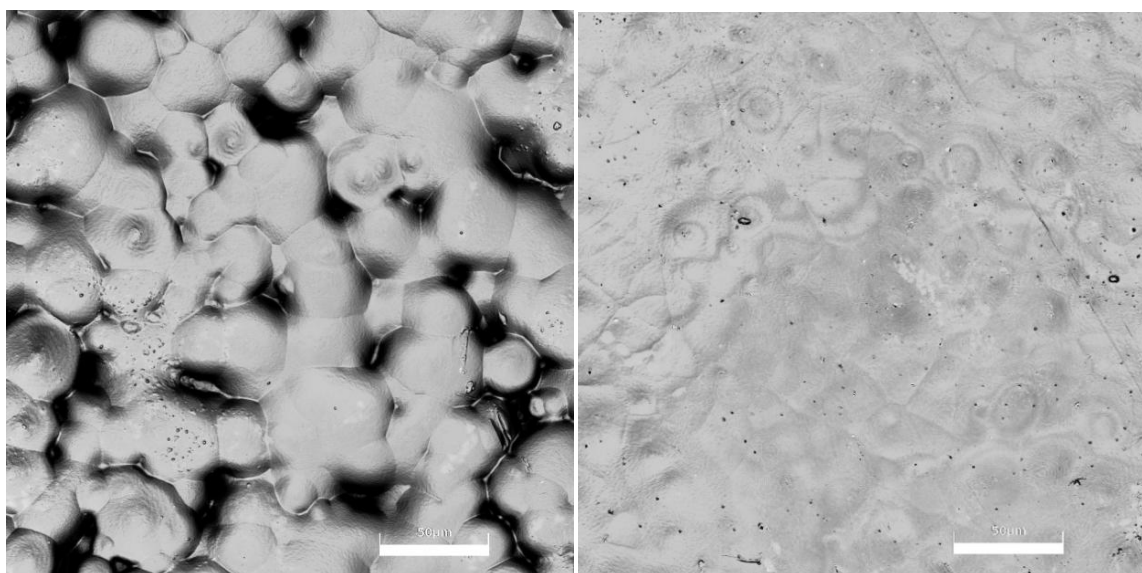
Внешняя поверхность имеет более зернистую поверхность, о чем свидетельствуют приведенные изображения. С увеличением объема, используемого раствора для получения пленок, увеличивается размер зерен.



а)

б)

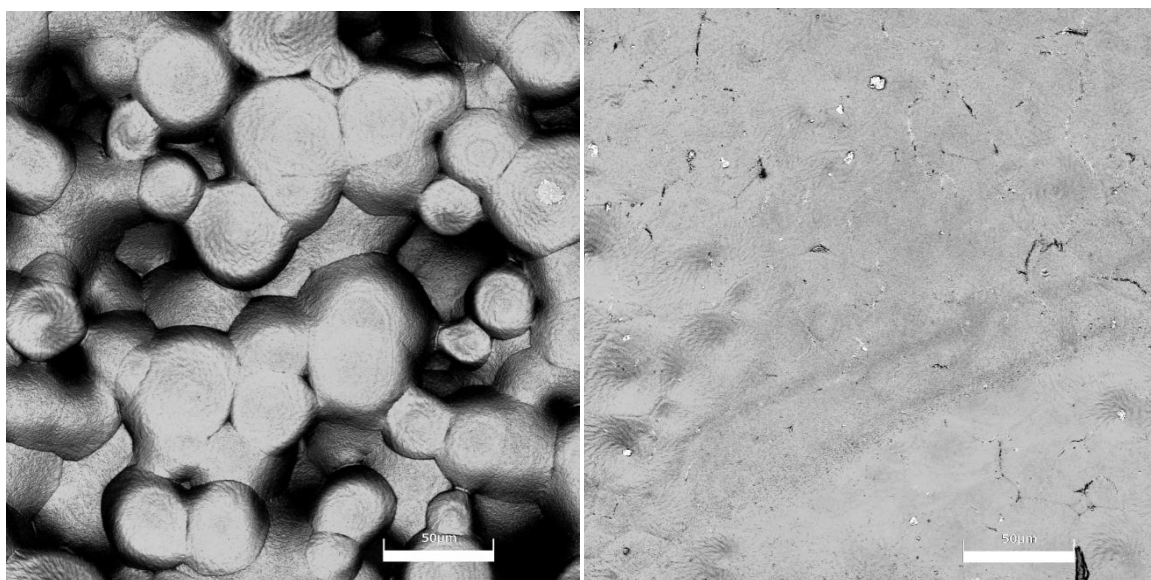
Рисунок 7 – Изображение элемента поверхности ПМК пленки (10 г): а – внешняя сторона; б – внутренняя сторона.



а)

б)

Рисунок 8 – Изображение элемента поверхности ПМК пленки (20г): а – внешняя сторона; б – внутренняя сторона.



а)

б)

Рисунок 9 – Изображение элемента поверхности ПМК пленки (30 г): а – внешняя сторона; б – внутренняя сторона.

В таблице 2 приведены значения параметров шероховатости исходных пленок ПМК: Ra – средняя шероховатость, Rq – среднеквадратичная шероховатость, $Rmax$ – наибольшая высота профиля, Rsk – параметр асимметрии.

Таблица 2 – Параметры шероховатости образцов

Образцы	Ra , мкм	Rq , мкм	$Rmax$, мкм	Rsk , мкм
ПМК (10г)	16,1±1,6	20,6±1,8	145,5±29,9	0,108
ПМК (10г) вн	18,3±4,8	23,8±5,9	158,9±18,8	0,548
ПМК (20г)	15,3±1,9	19,4±2,5	123,7±41,6	0,148
ПМК (20г) вн	14,5±2,1	16,3±2,4	139,4±27,5	0,520
ПМК (30г)	12,2±1,3	16,1±1,7	113,1±16,1	0,153
ПМК (30г) вн	9,0±1	12,5±1,5	101,5±21,7	0,629

Примечание: ПМК (10г), ПМК (20г), ПМК (30г) – пленки, полученные из объема 10, 20 и 30 мл соответственно; вн – внутренняя сторона пленок ПМК.

По данным таблицы 2 видно, что параметры шероховатости внутренней стороны пленки ПМК и внешней стороны соизмеримы, разница значений является статистически незначимой величиной ($\approx 14\%$).

Таблица 3 – Уровень статистической значимости параметра шероховатости R_a

Образцы	ПМК (10г)	ПМК (20г)	ПМК (30г)	ПМК (10г) вн	ПМК (20г) вн	ПМК (30г) вн
ПМК (10г)	–	0,32	0,0001	0,15	0,07	0,00001
ПМК (20г)	0,32	–	0,002	0,13	0,39	0,00003
ПМК (30г)	0,0001	0,002	–	0,007	0,01	0,00008
ПМК (10г) вн	0,15	0,13	0,007	–	0,053	0,0015
ПМК (20г) вн	0,07	0,39	0,01	0,053	–	0,00001
ПМК (30г) вн	0,00001	0,00003	0,00008	0,0015	0,00001	–

Примечание: ПМК (10г), ПМК (20г), ПМК (30г) – пленки, полученные из объема 10, 20 и 30 мл соответственно; вн – внутренняя сторона пленок ПМК.

На рисунках 10.1 – 10.6 представлены изображения поверхности, профили поверхности и трёхмерные изображения топографии поверхности исходных пленок ПМК. На топографических изображениях поверхности материала видно, что поверхность является шероховатой. Поверхность внешней стороны образцов по сравнению с внутренней является более плоской, но с более выраженными структурами зерен. Разное количество объема не влияет на структуру поверхности, но уменьшает значения параметров шероховатости, о чем свидетельствуют полученные данные.

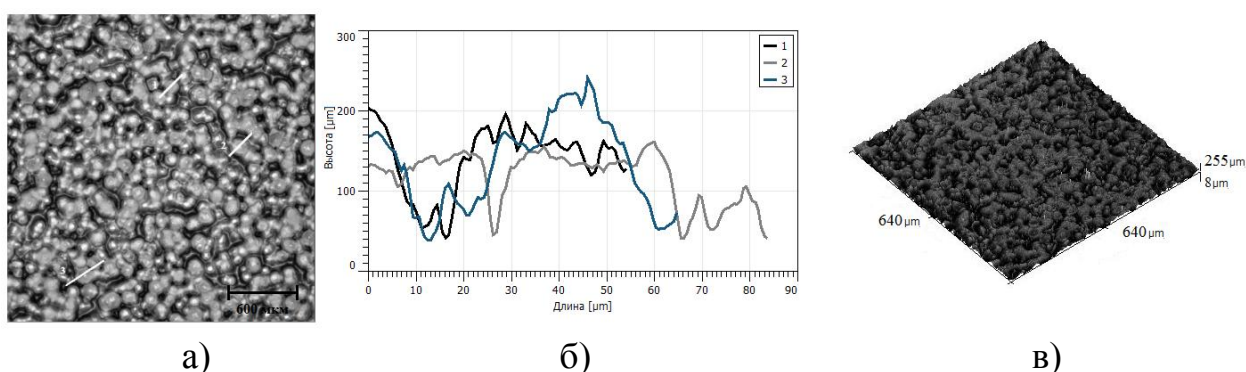


Рисунок 10.1 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внешней стороны пленки ПМК, полученной из объема 10 мл.; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

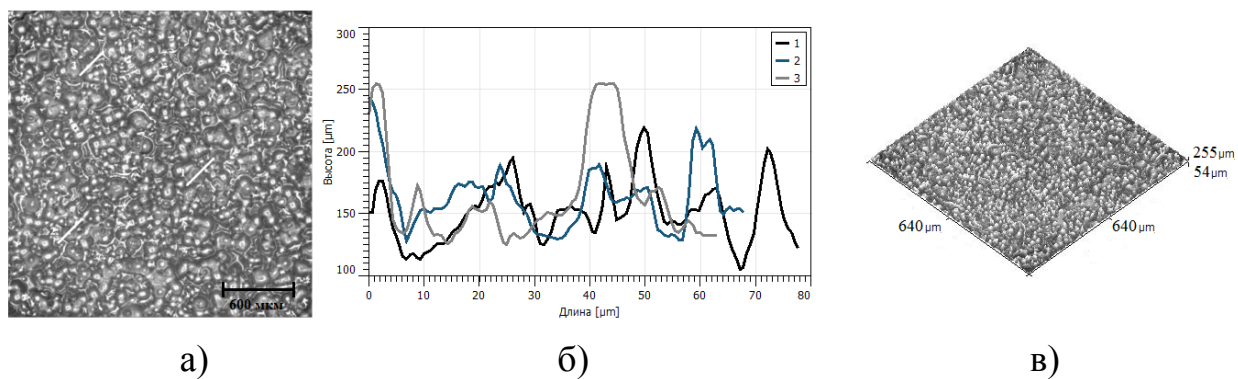


Рисунок 10.2 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внутренней стороны пленки ПМК, полученной из объема 10 мл.; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

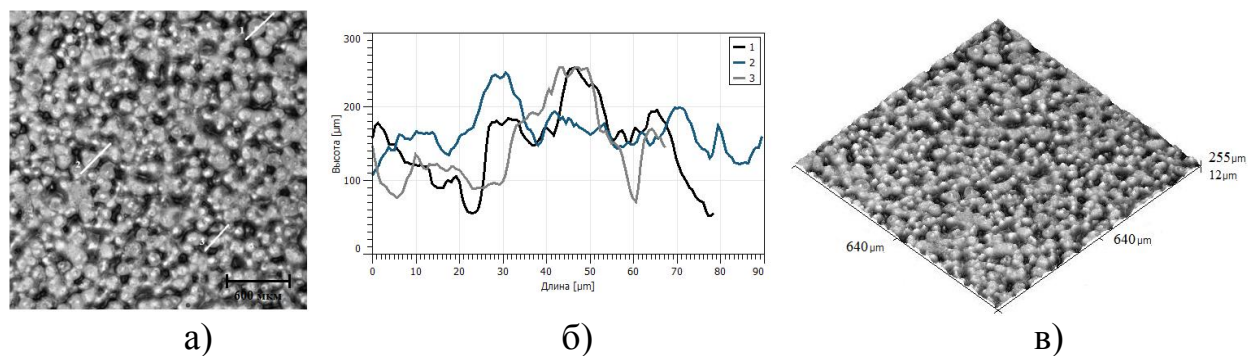


Рисунок 10.3 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внешней стороны пленки ПМК, полученной из объема 20 мл.; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

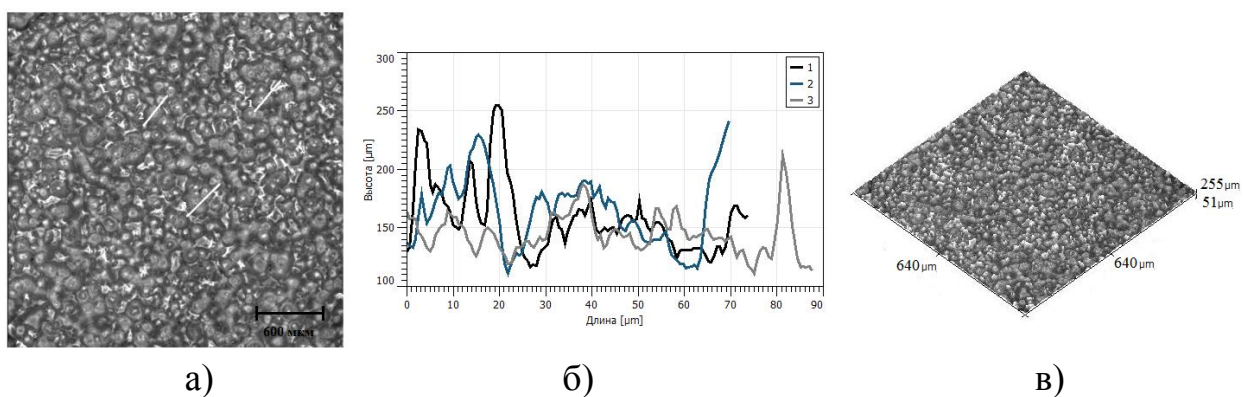


Рисунок 10.4 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внутренней стороны пленки ПМК, полученной из объема 20 мл.; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

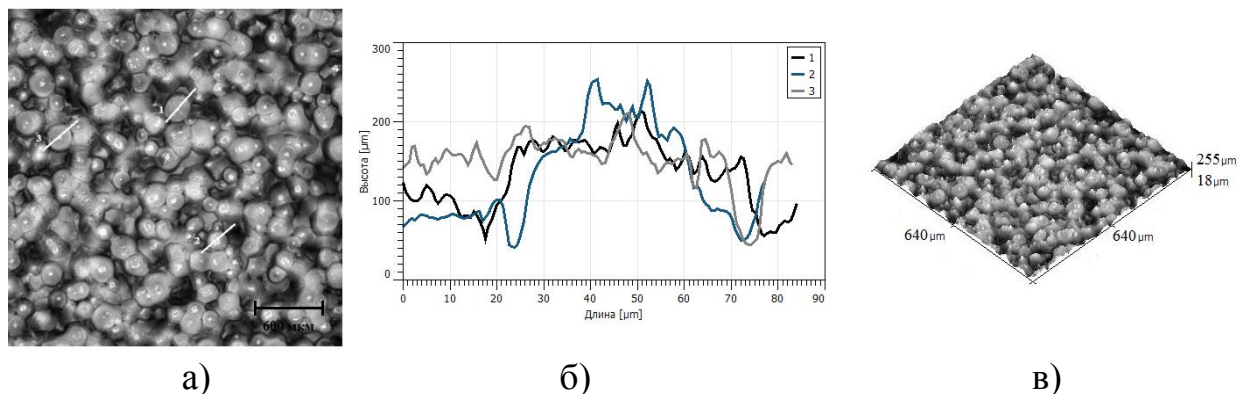


Рисунок 10.5 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внешней стороны пленки ПМК, полученной из объема 30 мл.; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

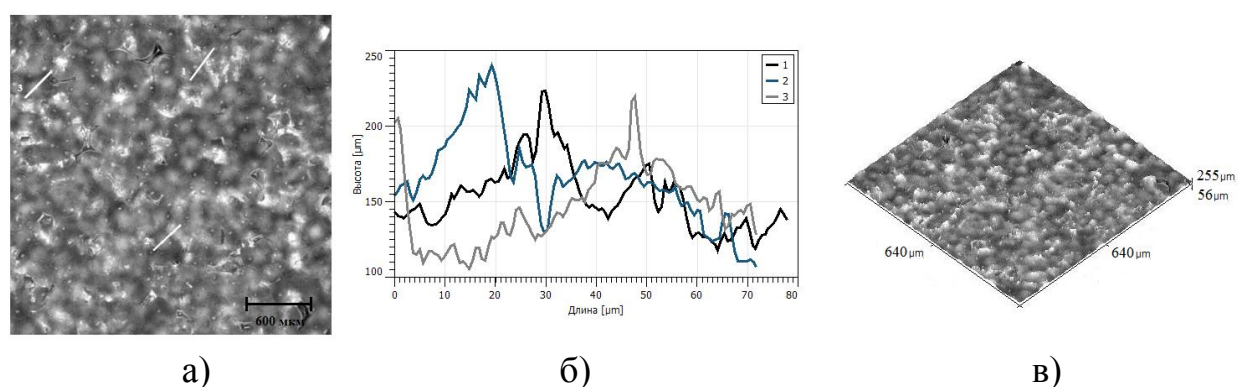


Рисунок 10.6 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внутренней стороны пленки ПМК, полученной из объема 30 мл.; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

На рисунках 11.1 – 11.4 представлены графики зависимости параметра шероховатости R_a , R_q , R_{max} и R_{sk} внешней и внутренней сторон пленок на основе полимолочной кислоты от объема используемого растворителя. Значения средней шероховатости внешней и внутренней сторон являются соизмеримыми, так же как значения среднеквадратичной шероховатости и

наибольшей высоты профиля сторон. Однако параметр асимметрии внешней и внутренней сторон имеют значительную разницу (\approx в 4 раза).

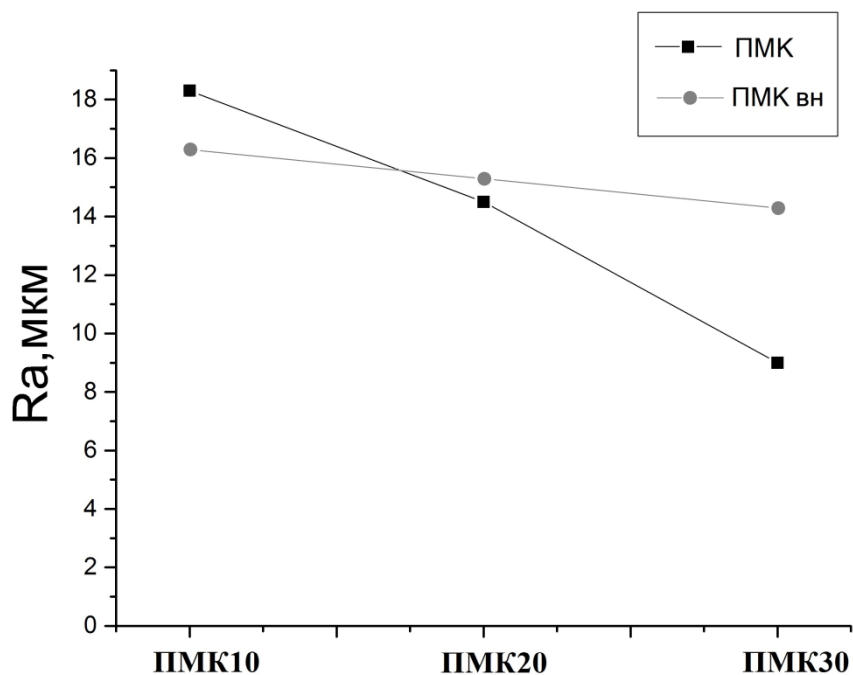


Рисунок 11.1 – Средняя шероховатость R_a образцов: ПМК10, ПМК20, ПМК30 – пленки, полученные из объема 10, 20 и 30 мл соответственно; ПМК – внешняя сторона образца, ПМК вн – внутренняя сторона образца.

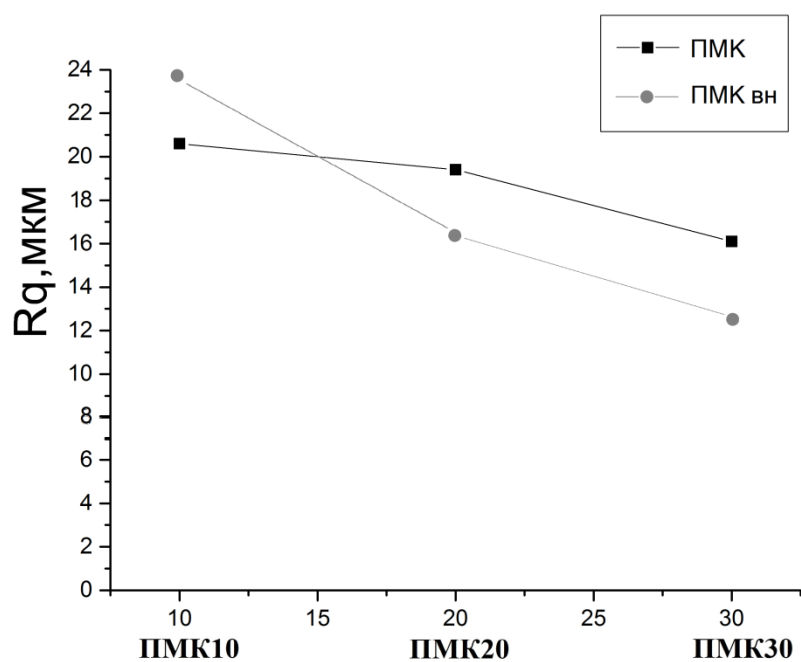


Рисунок 11.2 – Среднеквадратичная шероховатость R_q образцов: ПМК10, ПМК20, ПМК30 – пленки, полученные из объема 10, 20 и 30 мл соответственно; ПМК – внешняя сторона образца, ПМК вн – внутренняя сторона образца.

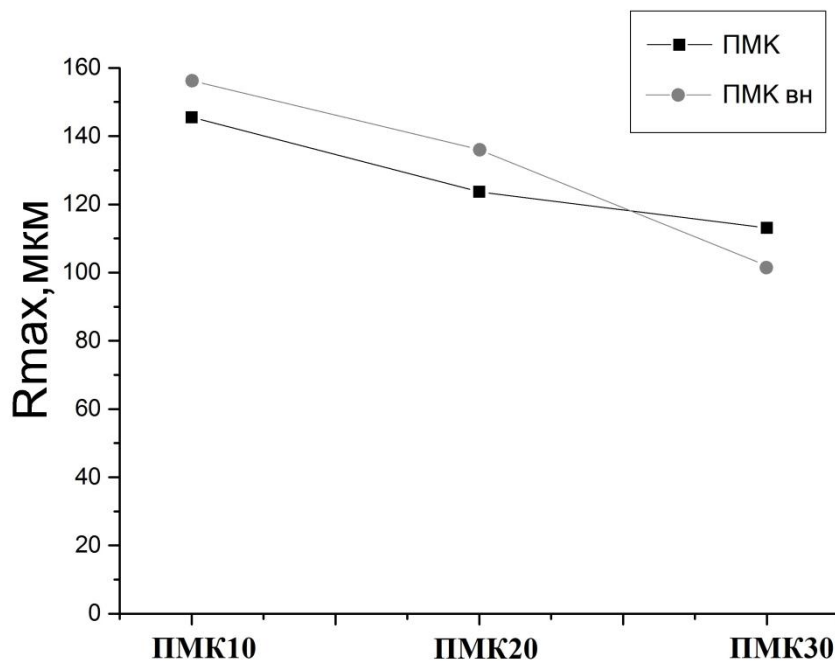


Рисунок 11.3 – Наибольшая высота профиля R_{max} образцов: ПМК10, ПМК20, ПМК30 – пленки, полученные из объема 10, 20 и 30 мл соответственно; ПМК – внешняя сторона образца, ПМК вн – внутренняя сторона образца.

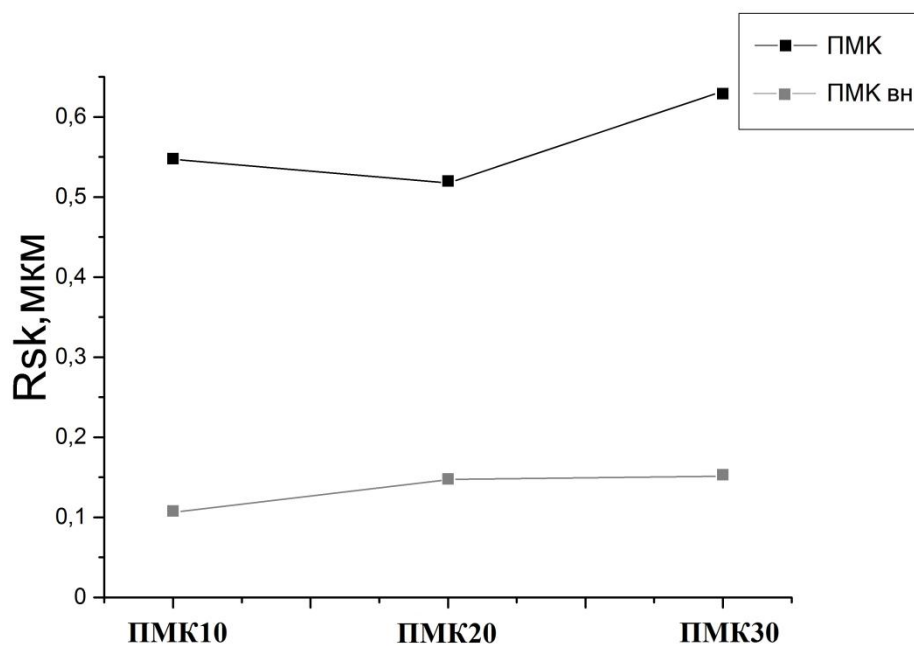


Рисунок 11.4 – Параметр асимметрии R_{sk} образцов: ПМК10, ПМК20, ПМК30 – пленки, полученные из объема 10, 20 и 30 мл соответственно; ПМК – внешняя сторона образца, ПМК вн – внутренняя сторона образца.

3.2. Исследование поверхностных свойств ПМК после стерилизации

В таблице 4 приведены значения параметров шероховатости пленок ПМК после паровой и γ -лучевой стерилизаций: Ra – средняя шероховатость, Rq – среднеквадратичная шероховатость, $Rmax$ – наибольшая высота профиля, Rsk – параметр асимметрии.

Таблица 4 – Параметры шероховатости образцов после стерилизации

Образцы	Ra , мкм	Rq , мкм	$Rmax$, мкм	Rsk , мкм
ПМК	16,1±1,6	20,6±1,8	145,5±29,9	0,108
ПМК вн	18,3±4,8	23,8±5,9	158,9±18,8	0,548
Пар120	37,5±5,2	46,5±5,2	250,3±17,6	0,347
Пар 120 вн	32,7±1,6	41,7±2,5	256,1±35,3	0,512
Пар 132	28,3±6,8	36,9±6,8	237,8±17,7	0,336
Пар 132 вн	27,1±11,9	35,6±12,5	223,1±41,2	0,504
Гамма1кГр	18,8±3,8	24,1±4,8	169,9±25,1	0,318
Гамма 1кГр вн	20,1±3,5	25,2±4,6	170,9±32	0,493
Гамма 10кГр	17,7±3,5	22,5±4,75	140,3±35,5	0,306
Гамма 10кГр вн	19,3±3,4	24,3±4,1	160,3±18,3	0,352

Примечание: ПМК – исходная пленка ПМК; Пар120, Пар132 – пленки ПМК после паровой стерилизации в режимах; Гамма1кГр, Гамма10кГр – пленки ПМК после лучевой стерилизации; вн – внутренняя сторона пленок ПМК.

По полученным данным (таблица 4) видно, что паровая стерилизация увеличивает шероховатость как внутренней, так и внешней сторон образцов приблизительно в 2 раза. Стерилизация γ -излучением влияет на шероховатость поверхности незначительно. Тем не менее, и в случае γ -стерилизации параметры шероховатости увеличиваются, однако в пределах доверительного интервала.

На рисунках 12.1 – 12.8. представлены изображения поверхности, профили поверхности и трёхмерные изображения топографии поверхности пленок ПМК после паровой и лучевой стерилизаций. На топографических изображениях поверхности материала видно, что стерилизация не повлияла на изменения структуры, то есть поверхность остается шероховатой. Изменения режимов стерилизации так же не влияют на структуру.

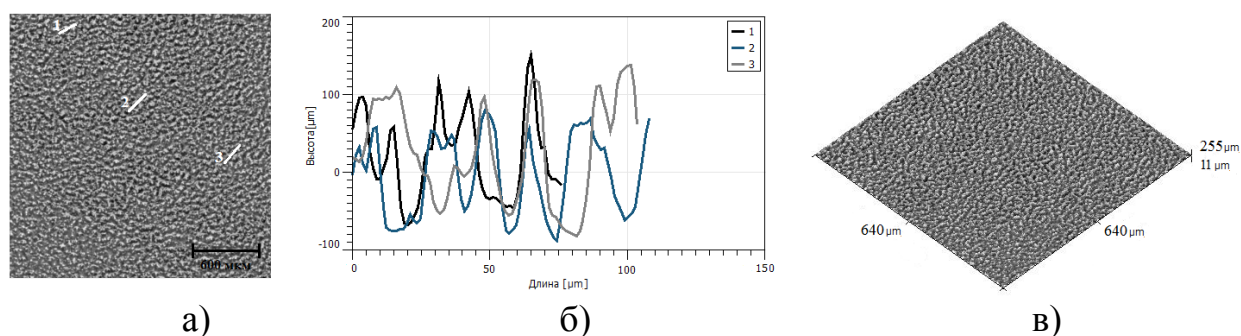


Рисунок 12.1 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внешней стороны пленки ПМК после паровой стерилизации 120°C; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

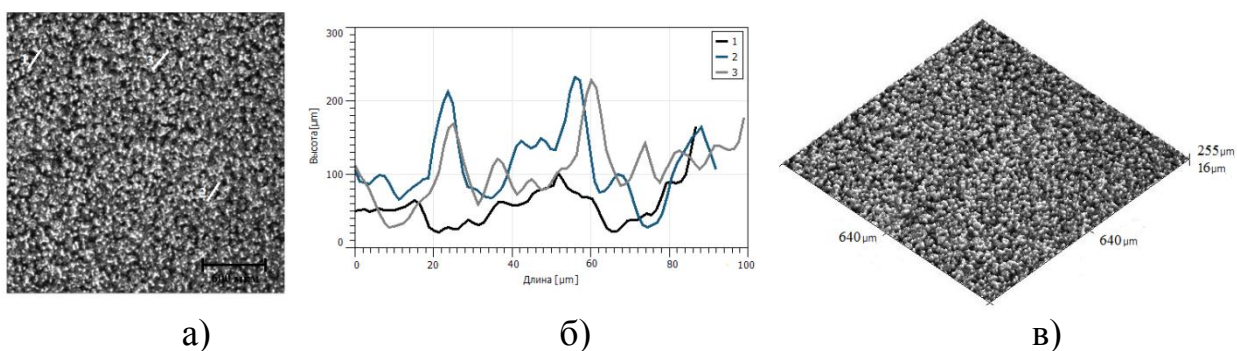


Рисунок 12.2 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внутренней стороны пленки ПМК после паровой стерилизации 120°C; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

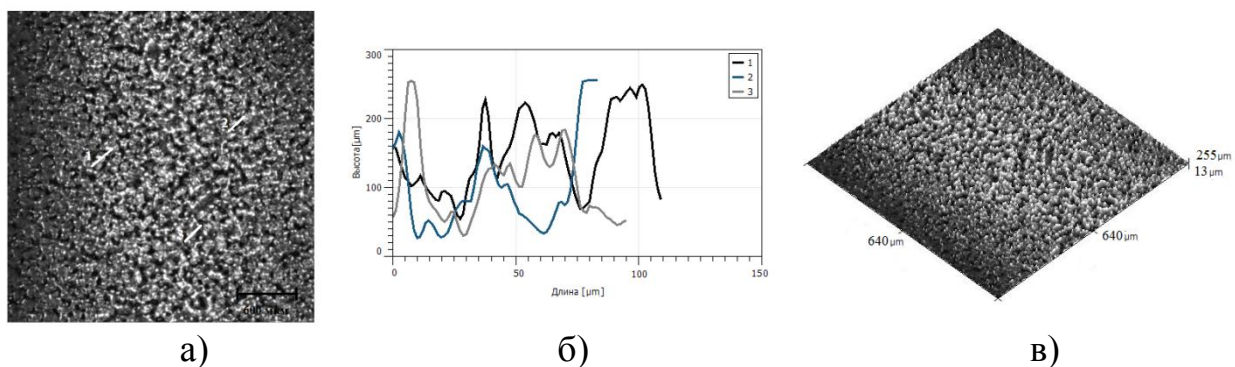


Рисунок 12.3 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внешней стороны пленки ПМК после паровой стерилизации 132°C; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

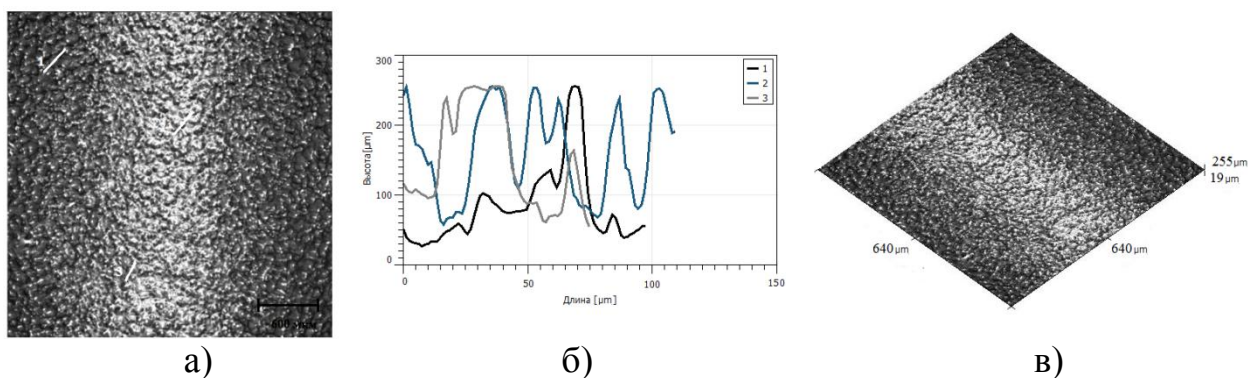


Рисунок 12.4 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внутренней стороны пленки ПМК после паровой стерилизации 132°C; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

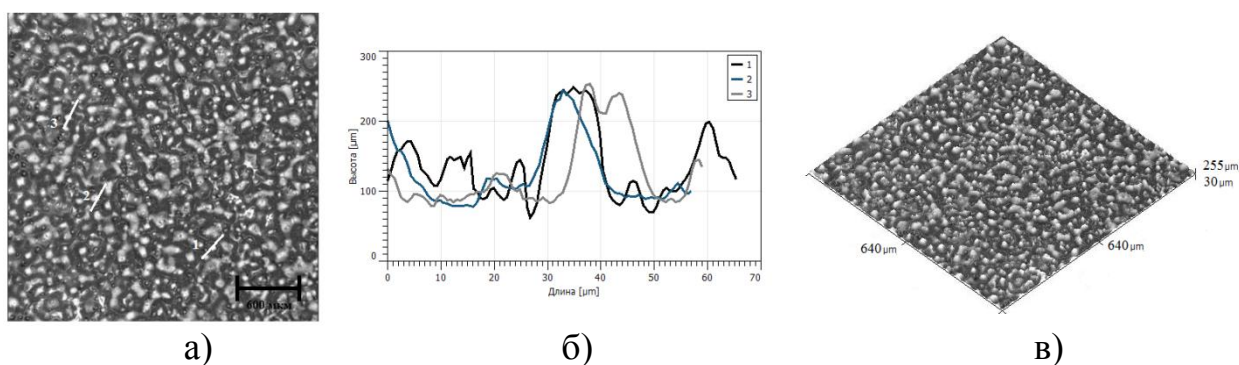


Рисунок 12.5 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внешней стороны пленки ПМК после лучевой стерилизации 1кГр; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

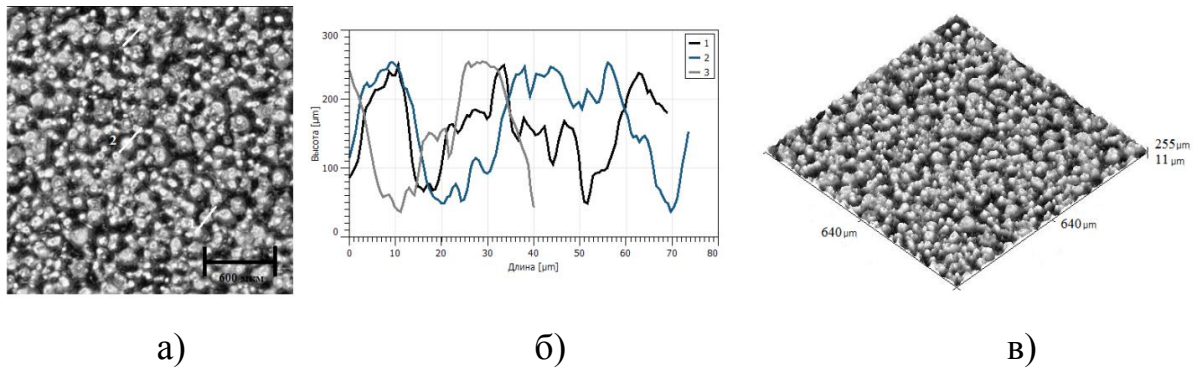


Рисунок 12.6 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внутренней стороны пленки ПМК после лучевой стерилизации 1кГр; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

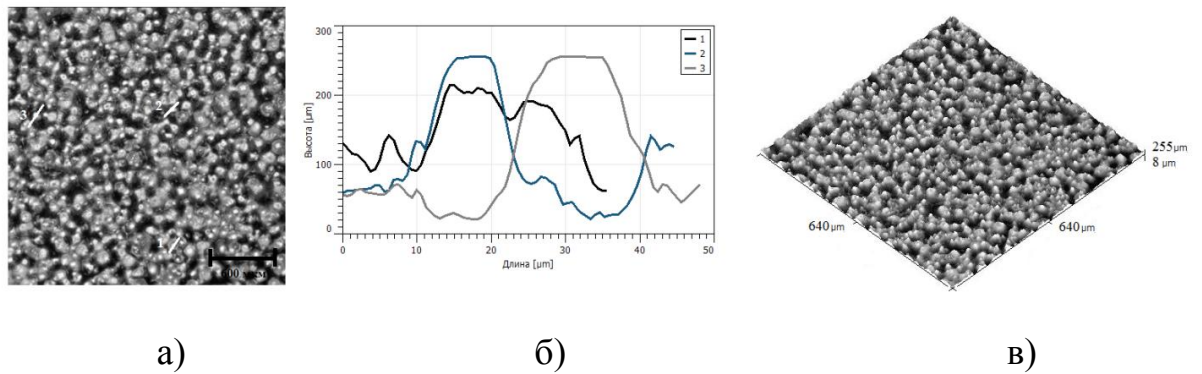


Рисунок 12.7 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внешней стороны пленки ПМК после лучевой стерилизации 10кГр; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

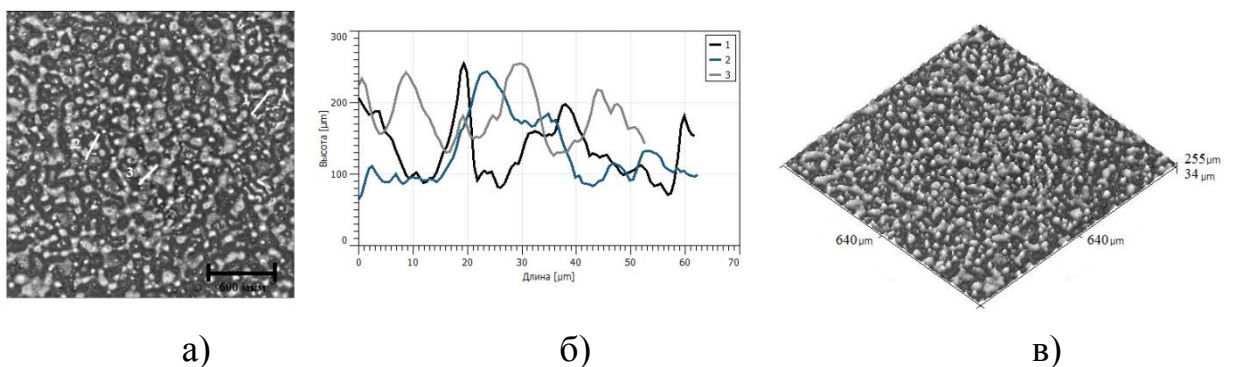


Рисунок 12.8 – Поверхность (а), профиль поверхности (б) и трехмерное изображение поверхности (в) внутренней стороны пленки ПМК после

лучевой стерилизации 10кГр; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

На рисунках 13.1 – 13.4 представлены соотношения параметров R_a , R_q , R_{max} и R_{sk} внешней и внутренней сторон пленок на основе полимолочной кислоты после паровой стерилизации в режимах 120°C и 132°C и стерилизации гамма – излучением в дозах 1 кГр и 10 кГр. Значения средней шероховатости внешней и внутренней сторон имеют соизмеримые значения, так же как и значения среднеквадратичной шероховатости и наибольшей высоты профиля сторон. Однако значения параметров асимметрии внешней и внутренней сторон имеют различие между собой \approx в 1,5 раза.

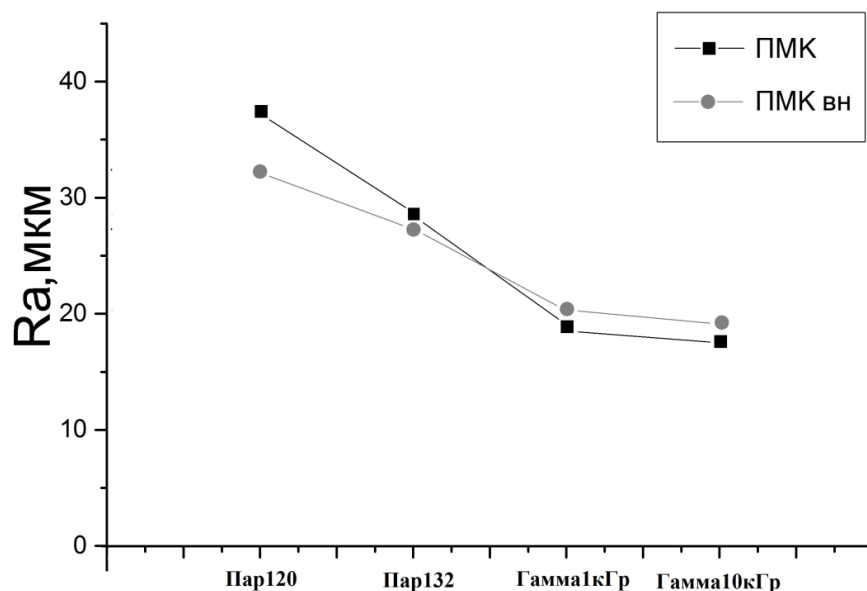


Рисунок 13.1 – Средняя шероховатость R_a внешней и внутренней сторон пленок после паровой и лучевой стерилизаций. Пар120, Пар132 – пленки ПМК после паровой стерилизации в режимах; Гамма1кГр, Гамма10кГр – пленки ПМК после лучевой стерилизации; вн – внутренняя сторона пленок ПМК.

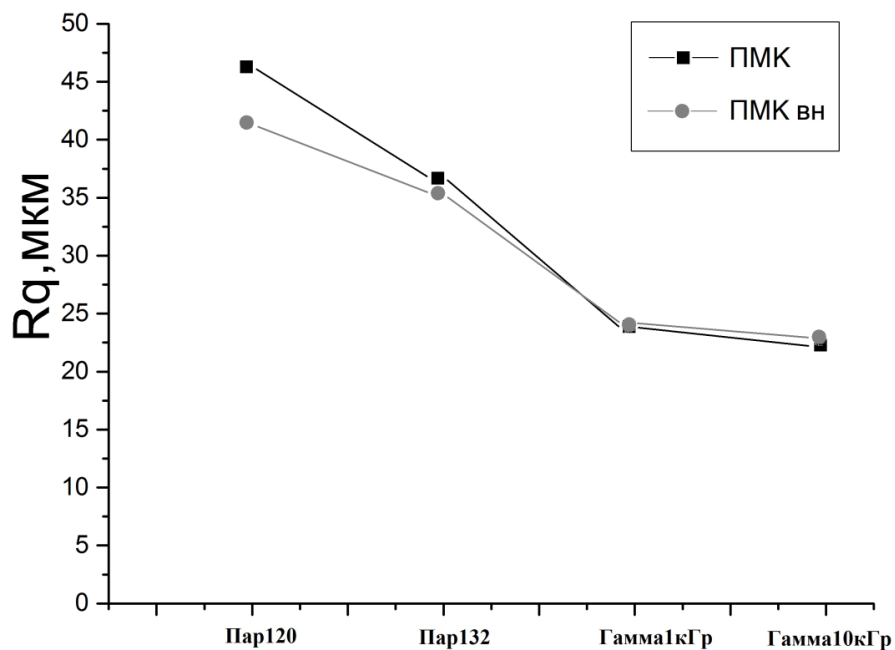


Рисунок 13.2 – Среднеквадратичная шероховатость R_q внешней и внутренней сторон пленок после паровой и лучевой стерилизаций. Пар120, Пар132 – пленки ПМК после паровой стерилизации в режимах; Гамма1кГр, Гамма10кГр – пленки ПМК после лучевой стерилизации; вн – внутренняя сторона пленок ПМК.

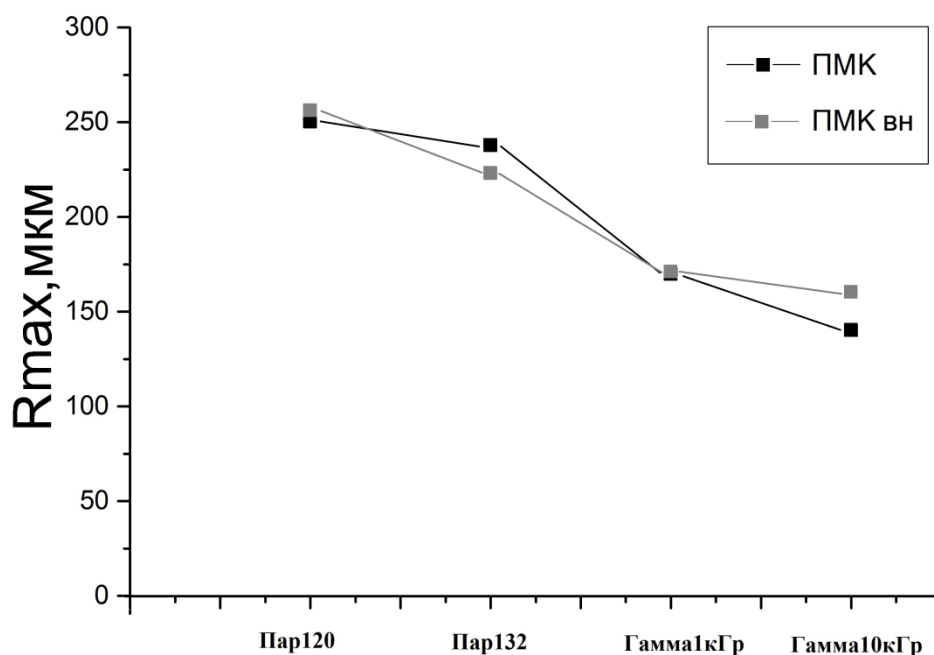


Рисунок 13.3 – Наибольшая высота профиля R_{max} внешней и внутренней сторон пленок после паровой и лучевой стерилизаций. Пар120, Пар132 – пленки ПМК после паровой стерилизации в режимах; Гамма1кГр, Гамма10кГр – пленки ПМК после лучевой стерилизации; вн – внутренняя сторона пленок ПМК.

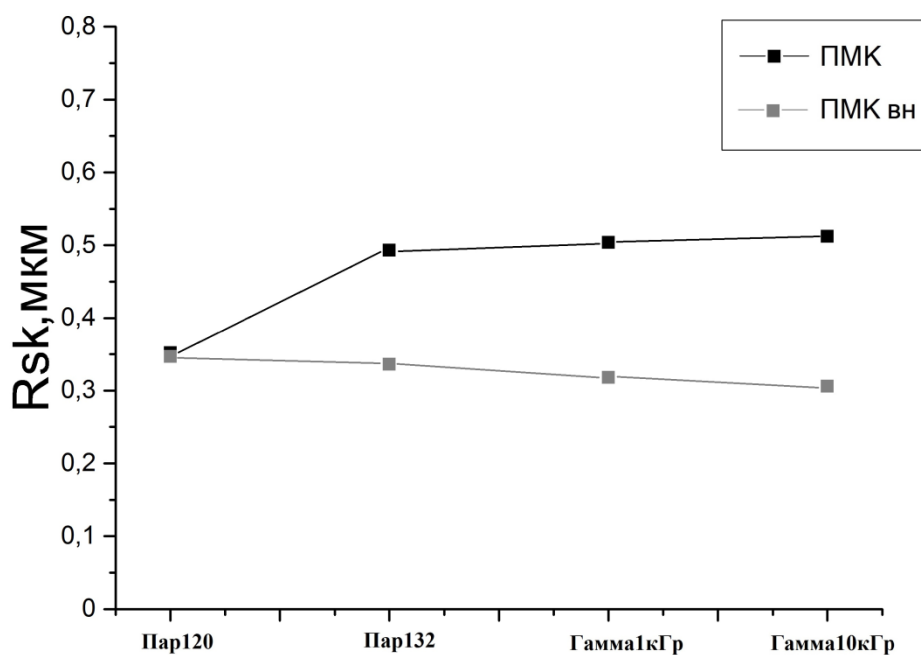


Рисунок 13.4 – Профиль асимметрии R_{sk} внешней и внутренней сторон пленок после паровой и лучевой стерилизаций. Пар120, Пар132 – пленки ПМК после паровой стерилизации в режимах; Гамма1кГр, Гамма10кГр – пленки ПМК после лучевой стерилизации; вн – внутренняя сторона пленок ПМК.

Уровень статистической значимости параметра шероховатости пленки Ra после стерилизации представлен в таблице 5. По данным таблицы 5 видно, что статистически значимые различия ($p < 0,05$) имеются между исходной пленкой ПМК и пленками ПМК после паровой стерилизации различных температурных режимов.

Таблица 5 – Уровень статистической значимости параметра шероховатости Ra

Образцы	ПМК	ПМК	120	120	132	132	1кГр	1кГр	10кГ	10кГ
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

		ВН		ВН		ВН		ВН	ρ	ρ ВН
ПМК	-	0,15	0,00 006	0,00 0005	0,00 13	0,01 6	0,092	0,002	0,22	0,035
ПМК ВН	0,15	-	0,00 0012	0,00 017	0,00 55	0,03	0,85	0,25	0,58	0,41
120	0,000 06	0,0000 12	-	0,15	0,03	0,04 2	0,001	0,000 2	0,000 02	0,000 084
120 ВН	0,000 005	0,0001 7	0,15	-	0,13	0,18	0,000 3	0,000 08	0,000 03	0,000 06
132	0,001 3	0,0055	0,03	0,13	-	0,55	0,01	0,007	0,006	0,005 7
132 ВН	0,016	0,03	0,04 2	0,18	0,55	-	0,86	0,077	0,033	0,07
1кГр	0,092	0,85	0,00 1	0,00 03	0,01	0,86	-	0,36	0,65	0,78
1кГр ВН	0,002	0,25	0,00 02	0,00 008	0,00 7	0,07 7	0,36	-	0,2	0,604
10кГр	0,22	0,58	0,00 002	0,00 003	0,00 6	0,03 3	0,65	0,2	-	0,17
10кГр ВН	0,035	0,41	0,00 0084	0,00 006	0,00 57	0,07	0,78	0,604	0,17	-

Примечание: ПМК – исходные пленки; 120, 132 – пленки ПМК после паровой стерилизации в режимах; 1кГр, 10кГр – пленки ПМК после лучевой стерилизации; ВН – внутренняя сторона пленок ПМК.

На рисунках 14.1 - 14.2 представлены фрагмент ИК-спектра исходной пленки ПМК, пленок после паровой стерилизации 120°C и 132°C, на котором отчетливо видны его характерные полосы: валентные колебания ν_{CH} в группе CH_3 , 2944 cm^{-1} (симметричные колебания) и 2996 cm^{-1} (асимметричные колебания); 1768 cm^{-1} (валентные колебания карбонильной группы $\text{C}=\text{O}$), и валентные колебания кислорода (в группе $\text{C}-\text{O}-\text{C}$), которым соответствует ряд полос в диапазоне от 1091 cm^{-1} до 1211 cm^{-1} .

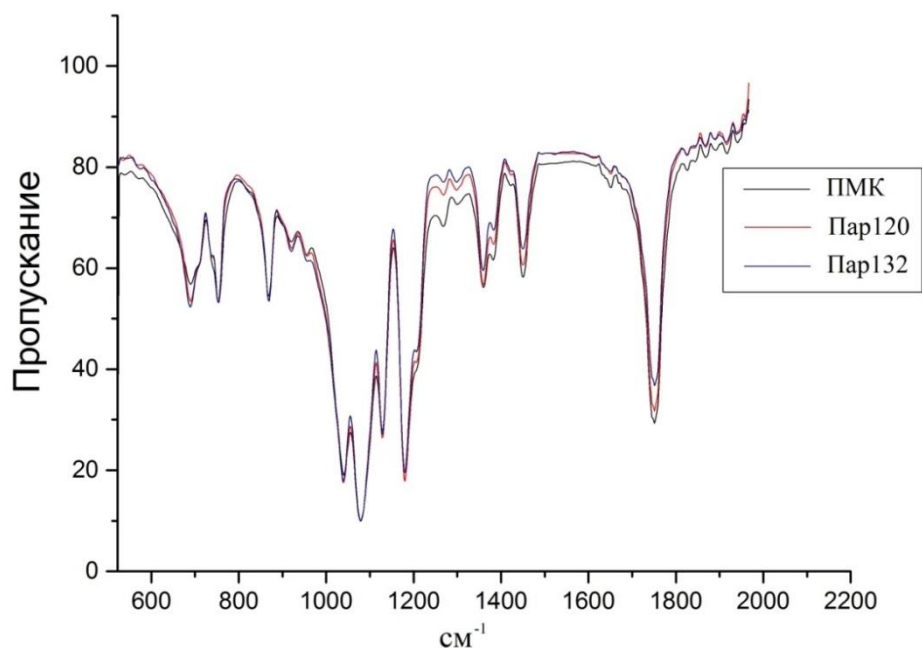


Рисунок 14.1 – ИК – спектр пропускания исходных пленок ПМК, пленок после паровой стерилизации 120 °С и 132°С в диапазоне волновых чисел от 500 см⁻¹ до 2000 см⁻¹ чисел.

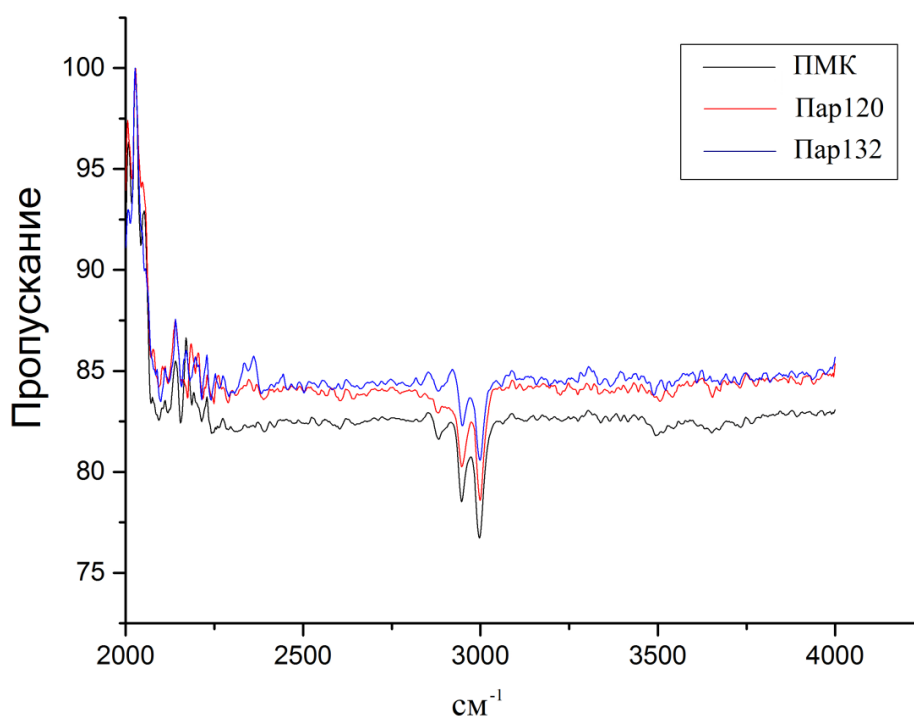


Рисунок 14.2 – ИК – спектр пропускания исходных пленок ПМК, пленок после паровой стерилизации 120 °С и 132°С в диапазоне волновых чисел от 2000 см⁻¹ до 4000 см⁻¹ чисел.

ИК – спектры показывают, что паровая стерилизация пленок на основе полимолочной кислоты способствует увеличению пропускания характерных полос 2944 см^{-1} и 2996 см^{-1} , 1768 см^{-1} , которые свидетельствуют о симметричных, ассиметричных колебаниях νCH в группе CH_3 , а так же о валентных колебаниях карбонильной группы $\text{C}=\text{O}$.

3.3. Исследование поверхностных свойств ПМК после облучения

На рисунке 15 представлено изображение элемента поверхности пленок ПМК, облученных ионами $^{129}\text{Xe}^{+8}$. На представленном фрагменте видно, что под действием тяжелых ионов формируются треки и «кратерообразные» дефекты в области треков больших размеров округлой формы.

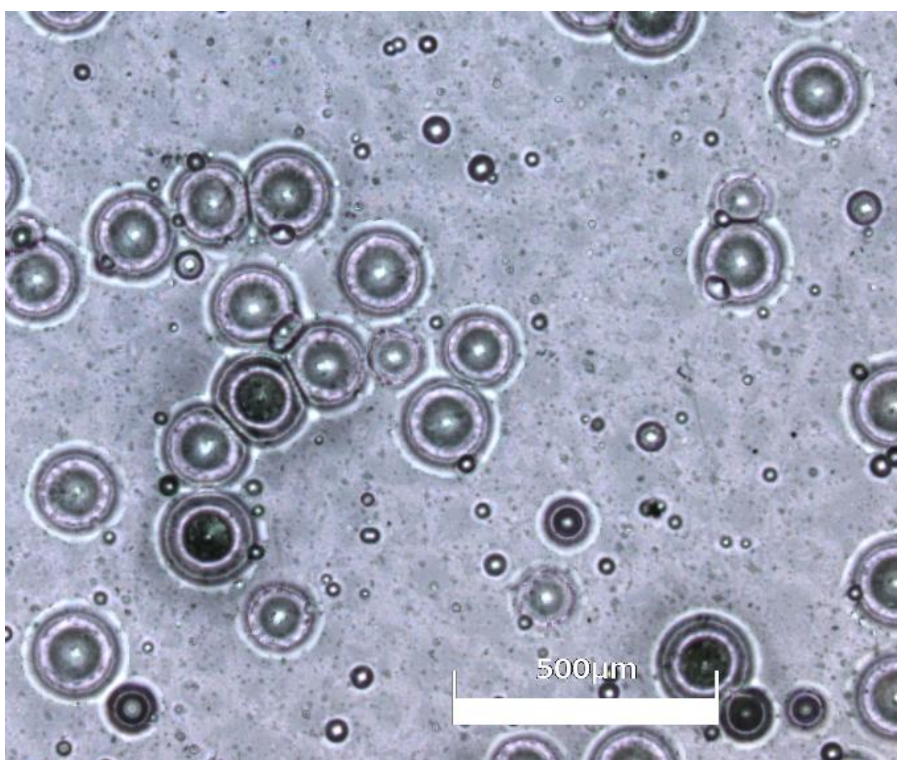


Рисунок 15 – Пленка на основе полимолочной кислоты после облучения.

В центре дефектов отчетливо видны следы входа латентных треков ионов (рисунок 15). Оценка средней плотности следов треков дает величину $3 \times 10^4\text{ см}^{-2}$.

На рисунках 16.1 и 16.2 представлены изображения поверхности и профили поверхности в области входа и выхода латентного трека после облучения ионами $^{129}\text{Xe}^{+8}$.

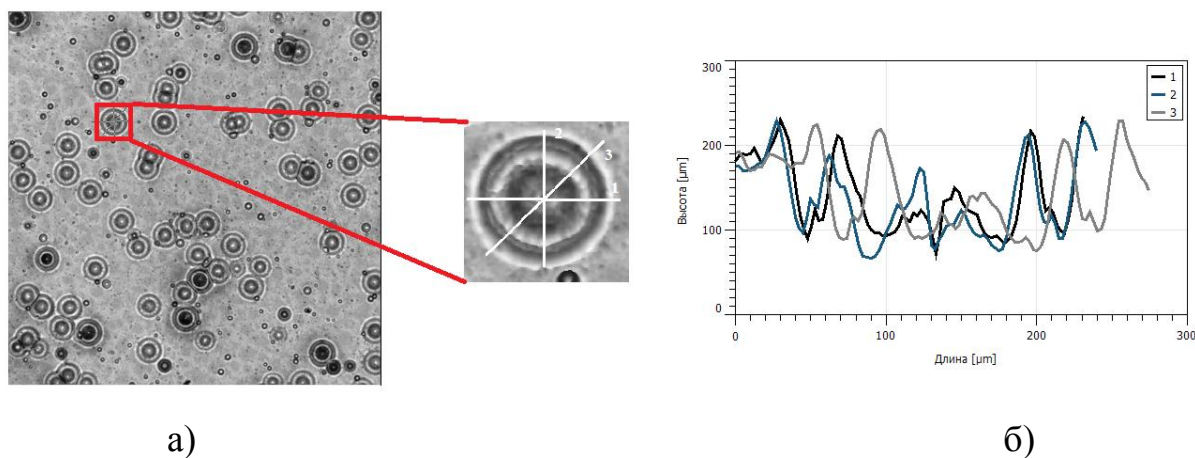


Рисунок 16.1 – Поверхность (а) и профиль поверхности (б) внешней стороны пленки ПМК после облучения ионами $^{129}\text{Xe}^{+8}$; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

Размеры дефектов внешней стороны достигают 200 ± 50 мкм, глубиной - 170 ± 40 мкм.

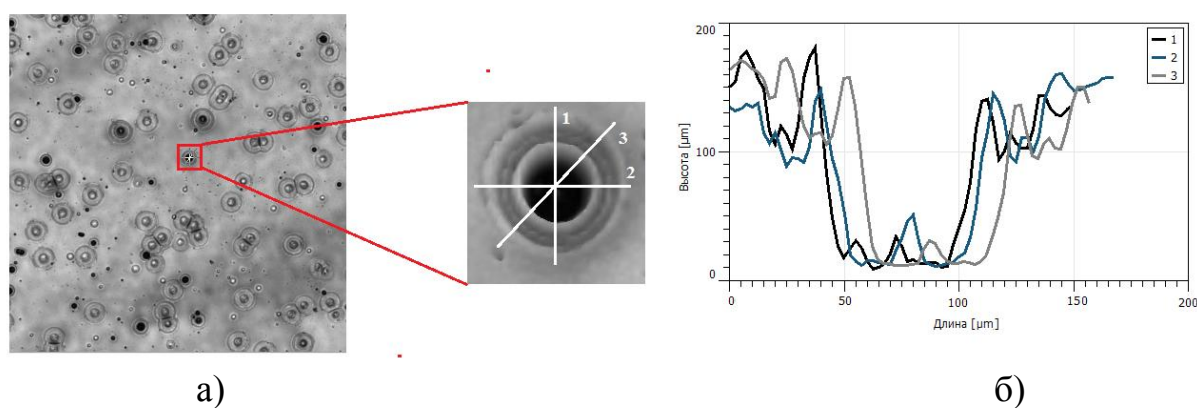


Рисунок 16.2 – Поверхность (а) и профиль поверхности (б) внутренней стороны пленки ПМК после облучения ионами $^{129}\text{Xe}^{+8}$; кривые 1 – 3 показывают профиль поверхности зерен.

Размеры дефектов внутренней стороны (выхода ионов) достигают 140 ± 25 мкм, глубиной - 180 ± 30 мкм.

Параметры шероховатости пленки после облучения ионами, а также уровень статистической значимости представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Параметры шероховатости образцов

Образцы	Ra , мкм	Rq , мкм	$Rmax$, мкм	Rsk , мкм
ПМК	16,1±1,6	20,6±1,8	145,5±29,9	0,108
ПМК вн	18,3±4,8	23,8±5,9	158,9±18,8	0,548
ПМК обл	25,9±2	31,9±2,8	136,9±18,3	0,496
ПМК обл вн	18,2±3,55	22,5±4,2	86,6±28	0,246

Примечание: ПМК – исходная пленка ПМК; ПМК обл – пленки ПМК после облучения ионами $^{129}\text{Xe}^{+8}$; вн – внутренняя сторона пленок ПМК.

Как видно из таблицы 6 ионное воздействие приводит к увеличению параметров шероховатости на 60% для внешней поверхности и на статистически незначимую величину (10%) для внутренней поверхности пленки.

Таблица 7 – Уровень статистической значимости параметра шероховатости Ra

Образцы	ПМК	ПМК вн	ПМК обл	ПМК обл вн
ПМК	–	0,147	0,000001	0,07
ПМК вн	0,147	–	0,004	0,97
ПМК обл	0,000001	0,004	–	0,0003
ПМК обл вн	0,07	0,97	0,0003	–

Примечание: ПМК – исходные пленки; ПМК обл – пленки ПМК после облучения ионами ^{54}Xe ; вн – внутренняя сторона пленок ПМК.

3.4. Смачиваемость и СЭП

Важной характеристикой материала является смачиваемость и свободная энергия поверхности. Смачиваемость пленки ПМК внутриглазной жидкостью определяет долговечность корнеальных имплантатов в процессе эксплуатации.

Результаты исследования краевого угла смачиваемости показали, что поверхность пленки на основе полимолочной кислоты имеет ограниченное смачивание, $\Theta_w = 81,6^\circ$. Последующее воздействие горячего пара под

давлением не приводит к изменению Θ_w , угол смачивания остается в пределах (81 - 83)° (Рисунок 17).

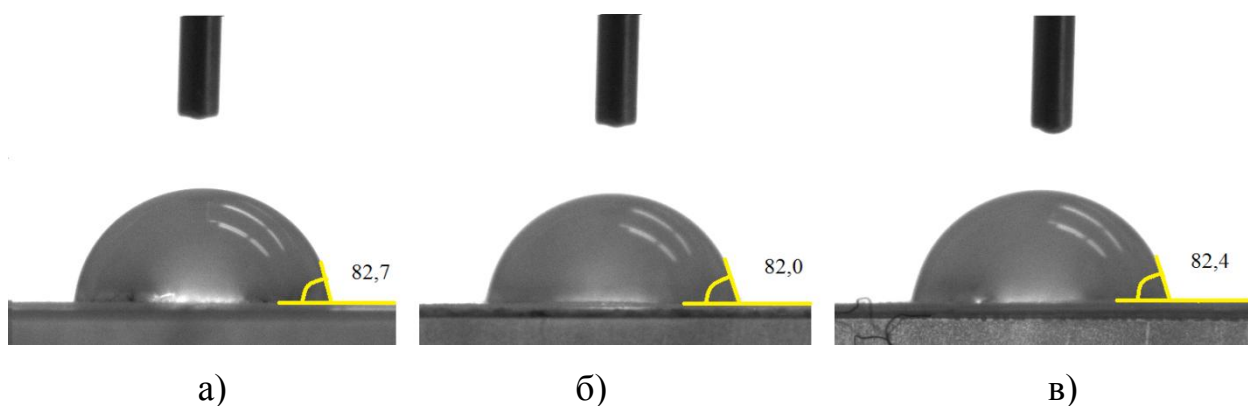


Рисунок 17 – Капля ПМК (вода) исходная (а), после паровой стерилизации 120°С (б), после паровой стерилизации 132°С (в).

Результаты исследования влияния γ -лучевой стерилизации на величину смачивания ПМК представлены на рисунке 17, из которого видно, что γ -стерилизация пленок на основе полимолочной кислоты в дозе 1 кГр способствует незначительному изменению Θ_w : краевой угол уменьшился на 10%. Однако, лучевая стерилизация в дозе 10 кГр не приводит к изменению смачиваемости исходных пленок.

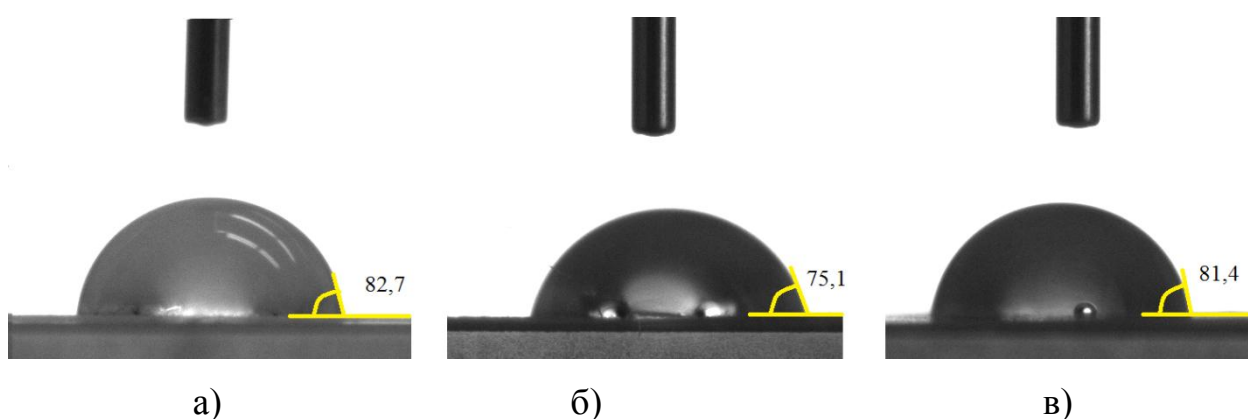


Рисунок 18 – Капля ПМК (глицерин) исходная (а), после лучевой стерилизации 1 кГр (б), после лучевой стерилизации 10 кГр (в).

На рисунке 19 представлена диаграмма смачиваемости поверхности исходных пленок ПМК, пленок ПМК после паровой стерилизации в двух режимах ($T = 120^{\circ}\text{C}$, $T = 132^{\circ}\text{C}$), образцов после γ -стерилизации в дозах 1 кГр и 10 кГр. По полученным данным видно, что смачиваемость пленок деионизованной водой превышает смачиваемость глицерином, и значительно превышает смачиваемость гексаном.

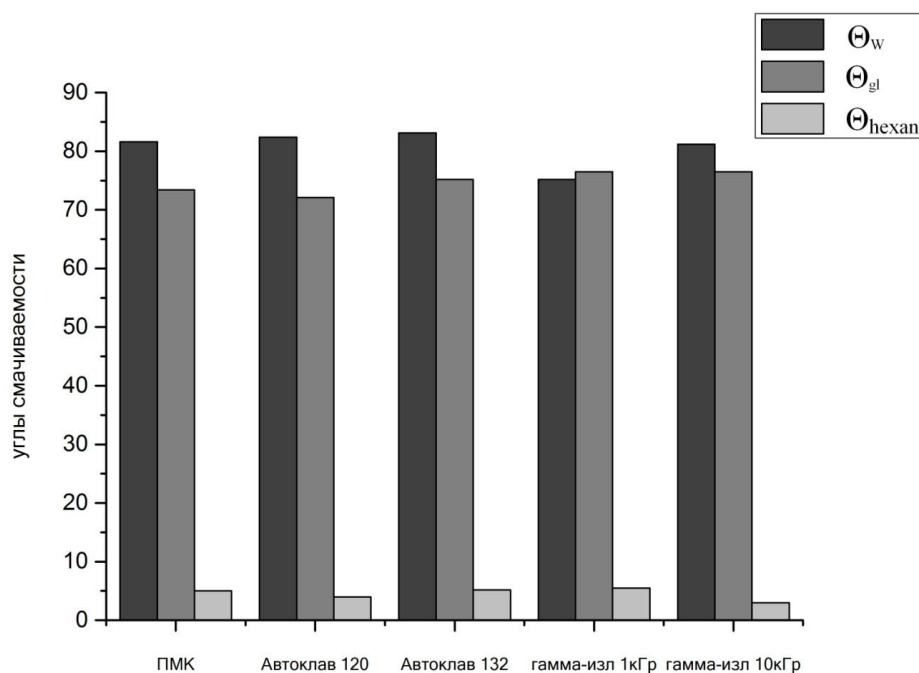


Рисунок 19 – Смачиваемость поверхности исходных пленок ПМК и пленок после паровой стерилизации в двух режимах ($T = 120^{\circ}\text{C}$, $T = 132^{\circ}\text{C}$), образцов после γ -стерилизации в дозах 1 кГр и 10 кГр. Углы смачивания деионизованной воды (Θ_w), глицерина (Θ_{gl}) и гексана (Θ_{hexan}).

Поверхностная энергия – параметр, определяющий взаимодействие материала с окружающей средой. В связи с этим, по значениям контактного угла были рассчитаны значения поверхностного натяжения ПМК.

Как видно из данных рисунка 20, ПМК относится к классу слабополярных полимеров. Полярность пленки ПМК, определяемая как доля полярной компоненты в суммарной поверхностной энергии составляет 0,35, что находится в хорошем согласии с литературными данными [66].

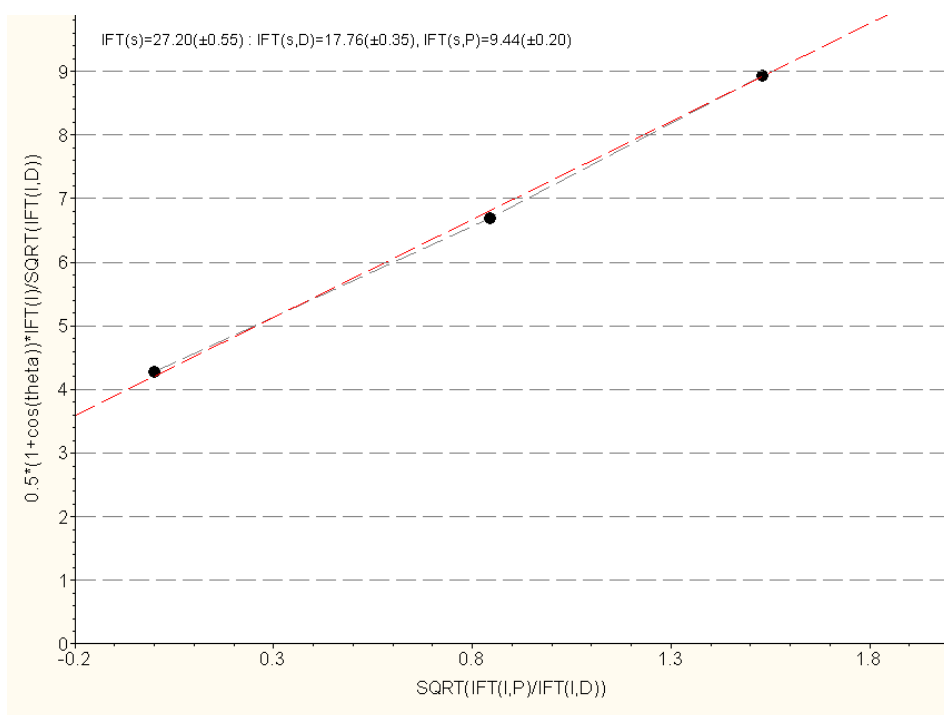


Рисунок 20 – Свободная поверхностная энергия (СЭП) исходной пленки на основе полимолочной кислоты (ПМК).

Расчет полной поверхностной энергии пленок ПМК после паровой стерилизации показал среднее значение СЭП 27,25 мДж/м² и 25,71 мДж/м² при T = 120°C и T = 132°C соответственно (Рисунок 21, таблица 8).

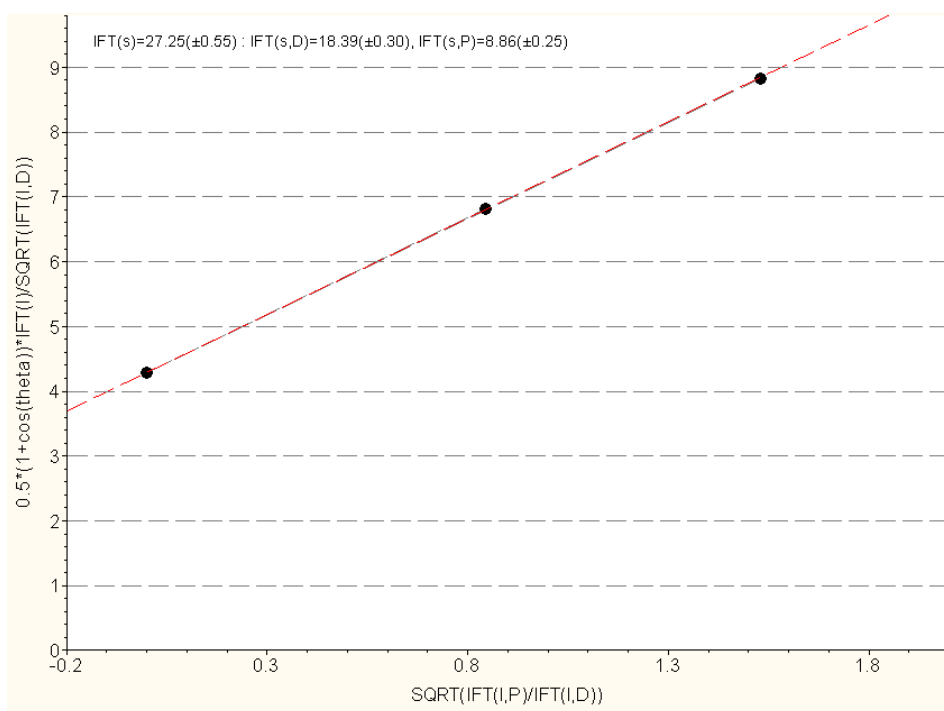


Рисунок 21 – СЭП пленки ПМК после паровой стерилизации.

Стерилизация γ – излучением радионуклида ^{60}Co увеличивает СЭП от 27,2 мДж/м² до 29,8 мДж/м² (доза облучения 1 кГр), что соответствует 8,8%. Следует отметить, что вклад полярной составляющей в энергию поверхности образцов после лучевой стерилизации более значителен, чем вклад дисперсионной (Рисунок 22, таблица 8).

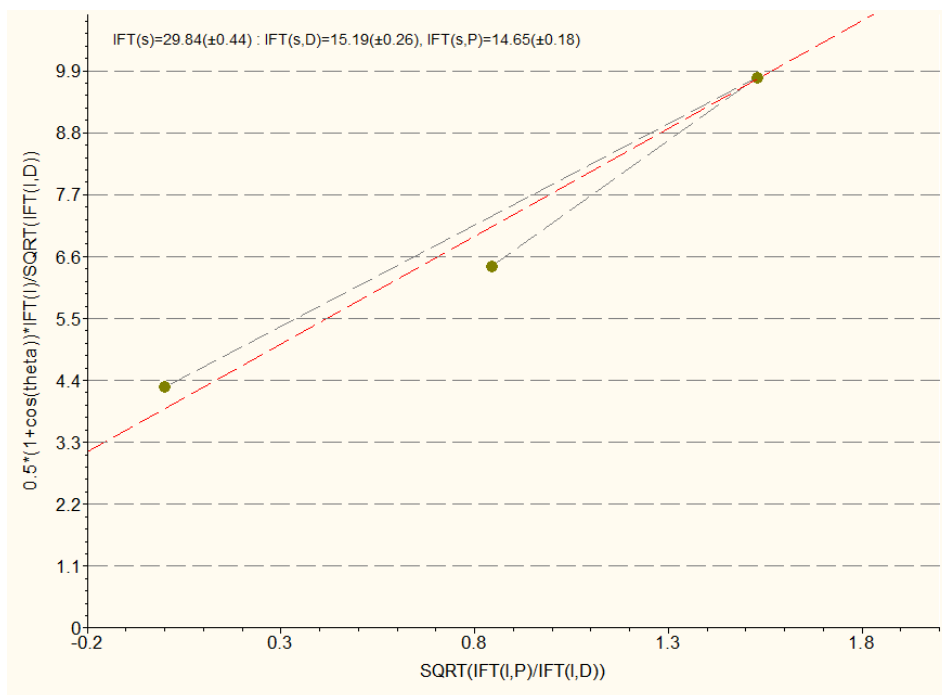


Рисунок 22 – СЭП пленки ПМК после стерилизации γ – излучением (1 кГр).

На рисунке 23 представлена диаграмма СЭП исходных пленок ПМК, пленок ПМК после паровой стерилизации в двух режимах ($T = 120^\circ\text{C}$, $T = 130^\circ\text{C}$), образцов после γ –стерилизации в дозах 1 кГр и 10 кГр.

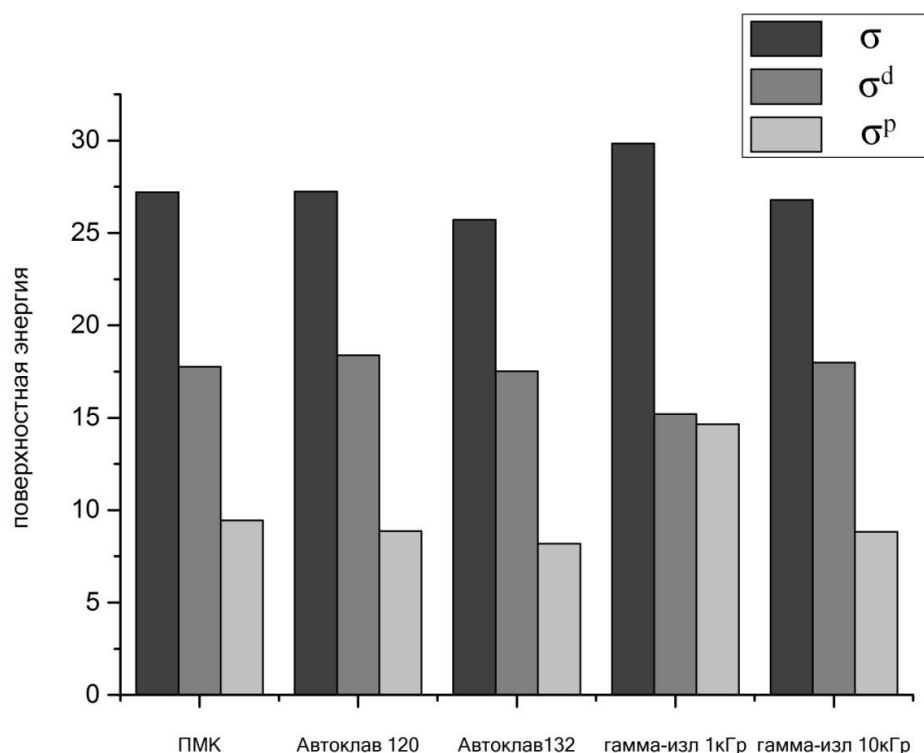


Рисунок 23 – СЭП исходных пленок ПМК, пленок ПМК после паровой стерилизации в двух режимах ($T = 120^{\circ}\text{C}$, $T = 130^{\circ}\text{C}$), образцов после γ -стерилизации в дозах 1 кГр и 10 кГр. Поверхностная энергия (σ), дисперсионная (σ^d) и поляризационная (σ^p) составляющие поверхностной энергии.

В таблице 8 приведены значения параметров поверхности для исходной пленки на основе полимолочной кислоты, пленок после паровой стерилизации в двух режимах (120°C и 132°C) и пленок после лучевой стерилизации в дозах 1кГр и 10 кГр.

Таблица 8 – Средние значения параметров поверхности пленок ПМК: поверхностная энергия σ , дисперсионная σ^d и поляризационная σ^p составляющие поверхностной энергии, угол смачивания: Θ_w (вода), Θ_{gl} (глицерин), Θ_{hexan} (гексан).

Образец (30 г)	Свободная энергия поверхности (мДж/м ²)			Краевой угол смачивания, °		
	σ	σ^d	σ^p	Θ_w	Θ_{hexan}	Θ_{gl}

ПМК	27,2	17,76	9,44	81,6	5,0	73,4
Пар120	27,25	18,39	8,86	82,4 p>0,6	4,0	72,1
Пар132	25,71	17,52	8,19	83,1 p>0,2	5,2	75,2
Гамма1кГр	29,84	15,19	14,65	75,2 p<0,0004	5,5	76,5
Гамма10кГр	26,8	17,98	8,82	81,2 p>0,6	3,0	76,5

Примечание: Гамма1кГр, Гамма10кГр – после лучевой стерилизации в дозах 1кГр и 10кГр; Пар120, Пар132 – после паровой стерилизации при T = 120°C и 132°C соответственно; поверхностная энергия $\dim \sigma = \text{мДж/м}^2$; контактный угол $\dim \theta = \text{градус } (^\circ)$. p – уровень статистической значимости по сравнению с исходным материалом.

Согласно полученным значениям краевого угла смачивания деионизованной водой, которые представлены в таблице 8, статистического значимые различия имеет исходная пленка ПМК и пленка после лучевой стерилизации дозой 1 кГр (p<0,0004). Воздействия паровой стерилизации и стерилизации гамма – излучением дозой 10 кГр не имеют статистического различия.

3.5. Механические характеристики ПМК

Исследования прочностных и механических характеристик пленок на основе полимолочной кислоты на установке Instron, выполненных по [58] и [59] показали зависимость «напряжение – деформация». Были получены следующие значения механических характеристик:

1. Удлинение на разрыв $4,15 \pm 0,15$ мм
2. Модуль Юнга $1961,1 \pm 336,5$ МПа
3. Относительный предел текучести $20,35 \pm 5,3$ МПа
4. Напряжение при растяжении $22,2 \pm 5,7$ МПа

Полученные данные соответствуют требованиям эксплуатации.

На рисунке 24 представлена зависимость «напряжение – деформация» для пленки на основе полимолочной кислоты.

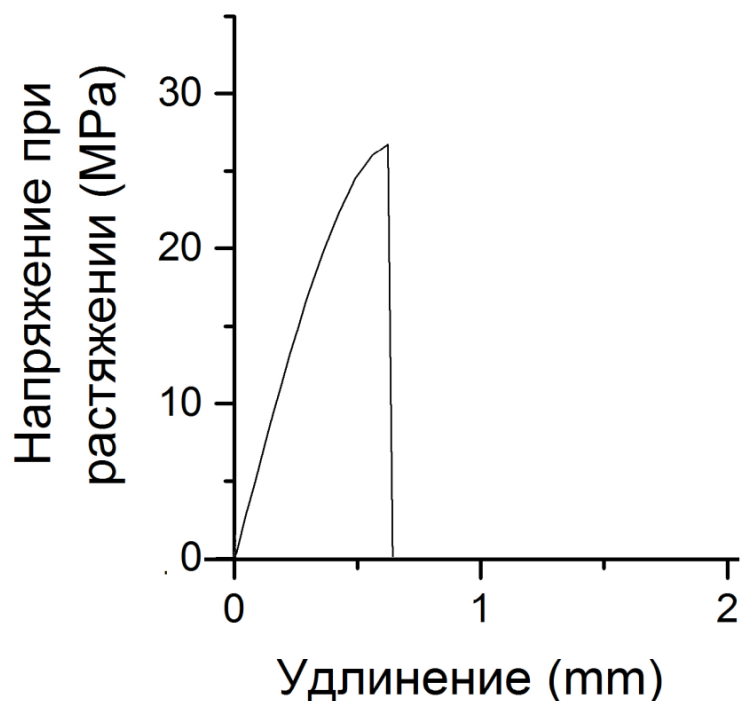


Рисунок 24 – Кривая растяжения пленки ПМК.

На рисунке 24 видно, что кривая растяжения пленки ПМК имеет типичный вид деформационной кривой мягкого и вязкого материала без выраженного предела текучести – точки кривой «нагрузки–удлинения».

В представленной зависимости «напряжение при растяжении – удлинение» условно можно выделить относительные области: участок отклонения от прямолинейности, свидетельствующий о проявлении пластической составляющей, вклад которой по мере приближения к условному пределу текучести (S_x) возрастает; прямолинейный участок, на котором наблюдается линейная зависимость напряжение – деформация.

ГЛАВА IV. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

На сегодняшний день оценка коммерческой ценности разработки является обязательным условием поиска источников финансирования научного исследования и коммерциализации его результатов. Для разработчиков эта часть имеет большое значение, так как они должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Оценка позволяет ученому не только улучшить технические параметры, но и создать конкурентоспособную разработку, отвечающую современным требованиям, а также найти партнеров для дальнейшего проведения научного исследования и внедрения его результатов в промышленный оборот.

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

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

В данной диссертационной работе проведено исследование получения и свойств биodeградируемых корнеальных имплантатов для кератопластики.

4.1. Предпроектный анализ

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: корнеальные имплантаты на основе полимолочной кислоты для кератопластики.

Целевой рынок: офтальмологические клиники.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Оценочная карта анализа представлена в таблице 9. Позиция разработки и конкурентов 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:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							

1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	3	3	0,9	0,54	0,54
3. Надежность	0,1	5	4	4	0,25	0,2	0,15
4. Простота эксплуатации	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
5. Безопасность	0,09	5	3	3	0,45	0,27	0,27
6. Функциональная мощность	0,07	5	4	3			
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
2. Уровень проникновения на рынок	0,06	4	5	5	0,28	0,35	0,35
3. Цена	0,08	5	4	4	0,35	0,28	0,28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	5	5	0,4	0,4	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,03	5	3	2	0,3	0,18	0,12
6. Финансирование научной разработки	0,04	4	5	4	0,12	0,15	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,03	5	4	4	0,2	1,16	0,16
8. Наличие сертификации разработки	0,07	4	5	4	0,24	0,3	0,24
Итого	1	62	52	46	4,84	3,81	3,44

4.1.3. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [67].

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

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные

стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

В таблице представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 10 - SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Квалифицированный персонал.</p> <p>С4. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Длительный период при некоторых видах исследований.</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения исследований.</p> <p>Сл3. Недостаток финансовых средств</p> <p>Сл4. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Интерес к подобным исследованиям со стороны иностранных партнеров</p> <p>В2. Использование научно-исследовательские достижения ТПУ</p> <p>В3. Ценовая стабильность на рынке товаров-конкурентов</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У2. Ограничения на экспорт технологии</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа.

Второй этап заключается в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Использование интерактивной матрицы помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей SWOT.

Таблица 11 - Интерактивная матрица работы

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	0
	B2	+	+	+	-
	B3	-	-	-	0

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. следующего вида: B1C1C2C3; B2C1C2C3. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. В таблице факторы помечаются: соответствие сильных сторон возможностям знаком плюс «+»; слабое соответствие знаком минус«-»; если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-» - знак«0» (таблица 11).

Третий этап включает в себя итоговую матрицу SWOT-анализа, которая приводится в магистерской диссертации (таблица 12).

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 12 - SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Квалифицированный персонал.</p> <p>С4. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Длительный период при некоторых видах исследований.</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения исследований.</p> <p>Сл3. Недостаток финансовых средств</p> <p>Сл4. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Интерес к подобным исследованиям со стороны иностранных партнеров</p> <p>В2. Использование научно-исследовательские достижения ТПУ</p> <p>В3. Ценовая стабильность на рынке товаров-конкурентов</p>	<p>При использовании научно-исследовательских достижений ТПУ можно снизить стоимость производимой продукции и тем самым заявить об экономичности, экологичности технологии, а также повышении квалификации персонала.</p>	<p>1. Поиск необходимого оборудования.</p> <p>2. Использование Научно-исследовательских достижений ТПУ в качестве дополнительного финансирования.</p>

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии У2. Ограничения на экспорт технологии У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>1. Создание программы продвижения производимой продукции 2. Обеспечение финансирования НИ</p>	<p>Отсутствие необходимого оборудования и длительность периода исследований может привести к отсутствию спроса на новые технологии.</p>
--	---	---

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Приведённый анализ показал, что технология, находясь на этапе разработки, имеет хорошие шансы на коммерциализацию, с учетом проявляемого интереса партнеров и удачных исследований. При этом, если переход разработки в стадию коммерциализации затянется, то возможна потеря спроса на готовую технологию.

4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 13.

Таблица 13- Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического	5	4

	задела		
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	47	36

Итого получилось суммарное количество баллов по каждому направлению: 47 баллов – по степени проработанности научного проекта; 36 балла – по уровню, имеющихся знаний у разработчика. Согласно этим баллам, можно сказать, что перспективность данной разработки выше среднего.

4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно - технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом

зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок.

1. *Торговля патентными лицензиями*, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

2. *Передача ноу-хау*, т.е. предоставление владельцем ноу-хау возможности его использовать другим лицом, осуществляемое путем раскрытия ноу-хау.

3. *Инжиниринг* 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.

4. *Франчайзинг*, т.е. передача или переуступка (на коммерческих условиях) разрешения продавать чьи-либо товары или оказывать услуги в некоторых областях.

5. *Организация собственного предприятия*.

6. *Передача интеллектуальной собственности* в уставной капитал предприятия.

7. *Организация совместного предприятия*, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия.

8. *Организация совместных предприятий*, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Перспективность данного научного исследования выше среднего, поэтому не все аспекты рассмотрены и изучены. Таким образом, для организации предприятия этого не достаточно (пункт 4 – 8 не подходят). Но так как основной научно-технический задел определен, этого достаточно для коммерциализации для следующих методов (пункты 1 - 3): Торговля патентной лицензией; передача ноу-хау и инжиниринг. Степени проработанности научного проекта и уровень знаний разработчика достаточно для реализации пунктов, которые были выбраны.

4.2. Инициация проекта

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

Таблица 14 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ, Кафедра «Физики твердого тела»	Получение продукции

Таблица 15 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получение биodeградируемых пленок на основе полимолочной кислоты, изучение возможности применения в качестве корнеальных имплантатов при хирургическом лечении буллезной кератопатии, исследование свойств полученных пленок.
Ожидаемые результаты проекта:	Получение биodeградируемых корнеальных имплантатов для кератопластики
Критерии приемки результата проекта:	Адекватность результатов
Требования к результату проекта:	Требование:
	Стандартизация готового продукта

4.2.1. Организационная структура проекта

Таблица 16 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Пичугин В.Ф., кафедра ЭФ, профессор, д.ф.-м.н.	Руководитель	Координирует деятельность участников проекта	80
2	Кравченко А.В., НИ ТПУ, кафедра ЭФ, магистрант	Исполнитель	Выполнение НИР	485
3	Зяблова Н.Н., Старший преподаватель ТПУ	Эксперт проекта	Консультирование	2
4	Гоголева Т.С., к.ф.-м.н., ассистент кафедры прикладной физики № 12 ФТИ ТПУ	Эксперт проекта	Консультирование	2
5	Рыжакина Т.Г., к.э.н., доцент ТПУ	Эксперт проекта	Консультирование	2

ИТОГО:	571
--------	-----

Таблица 17 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	313 521 рублей
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	13.01.17 - 31.05.17
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	13.01.17
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.17

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

4.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 25 представлен шаблон иерархической структуры.



Рисунок 25 – Иерархическая структура по ВКР

4.3.2. Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Эту информацию необходимо свести в таблицу (таблица 18).

Таблица 18 - Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка технического задания на ВКР	13.01.2017	Приказ о ВКР
2	Составление и утверждение технического задания	17.01.2017	Техническое задание
3	Выбор направления исследования и способов решения задач	20.01.2017- 22.01.2017	Методы решения задач
4	Подбор и изучение научно-технической литературы по теме	23.01.2017- 01.03.2017	Список литературы
5	Разработка методики экспериментальных исследований	02.03.2017- 04.03.2017	Методика
6	Проведение экспериментальных	05.03.2017-	Отчет

	исследований	14.04.2017	
7	Анализ и обработка полученных результатов	15.04.2017-09.05.2017	Графики
8	Оформление пояснительной записки	10.05.2017-31.05.2017	Пояснительная записка
9	Подготовка к защите ВКР	01.06.2017-14.06.2017	Презентация

4.3.3. План проекта

Для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательных действий необходимо составить календарный график выполнения НИОКР.

Таблица 19 - Календарный план ВКР

№	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Разработка технического задания на ВКР	3	13.01.2017	16.01.2017	Руководитель
2	Составление и утверждение технического задания	2	17.01.2017	19.01.2017	Руководитель
3	Выбор направления исследования и способов решения задач	2	20.01.2017	22.01.2017	Руководитель, магистрант
4	Подбор и изучение научно-технической литературы по теме	38	23.01.2017	01.03.2017	Магистрант
5	Разработка методики экспериментальных исследований	2	02.03.2017	04.03.2017	Руководитель, магистрант
6	Проведение экспериментальных исследований	40	05.03.2017	14.04.2017	Магистрант
7	Анализ и обработка	20	15.04.2017	09.05.2017	Руко-

	полученных результатов				водитель, магистрант
8	Оформление пояснительной записки	21	10.05.2017	31.05.2017	Магистрант
9	Подготовка к защите ВКР	15	1.06.2017	14.06.2017	Руководитель, магистрант

Иллюстрацию календарного плана представляют в виде диаграммы Ганта таблица 20, представляющую собой тип столбчатых диаграмм (гистограмм). Они характеризуют начало даты и окончания выполнения работ, и представлены протяженными во времени отрезками с различной штриховкой (отвечающей за исполнителя работы).

Таблица 20 - Календарный план-график проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ															
			январь		февр.			март			апрель			май			июнь	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Разработка технического задания на ВКР	р	■															
2	Составление и утверждение технического задания	р	■															
3	Выбор направления исследования и способов решения задач	р, м	■															
4	Подбор и изучение научно-технической	м																

	литературы по теме																	
5	Разработка методики экспериментальных исследований	р , м																
6	Проведение экспериментальных исследований	м																
7	Анализ и обработка полученных результатов	р , м																
8	Оформление пояснительной записки	м																
9	Подготовка к защите ВКР	р , м																

р - руководитель - ■■■ м - магистрант - □

4.4. Бюджет научного исследования

Планирование бюджета научного исследования предполагает необходимость учета полного и достоверного отражения всех видов планируемых расходов, необходимых при его выполнении.

Процесс формирования бюджета НТИ включает в себя учет материальных затрат НТИ, затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, основную заработную плату исполнителей темы и другие статьи по затратам, представленным в таблице 21 определяется по нормам расхода.

4.4.1. Расчет материальных затрат научного исследования

В данную 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.

Расчет стоимости материальных затрат осуществляется по договорным ценам или действующим прейскурантам. Учитываются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены) также входят в расчет стоимости материальных затрат. Результаты по данной статье представлены таблице 21.

Таблица 21 - Группировка затрат по статьям

Виды работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на соц. нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
1.	1295	69 200	112645	9944	32926	87511	313521

Таблица 22 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица материала	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Полимолочная кислота	кг	0,5	350	175
Раствор CHCl_3	л	1	160	160
Раствор NaOH	л	1	80	80
Моющее средство	л	1	30	30
Дистиллированная вода	л	20	15	300
Бумага	упаковка	0,5	200	100
Спирт этиловый	л	2	200	400
Всего за материалы				1245

Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)	50
Итого по статье С _м	1295

4.4.2. Специальное оборудование для научно-исследовательских работ

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

Таблица 23 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№	Наименование оборудования	Кол-во ед. оборудования	Стоимость (руб.)	Амортизация в год (руб.)	Срок использования (дни)	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	EasyDrop DSA	1	6 500 000	54 100	21	36 600
2	ИК-спектрометр	1	700 000	58 300	5	9 700
3	Микроскоп «Ols 4100».	1	1 500 000	75 000	5	12 500
4	Испытательная установка Instron 3300	1	3 781 500	68 200	2	10 400
	Итого					69 200

Вышеуказанное спецоборудование для проведения научно-исследовательской работы имеются в лабораториях ТПУ. Поэтому дополнительные финансовые расходы по данной статье не учитываются.

4.4.3. Основная заработная плата

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб. (окладом магистранта является стипендия, 2 200 руб.);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 14).

Таблица 24 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	96	104
- праздничные дни	12	12
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	233	225

Месячный должностной оклад работника:

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

где Z_b – базовый оклад, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3

Таблица 25 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	34 595,56	1,3	44 974	2 162	46	99 445
Магистрант	-		2 200			13 200

4.4.4. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительную заработную плату рассчитывали на примере руководителя. Она включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

В таблице 26 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 26 - Зарплата исполнителей НИР

Зарплата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	99 445	2 200
Дополнительная зарплата	9 944	-
Зарплата исполнителя	109 389	13 200
Итого по статье $C_{зп}$	122 589	

4.4.5. Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,30 \cdot (99\,445 + 9\,944) = 32\,926 \text{ руб.}$$

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

4.4.6. Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно - технической организации.

Накладные расходы составляют 80 - 100% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле на примере руководителя:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (99\,445 + 9\,944) = 87\,511$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

4.5. Организационная структура проекта

Таблица 27 - Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая

Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Вывод: на основе проведенного анализа выбора организационной структуры научного проекта, было выявлено, что наиболее выгодной является проектная структура, так как технология является новой и не исследуемая ранее, сложность проекта высока.

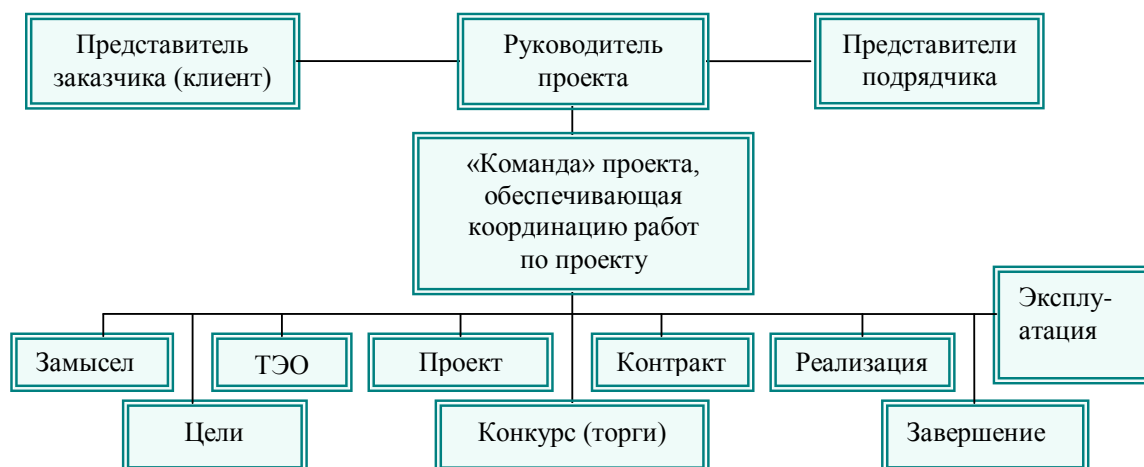


Рисунок 26 - Проектная структура по ВКР

4.6. Матрица ответственности

Степень ответственности каждого члена команды за принятые полномочия регламентируется матрицей ответственности. Матрица ответственности данного проекта представлена в таблице 28.

Таблица 28 - Матрица ответственности

Этапы проекта	Научный руководитель	Консультант раздела «Финансовый менеджмент»	Консультант раздела «Соответственность»	Консультант по языковому разделу	Магистрант
Разработка технического задания	О				
Составление и утверждение технического задания	О				
Выбор направления исследований	О				И
Подбор и изучение материалов по теме	С				И
Календарное планирование работ	О				И
Получение образцов					И
Проведение стерилизации и облучения образцов					И
Расчет шероховатости, смачиваемости, поверхностной энергии и прочности полученных образцов	О				И
Анализ полученных данных	О				И
Выполнение оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения		С			И
Выполнение раздела по социальной ответственности			С		И
Выполнение перевода части работы на английский язык				С	И
Обобщение и оценка результатов	С				И
Составление пояснительной записки	С				И
Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	С				И
Подготовка к защите	О				И

Степень участия в проекте характеризуется следующим образом:

- ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход;
- исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта. Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение);

– согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

4.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Кроме выше перечисленных видов эффективности можно выделить ресурсный эффект (характеризуется показателями, отражающими влияние инновации на объем производства и потребления того или иного вида ресурса), научно-технический (оценивается показателями новизны и полезности) и др.

4.7.1. Динамические методы экономической оценки инвестиций

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (**NPV**);
- срок окупаемости (**DP**);

- внутренняя ставка доходности (**IRR**);
- индекс доходности (**PI**).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

4.7.2. Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то **NPV** определяется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0,$$

где $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t=0, 1, 2 \dots n$);

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше **NPV**, тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если **NPV** является положительной.

Таблица 29 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс.руб	0	376,2	376,2	376,2	376,2
2.	Итого приток	0	376,2	376,2	376,2	376,2
3.	Инвестиционные издержки, тыс.руб.	-313,5	0	0	0	0
4.	Операционные затраты, тыс. руб С+Ам+ФОТ	0	78,3	78,3	78,3	78,3
4.1	Налогооб прибыль=1-4		297,9	297,9	297,9	297,9
5.	Налоги Выр-опер=донал.приб*20%	0	59,6	59,6	59,6	59,6
6.	Итого отток Опер.затр+налоги	-313,5	137,9	137,9	137,9	137,9
7.	Чистый денежный поток ЧДП=Пчист+Ам Пчист=Пдонал.-налог	-313,5	238,3	238,3	238,3	238,3
8.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i=0,20$)	1	0,833	0,694	0,578	0,482
9.	Дисконтированный чистый денежный поток ($c7*c8$)	-313,5	198,5	165,4	137,74	114,8
10.	То же нарастающим итогом (NPV =302,94)	-313,5	-115	50,4	188,14	302,94

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 302940 д. ед., что позволяет судить о его эффективности.

4.7.3. Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 30).

Таблица 30 - Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$)	-313,5	198,5	165,4	137,74	114,8
2.	То же нарастающим итогом	-313,5	-115	50,4	188,14	302,94
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 1 + 115/165,4 = 1,69$ года				

4.7.4. Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования

(i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 31 и графика, представленного на рисунке 27.

Таблица 31 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№ п/п	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV
1	Чистые денежные потоки	-313,5	198,5	165,4	137,74	114,8	
2	коэффициент дисконтирования						
	$i=0,1$	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	$i=0,2$	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	$i=0,3$	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	$i=0,4$	1	0,714	0,51	0,364	0,26	

	$i=0,5$	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	$i=0,6$	1	0,625	0,39	0,244	0,095	
	$i=0,7$	1	0,588	0,335	0,203	0,07	
3	Дисконтированный денежный поток						
	$i=0,1$	-313,5	180,4365	136,6204	103,4427	78,4084	185,408
	$i=0,2$	-313,5	165,3505	114,7876	79,61372	55,3336	101,5854
	$i=0,3$	-313,5	152,6465	97,9168	62,6717	40,18	39,915
	$i=0,4$	-313,5	141,729	84,354	50,13736	29,848	-7,43164
	$i=0,5$	-313,5	132,3995	73,4376	40,6333	22,7304	-44,2992
	$i=0,6$	-313,5	124,0625	64,506	33,60856	10,906	-80,4169
	$i=0,7$	-313,5	116,718	55,409	27,96122	8,036	-105,376

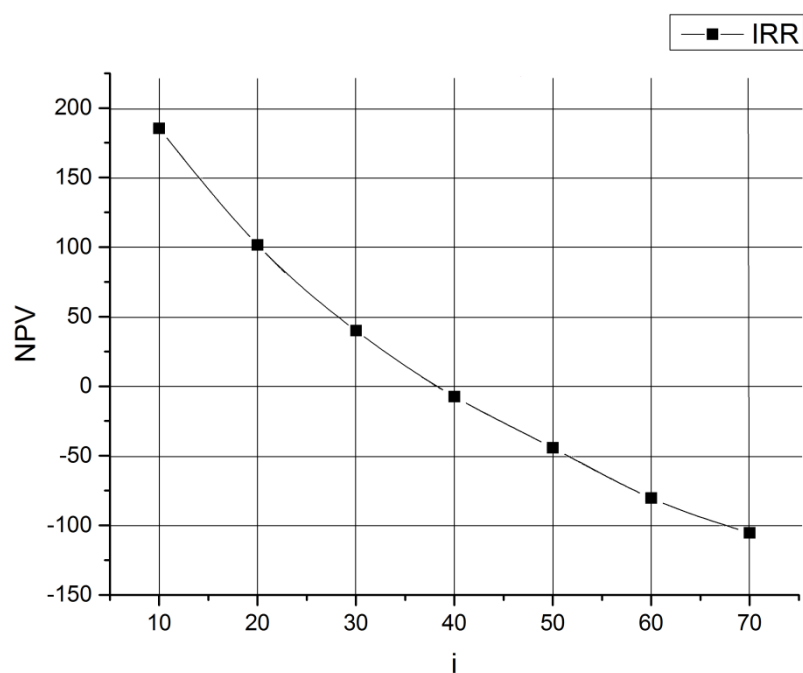


Рисунок 27 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,39.

4.7.5. Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0,$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{616,04}{313,5} = 1,96$$

$PI=1,96>1$, следовательно, проект эффективен при $i=0,2$; $NPV=302940$

4.7.6. Оценка сравнительной эффективности исследования

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (11)$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – 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 увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\max}} = \frac{313521}{313521} = 1;$$

Для аналогов (с использованием дополнительного оборудования, которое стоит 50000 руб и 75000 руб) соответственно:

$$I_{\text{фин1}}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\max}}$$

$$I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\max}} = \frac{363521}{313521} = 1,16; \quad I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\max}} = \frac{383521}{313521} = 1,24;$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (12)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта

исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 32.

Таблица 32 - Сравнительная оценка характеристик вариантов

исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение производительности труда пользователя	0,2	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	3	3
3. Надежность	0,2	5	4	4
4. Простота эксплуатации	0,2	5	3	3
5. Безопасность	0,11	5	3	3
6. Функциональная мощность	0,09	5	4	3
ИТОГО	1	6	3,49	3,17

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,11 + 5 \cdot 0,09 = 6;$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,11 + 4 \cdot 0,09 = 3,49;$$

$$\text{Аналог 2} = 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,11 + 3 \cdot 0,09 = 3,17.$$

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

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p}; \quad I_{\text{финаi}}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{\text{финаi}}^{ai}}; \quad (13,14)$$

В результате:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p} = \frac{6}{1} = 5; \quad I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{фина1}}^{a1}} = \frac{3,49}{1,16} = 3,01; \quad I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{фина2}}^{a2}} = \frac{3,17}{1,24} = 2,56.$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финаi}^{ai}} \quad (15)$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 33.

Таблица 33 - Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,16	1,24	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,49	3,17	6
3	Интегральный показатель эффективности	3,01	2,56	6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,99	2,34	1

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами.

Заключение

При планировании научно-исследовательской работы был произведен подсчет бюджета исследования. В процессе формирования бюджета были использованы группировки по материальным затратам (1295 руб), затратам по основной заработной плате исполнителей тем (112645 руб), затратам по дополнительной заработной плате (9944 руб) и отчислениям во внебюджетные фонды (32926 руб). Всего бюджет составил 313521 руб. Данная оценка коммерческой ценности необходима, чтобы представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Данная научно-исследовательская работа направлена на изучение поверхностных и структурных свойств покрытий применяемых в медицине. Расчёт экономической и финансовой эффективности не имеет других

вариантов, так как ход работы проходил линейно, что подтверждается графиком диаграммы Ганта (таблица 20).

ГЛАВА V. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Создание и внедрение комплексной системы управления охраной труда является неотъемлемой частью успешного проведения профилактических работ по снижению уровня травматизма на производстве и уменьшению процента профессиональной заболеваемости. Осуществляется данная система на всех стадиях производственного процесса, путем создания единой системы целенаправленных действий, посредством объединения всех проводимых мероприятий по охране труда.

В рамках данной работы важным является соблюдение техники безопасности при работе с ПЭВМ, который используется для обработки результатов.

В данной главе рассмотрены правила безопасной работы труда при выполнении модификации поверхности мембран, а также последующих исследований. Рассмотрены условия работы с ПЭВМ, выделены опасные и вредные производственные факторы, а также существующие средства и методы защиты, описаны организационные и технические мероприятия, проводимые перед началом работы.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда [68].

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно [68], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором, является фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

5.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические [69].

При работе в лаборатории на магистранта воздействуют следующие факторы:

- физические:

1. температура и влажность воздуха;
2. шум;
3. статическое электричество;
4. электромагнитное поле низкой частоты;
5. освещённость;
6. наличие излучения;

- психофизиологические

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

В таблице 34 приведены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Таблица 34 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ [68]	
--------------	--	--

видов работ и параметров производственного процесса	Вредные	Опасные	Нормативные документы
Работа на ПЭВМ (анализ результатов эксперимента), каф. ЭФ	Повышен – ный уровень радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и др.)	–	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологи – ческие правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» [70]
		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность [71]
		Пожарная безопасность	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [72]

5. 2. Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению при работе на ПЭВМ.

5.2.1. Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы

квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

5.2.2. Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как показано на рисунке 28.

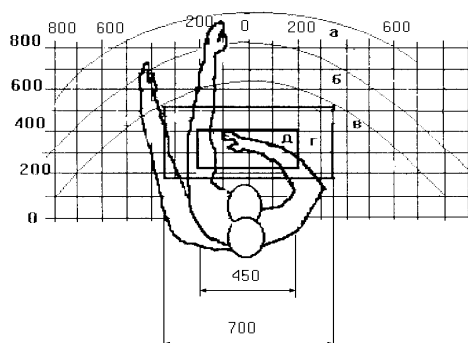


Рисунок 28 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а - зона максимальной досягаемости рук; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей размещается в зоне а (в центре); клавиатура – в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (слева); принтер находится в зоне а (справа); документация: в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680 – 800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно – поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420 – 550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглаблённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500 – 600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30° . Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15° . Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция

клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.2.3. Условия безопасности работы

Основными параметрами, характеризующие условия труда являются: микроклимат, освещённость, шум и вибрации.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 35.

Таблица 35 - Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23 – 25	40 – 60	0,1
Тёплый	23 – 25	40	0,1

Для создания оптимальных метеорологических условий в помещениях применяют кондиционирование воздуха – автоматическое поддержание в помещениях заданных оптимальных параметров микроклимата и чистоты воздуха независимо от изменения наружных условий и режимов внутри помещения. Системы вентиляции служат для удаления из помещения загрязненного и (или) нагретого воздуха и подачи в него чистого. Системы кондиционирования воздуха обеспечивают создание и автоматическое

поддержание в помещении заданных параметров воздушной среды независимо от меняющихся метеоусловий. В холодное время года для поддержания в помещении оптимальной температуры воздуха применяется отопление.

Для оптимизации условий труда имеет большое значение освещение рабочих мест. Усталость органов зрения может быть вызвана следующими факторами:

- недостаточная освещенность,
- чрезмерная освещенность,
- неправильное направление света.

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Задачи организации освещённости рабочих мест следующие: обеспечение различаемости рассматриваемых предметов, уменьшение напряжения и утомляемости органов зрения. Освещение должно быть равномерным и устойчивым, иметь правильное направление светового потока, исключать слепящее действие света и образование резких теней. Согласно [73] средняя величина освещенности аудиторий и лабораторий высших учебных заведений должна составлять не менее 400 люкс.

Воздействие шума и вибраций на организм человека вызывает негативные изменения, прежде всего в органах слуха, нервной и сердечно – сосудистой системах. В соответствии с [74] допустимый уровень шума при работе, требующей сосредоточенности, работе с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами на рабочих местах в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, составляет 75 дБА. Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА обозначены знаками

безопасности по [75]. При превышении допустимых норм рекомендуется использовать следующие средства:

- коллективной защиты: акустические экраны, выгородки, объемные поглотители звука, виброизолирующие опоры;
- средства индивидуальной защиты: специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски

Системные блоки и экран компьютера производят электромагнитное излучение (ЭМИ). Основными источниками излучения является системный блок и видеокабель.

Для защиты от ЭМИ необходимо:

- увеличить расстояние от оператора до источника;
- применить приэкранные фильтры, специальные экраны и другие СИЗ.

Дисплей компьютера является источником ионизирующего излучения. Под влиянием ионизирующего излучения в организме могут происходить различные биологические нарушения: снижение иммунитета, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, нарушения нормальной свертываемости крови, лучевая болезнь и др. Доза облучения оператора на расстоянии 20 см до дисплея составляет 50 мкР/час. По нормам [73] конструкция ПЭВМ является источником излучения, эквивалентная доза которого равна 100 мкР/час.

5.3. Электробезопасность

Опасность поражения током человека может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от условий, предоставляемых в помещении. Неисправность проводки ПЭВМ может стать причиной поражения электрическим током. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Работать с ПЭВМ в условиях повышенной влажности, высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов не следует.

Пороговый не отпускающий ток составляет 50 Гц (6 – 16мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Согласно [76] электробезопасность должна обеспечиваться конструкцией ПЭВМ, техническими способами и средствами защиты. ПЭВМ и его части выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Минимальная величина тока, которую способен почувствовать человеческий организм составляет 1 мА. При повышении тока более 1 мА человек начинает чувствовать себя некомфортно, возникают болезненные сокращения мышц, при увеличении тока до 12-15 мА возникает судорожное сокращение мышц, контролировать свою мышечную систему человек уже не в состоянии и собственными силами не может разорвать контакт с источником тока. Этот ток называется неотпускаемым.

Действие электрического тока более 25 мА приводит к параличу мышц органов дыхания в результате чего человек может просто-напросто задохнуться. При дальнейшем увеличении тока возникает фибрилляция сердца.

Электрический ток проходя через организм человека может оказывать на него три вида воздействий:

- термическое;
- электролитическое;
- биологическое.

Термическое действие тока подразумевает появление на теле ожогов разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов, которые находятся на пути протекания тока.

Электролитическое действие проявляется в расщепление крови и иной органической жидкости в тканях организма вызывая существенные изменения ее физико-химического состава.

Биологическое действие вызывает нарушение нормальной работы мышечной системы. Возникают непроизвольные судорожные сокращения мышц, опасно такое влияние на органы дыхания и кровообращения, таких как легкие и сердце, это может привести к нарушению их нормальной работы, в том числе и к абсолютному прекращению их функциональности.

Для предотвращения поражения электрическим током следует проводить следующие мероприятия [77]:

1. содержать ПЭВМ в работоспособном состоянии и эксплуатировать его в соответствии с нормативно-техническими документами;
2. своевременно проводить техническое обслуживание;
3. проводить инструктаж для работников [78].

В качестве мероприятий по обеспечению безопасности работы с электрооборудованием могут быть использованы:

1. изоляция токоведущих частей;
2. защитное заземление, зануление, защитное отключение;
3. применение разделяющих трансформаторов;
4. покрытие токопроводящих поверхностей инструментов надежной изоляцией.

5.4. Пожаровзрывобезопасность

Согласно [79] используемое помещение относится к категории пожароопасной В1-В4, т. е. в которых находятся горючие и трудногорючие жидкости, вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся, не относятся к взрывопожароопасным категориям А или Б.

В лаборатории разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка (мастерской, цеха и т. п.) в соответствии с приложением № 1 [80].

Согласно [81,82] работники допускаются к работе только после прохождения инструктажа о мерах пожарной безопасности, во всех помещениях вывешены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны и таблички с направлением пути эвакуации и план эвакуации.

Причинами возникновения пожара могут быть:

1. Нарушение правил эксплуатации ПЭВМ;
2. Курение в неустановленных местах;
3. Перегрузка электрических сетей;
4. Нарушение правил пожарной безопасности.

Согласно [83] в здании, где ведутся работы, предусмотрены инженерно-технические решения, которые обеспечивают в случае пожара эвакуацию людей (аварийные выходы), подачу средств пожаротушения к очагу, есть сигнализация и работает оповещение о пожаре.

На рисунке 29 представлен план эвакуации. По плану виден основной эвакуационный выход и 2 огнетушителя. В лабораториях расположены огнетушители порошковые ОП-4(з)-АВСЕ-02 (предназначен для тушения твердых, жидких и газообразных веществ и электроустановок до 1000 вольт).



Рисунок 29 - План эвакуации из рабочего помещения.

Пожарные краны, огнетушители и другая пожарная техника для защиты объектов соответствует [84].

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному).
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112.
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были получены образцы пленок на основе полимолочной кислоты из раствора 10 мл, 20мл и 30мл. Установлено, что:

1. Пленки на основе полимолочной кислоты имеют поверхность с четко выраженными зернами;
2. Паровая стерилизация, проведенная в 2 режимах, увеличивает шероховатость (\approx в 2 раза). Стерилизация гамма – излучением увеличивает шероховатость незначительно;
3. Паровая стерилизация не способствует изменению Θ_w , угол смачивания остается в пределах (82 - 83) $^\circ$. Стерилизация гамма – излучением способствует незначительному изменению Θ_w при дозе 1 кГр: краевой угол уменьшился на 10%, стерилизация дозой 10 кГр не приводит к изменению смачиваемости исходных пленок.
4. Паровая стерилизация незначительно влияет на свободную энергию поверхности. Стерилизация гамма–излучением увеличивает на 8,8 % (доза 1кГр), доза облучения 10 кГр уменьшает СЭП на 1,5 %, что является незначительным изменением.
5. Облучение тяжелыми ионами $^{129}\text{Xe}^{+8}$ пленки на основе ПМК формирует латентные треки и «кратерообразные» дефекты в области треков правильно округлой формы размером с внешней стороны 200 ± 50 мкм, глубиной - 170 ± 40 мкм, с внутренней стороны (выход ионов) - 140 ± 25 мкм, глубиной - 180 ± 30 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Website of World Health Organization – <http://www.who.int/blindness/causes/priority/en/index9.html> – 2013.
2. Каспаров, А. А. Каспарова, Е. А. Труфанов, С. В. Послеоперационная буллезная кератопатия: трансплантационные и нетрансплантационные методы лечения // Тезисы докладов IX съезда офтальмологов России. Москва: Печатная мануфактура. - 2010. - С. 307.
3. Мороз, З. И. Тахчиди, Х. П. Калинин, Ю. Ю. Современные аспекты кератопластики // Новые технологии в лечении заболеваний роговицы: мат-лы. конф. – Москва. - 2004. - С. 280-288.
4. Мороз, З. И. Современные направления хирургического лечения патологии роговицы // тезисы докл. IX съезда офтальмологов России. – Москва. - 2010. - С. 298-299.
5. Мамиконян, В. Р. Современные технологии пересадки роговицы // Тезисы докладов IX съезда офтальмологов России. – Москва. - 2010. - С. 311.
6. Morishige N., Chikama T., Yamada N. et al. Effect of preoperative duration of stromal edema in bullous keratopathy on early visual acuity after endothelial keratoplasty // J. Cataract Refract. Surg. – 2012. –Vol.38; N2. – P. 303 – 308.
7. *Marisi A., Aquavella J.V. Hypertonic saline solution in corneal edema // Ann. Ophthalmol. – 1975. – Vol. 7; N 2. – P. 229–233.*
8. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р. Кераторефракционная хирургия// – М., 1993. – С. 113-120.
9. Волков В.В., Дронов М.М. Новое в лечении глубокой дистрофии роговицы. Международная конференция по кератопластике и кератопротезированию: тезисы докладов. – Одесса, 1978. – С. 90–92.
10. Дронов М.М. Глубокая дистрофия роговой оболочки и методы её лечения: Дис. ... канд.мед.наук. – Л., 1978. – С. 89–98.

11. Ронкина Т.И., Золотаревский А.В., Багров С.Н. и др. Новый препарат «Глекумен» для активации пролиферации поврежденного эндотелия роговицы человека // Офтальмохирургия. – 2002. – № 2. – С. 50–54.
12. Фёдоров С. Н. и др. Комплексное консервативное лечение эндотелиально-эпителиальной дистрофии роговицы с использованием лечебного коллагенового покрытия // Вестн. офтальмол. – 1990. – № 6. – С. 33–35.
13. Копаева, В. Г. Глазные болезни / В. Г. Копаева. Москва: Медицина. – 2012. – с. 237–239.
14. Морхат, И. В. Медведская, Л. Е. Методика расчётов изменения рефракции при рефракционной интраламеллярной кератопластике твёрдым аллопластическим материалом // Проблемы офтальмологии. – Киев, 1976. – С. 54 – 55.
15. Морхат, И. В. Интраламеллярная кератопластика / Морхат, И. В. – Минск, 1980. – 110 с.
16. Животовский, Д. С. Изменение рефракции глаза в результате имплантации внутрироговичных пластмассовых линз в эксперименте // Вестник офтальмологии. – 1970, №2, С. 34 – 38.
17. Животовский, Д. С. Применение внутрироговичных пластмассовых линз в эксперименте и клинике // Вестник офтальмологии – 1972. - № 2, С. 38-45.
18. McDonald, M. B. et al. Alloplastic epikeratophakia for the correction of aphakia // Cur. Eye Res. – 1981. – Vol. 1. – pp. 131-137.
19. McCarey, B. E. Andrews, D. T. Refractive keratoplasty with intrastromal hydrogel lenticular implants // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 1991. – Vol. 21. – P. 107-115.
20. McCarey, et. Al. Hydrogel implants for refractive keratoplasty: corneal morphology // Cur. Eye Res. - 1982/83. – Vol. 2. – pp. 29-38.
21. McCarey, et al. Hydrogel keratophakia: a freehand pocket dissection in the monkey model // Br. J. Ophthalmol. – 1986, Mar. –Vol. 70(3). – pp. 187.

22. Werblin, T. P. et al. Stability of hydrogel intracorneal implants in nonhuman primates // *Cont. Lens Assoc. Ophthalmol.* – 1983, Jan. – Vol. 9. – pp. 17-61.
23. Мороз, З. И. Калинин, Ю. Ю. Леонтьева, Г. Д. и др. Рефракционные результаты имплантации интрастромальных роговичных сегментов на основе гидрогеля у пациентов с кератоконусом // *Офтальмохирургия.* – 2009. - № 1. – С. 14-17.
24. Гурбанов, Р. С. Интрастромальная кератопластика в коррекции миопии и миопического астигматизма при кератоконусе: Дис. канд. мед. наук. – М., 2010. – 151 с.
25. Stone, W. Herbert, E. Experimental study of plastic material as replacement for the cornea // *Am. J. Ophthalmol.* – 1953. - Vol. 36. – pp. 168 – 173.
26. D’Hermies, F. Hartmann, C. et al. Biocompatibility of a refractive intracorneal PMMA ring // *Forsch. Ophthalmol.* – 1991. – Vol. 88. – pp. 790 – 793.
27. Дронов, М. М. Каранов, К. С. Бобырь, А. Б. Способ лечения буллезной кератопатии. – Патент России № 2082364, приоритет от 27.06.1997.
28. Legeais J. – M., Renard G. // *Biomaterials*, 1998. Vol. 19. № 16, – pp. 1517 – 1522.
29. Drubaix I., Legeais J. – M., Mounier F., et al. // *J. Biomed.Mater.Res*, 1998, 40, № 3, 442 – 448.
30. Дружинин, И. Б. Способ лечения буллезной кератопатии. – Патент России № 2405513, приоритет от 13.10.2009.
31. Рязанцева, Т. В. Экспериментальное исследование полиэтилентерефталатных трековых мембран с наноструктурированной поверхностью в качестве эксплантодренажа / Т. В. Рязанцева, Л.И. Кравец // *Известия Томского политехнического университета.* – 2012. – Т. 320. – № 2. – С. 120 – 125.

32. Ryazantseva, T. V. Modified by air plasma polymer tack membranes as drainage material for antiglaucomatous operations / T. V. Ryazantseva, L. I. Kravets, V. M. Elinson // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2014. – № 1. – Т. 516. – С. 12009.
33. Филиппова, Е. О. Исследование возможности применения ядерных трековых мембран для офтальмологии / Е. О. Филиппова, В. В. Сохорева, В. Ф. Пичугин // *Мембраны и мембранные технологии*. – 2014. – Т. 4. – № 4. – С. 267 – 271.
34. Filippova, E. O. The Possibility of Using Nuclear track membrane for ophthalmology / E. O. Filippova, V. V. Sokhoreva // *Second International Conference on Radiation and Dosimetry Fields of Research: Proceedings, Belgrad, May 27 – 30, 2014*. – Nis: University of Nis, 2014. – p. 119 – 122.
35. Патент 2594447 Российская Федерация, МПК51 С1, А61F 9/007. Способ лечения эндотелиально-эпителиальной дистрофии роговицы / Филиппова Е. О., Запускалов И. В., Кривошеина О. И.; заявитель и патентообладатель ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России. – № 2015131871/14; заявл. 30.07.2015; опубл. 20.08.2016, Бюл. № 23 – 7 с.
36. Филиппова, Е. О. Интрастромальная имплантация трековых полимерных мембран в лечении эндотелиально-эпителиальной дистрофии роговицы / Е. О. Филиппова, О. И. Кривошеина, И. В. Запускалов // *Медицинский Вестник Башкортостана*. – 2015. – Т. 10. – №. 2. – С. 137 – 139.
37. Filippova, E. O. Potential use of nuclear track membranes in ophthalmology / E. O. Filippova, V. F. Pichugin, V. V. Sokhoreva // *Petroleum Chemistry*. – 2014. – Vol. 54. – №. 8. – P. 669 – 672.
38. 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.

39. Jürgens C. et al. Biodegradable Films in Trauma and Orthopedic Surgery // Eur. J. Trauma. 2006. Vol. 32, № 2.– pp. 160 – 171.
40. Middleton J.C., Tipton A.J. Synthetic biodegradable polymers as orthopedic devices // Biomaterials. Elsevier, 2000. Vol. 21, № 23. – pp. 2335–2346.
41. Jain R. The manufacturing techniques of various drug loaded biodegradable poly(lactide-co-glycolide) (PLGA) devices. // Biomaterials. 2000. Vol. 21. № 23. – pp. 2475 – 2490.
42. Kulkarni R.K. et al. Polylactic Acid for Surgical Implants // Arch. Surg. 1966. Vol. 93. № 5. – pp. 839–843.
43. Herrmann J.B., Kelly R.J., Higgins G.A. Polyglycolic Acid Sutures // Arch. Surg. 1970. Vol. 100. № 4. – pp. 486.
44. Cutright D.E., Hunsuck E.E., Beasley J.D. Fracture reduction using a biodegradable material, polylactic acid // J. Oral Surg. 1971. Vol. 29. № 6. – pp. 393–397.
45. Sin, L. E. Polylactic Acid. PLA Biopolymer Technology and Applications [текст] / L. T. Sin, A. R. Rahmat, W. A. W. A. Rahman // Elsevier Inc. - 2012. – pp. 1 - 149.
46. Shalaby S. W., Johnson R.A. – In: Biomedical polymers. Designed to degrade systems. / Ed. S. W. Shalaby, New York: Hanser. 1994. – pp. 1 – 34.
47. Middleton J. C., Tipton A. J. // Biomaterials. 2000. Vol. 21. – pp. 2335 – 2346.
48. Drumright, E. Polylactic Acid Technology [текст] / E. Drumright, P. R. Gruber, D. E. Henton // Adv. Mater. – 2000. – V. 12. – No 23. – pp. 1841 – 1846
49. Milena S. Lopes, Andre L. Jardini, Rubens M. Filho. Synthesis and Characterizations of Poly (Lactic Acid) by Ring-Opening Polymerization for Biomedical Applications. Includes index. ISBN 978-88-95608-29-7.

50. Г.Н.Флеров, П.Ю.Апель, А.Ю. Дидык, В.И. Кузнецов, Р.Ц. Оганесян. Атомная энергия, 1989, 67, 274 с.
51. Штильман М.И. Полимеры медико – биологического назначения. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006, 304 – 305 с.
52. ГОСТ Р ИСО 13683–2000. Стерилизация медицинской продукции. Требования к валидации и текущему контролю. Стерилизация влажным теплом в медицинских учреждениях.
53. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
54. ГОСТ 2.309-73. Обозначения шероховатости поверхностей.
55. Абдалла, В. Основы смачиваемости / В. Абдалла [и др.] // Нефтегазовое обозрение. - 2007. - №19. - С. 54-75.
56. Клышко, Д. В. Рассеяние света // Наука и жизнь. – 1988. – С.121.
57. Филатов, В. М. Разработка хемометрических методик экспресс-анализа показателей качества и состава нефтяных систем с применением метода ближней инфракрасной спектроскопии. – Москва. – 2010. – С. 117.
58. ГОСТ 14236–8. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение.
59. ГОСТ 11262–50. Пластмассы. Метод испытания на растяжение.
60. <http://www.ekos-1.ru/products/organic-solvents/trichloromethane-stabilized-chemically-pure/> [электронный ресурс].
61. Апель, П. Ю. Практические применения пучков заряженных частиц. Успехи физических наук, 1974, т.114, с. 351-373.
62. Молчанов, В. М. Статистические методы обработки результатов измерений / В. М. Молчанов. – СПб: Изд. политехнического ун-та, 2008. – 51 с.
63. Гайдышев, И. Анализ и обработка данных. Специальный справочник / И. Гайдышев. – СПб: Питер, 2001. – 753 с.

64. Громько, Г. Л. Теория статистики: учебник / Под ред. проф. Г. Л. Громько. – М.: ИНФА-М, 2006. – 476 с.
65. Куприенко, Н. В. Статистические методы изучения связей. Корреляционно-регрессионный анализ / Н. В. Куприенко, О. А. Пономарева, Д. В. Тихонов. – СПб: Изд политехнического ун-та, 2008. – 118 с.
66. Гужова, А. А. Темнов, Д. Э. Галиханов, М. Ф. Влияние параметров электретирирования на поверхностные и электретириные свойства полиэтилентерефталата / Известия Российского Государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2013. – № 157. – с. 55 – 60.
67. Гаврикова, Н. А. Тухватулина, Л.Р. Видяев, И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение / учебно-методическое пособие. – Томск. – 2014. – С. 73.
68. ГОСТ 12.0. 003-74 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Текст]. – Взамен ГОСТ 12.0.002-74. – Введ. 18.11.74. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1974. – Утв. Постановлением Госстандарта СССР от 18.11.74 N 2551.
69. ГОСТ 12.1.019. (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
70. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.: – Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.03 N 118.
71. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [Текст]. – Введ. 30.06.82. – М.: Госстандарт

- России: Изд-во стандартов, 1982. – Утв. Постановлением Госстандарта СССР от 30.06.82 N 2987.
72. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [Текст]. – Введ. 01.07.1992. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1991. – Утв. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 14.06.91 № 875.
73. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»: СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.: – Утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 06.04.03 N 34.
74. ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. Введ. 01.07.1984. – М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 1984. – Утв. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 06.06.83 N2473.
75. ГОСТ 12.4.026-2015. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний. Введ. 29.12.2016. – М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 2016. – Утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10.06.16 N614-ст.
76. ГОСТ 12.1.019. (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
77. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

78. ГОСТ 12.0.004-90. ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
79. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
80. ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»
81. НПБ 105-95 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
82. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Гострой России, 1997. – С.12.
83. ППБ 01 – 03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – 2003.
84. ГОСТ 12.1.004-91: Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. Введ. 01.07.1992. – М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 1991. – Утв. Постановлением Госстандарта РФ от 14.06.1991 N875.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

**PREPARATION AND PROPERTIES OF BIODEGRADABLE CORNEAL IMPLANTS
BASED ON POLYLACTIC ACID FOR KERAPOLASTY**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кравченко Алёна Владимировна		

Консультант кафедры ЭФ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Блейхер Г.А.	д.ф.-м.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ФТИ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Зяблова Н.Н.	к.ф.н.		

Work objective is to obtain data on the steam sterilization effect in temperature regimes of 120°C and 132°C and radiation sterilization γ is the radiation of radionuclide ^{60}Co in doses of 1 kGy and 10 kGy for polylactic acid (PLA) properties.

To achieve the objectives, the following tasks were set and solved:

- Preparation of films based on PLA;
- Determination of the surface topography of PLA films of roughness parameters;
- Analysis of the limiting wetting angle and free energy of the material surface;
- Analysis of the sterilizing effect on the PLA surface properties;
- Analysis of the strength and mechanical characteristics.

PART II. MATERIALS AND METHODS

2.1. Methods of sterilization: autoclave sterilization, gamma-ray sterilization

The hot steam sterilization under pressure allows destructing pathogens rapidly and is carried out at a temperature above the water boiling point. This is the most reliable and common sterilization method.

For the steam sterilization, a steam automatic sterilizer GPa-10 PP in two temperature regimes: (130 - 132) ° C at a pressure of 0.2 MPa - 5 minutes; (120 - 121) ° C at a pressure of 0.11 MPa - 20 minutes was used. The autoclaving time and regimes are normalized in accordance with [51].

Radiation sterilization of the films was carried out by using static gamma radiation of the Co^{60} radionuclide. For this purpose the Issledovatel installation with a cylindrical working chamber was used. The severity of exposure of gamma radiation was set by the irradiation time and characterized by an exposure dose of kGy (Si). In this paper, two levels of exposure to gamma radiation 1 kGy (Si) and

10 kGy (Si) were used, which is the lower and upper limits of the dose range, respectively.

2.2. Studying methods of physical properties

2.2.1. Electron-microscopic methods

Electron microscopy was performed on a Hitachi S3400N Type II microscope with preliminary deposition of AuGd replicas, about 200 nm thickness, while the surface was prepared by vacuum and cathodic sputtering.

2.2.2. Laser scanning microscopy

Full understanding of the surface structure and its roughness can be obtained by laser scanning microscopy, which is widely used to obtain data on surface topography.

To determine the nature of the material surface laser scanning microscopy was carried out using the "Olympus Lext Ols 4100". The construction of the three-dimensional surface profile was performed by the Gwyddion 2.47 program with an accuracy of 1 nm.

2.2.3. Study of the surface roughness

Roughness of the surface is a set of irregularities with relatively small steps, forming a surface relief [52]. To quantify and normalize the surface roughness, there were used five parameters in the work: average roughness (R_a), root-mean-square roughness (R_q), maximum height of the profile (R_{max}), mean period of the surface profile (S_m), asymmetry parameter or skewness (R_{sk}).

Parameter R_a is preferred and represent the average height of all profile irregularities, that is, the average arithmetic deviation of the profile [53]

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i] \quad (1)$$

where n - the number of selected points on the base length l ; y_i - the deviation of the profile or the distance between the profile point and the middle line; l - the

length of the baseline used to extract irregularities, characterizing the surface roughness.

The root-mean-square roughness characterizes the root-mean-square deviation of the surface profile related to the base line l [53]

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i]^2} \quad (2)$$

R_{max} is the maximum height that is measured from the profile protrusion line to the profile valley line within the length of the section.

S_m is the length of the profile section that crosses the middle line upwards twice.

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [S_n] \quad (3)$$

where S_n - is the width of each period.

The R_{sk} profile shows the symmetry of the profile spread relatively to the midline

$$R_{sk} = \sqrt{\frac{1}{nR_q^3} \sum_{i=1}^n [y_i]^3} \quad (4)$$

2.2.4. Measuring the contact angle and surface energy

The conclusion on the degree of hydrophilicity or hydrophobicity of the surface can be made from whether the surface of the solid is completely wettable, partly wettable or not wettable. The quantitative characteristic of contact wetting is the contact angle θ , the vertex of which is in the wetting perimeter (three-phase contact line LTK), where one side belongs to the solid-wetting liquid surface, and the other side is the tangent to the surface of the wetting liquid. The contact angle is determined by two competing forces acting on LTK. One force is the fluid molecules attraction to the nearest molecules of the liquid on the drop surface. That is the surface tension of the liquid $\gamma_{жкт}$ (mN / m) calculated per unit of LTK length. Another force is created by the attraction of the same LTK molecules to the near molecules on the solid-gas surface. This force is directed along the solid surface to the external side from LTK, so-called adhesion τ (mN / m) [54].

To estimate the contact angle θ , formed by a liquid droplet on a solid surface the Young's equation is used. The equation includes the surface tension γ of the three phases: solid, liquid, vapor.

$$\gamma^{sv} - \gamma^{sl} = \gamma^{lv} \cdot \cos\theta \quad (5)$$

Young's equation (5) is an equation of equilibrium without regard to gravity.

Depending on the value of the contact angle, it can be learned about the wetting of the surface.

1. If the contact angle with water is less than 90 degrees, that is, a drop of liquid forms an acute angle with the surface, then it can be said about good wettability of the surface (Figure 4, a).

2. If the contact angle is 90 degrees, then it can be said about transition from good wetting of the surface to a poor one.

3. Poor wetting of the surface is considered, when the contact angle is from 90 to 180 degrees.

Using this classification, it is possible to determine the degree of the surface wetting. For example, using a water drop that determines the average surface hydrophilicity, the contact angle below 90° indicates the hydrophilicity of the surface. The more hydrophilic surface is, the stronger its wetting with water, and the contact angle is less. The contact angle is greater than 90° on the hydrophobic surface (fig. 4,b) [2].

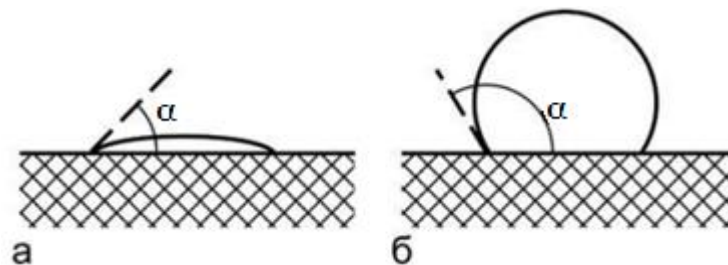


Figure 4. Contact angle of the sitting drop on hydrophilic (a) and hydrophobic (b) surfaces

Wetting is of two types:

– Contact one, which consists of three phases - solid, liquid, vapor (Figure 5, a). The contact angle is measured by the Sessile Drop method.

– Immersion one, when the entire surface of a solid is in contact with a liquid (Figure 5, b).

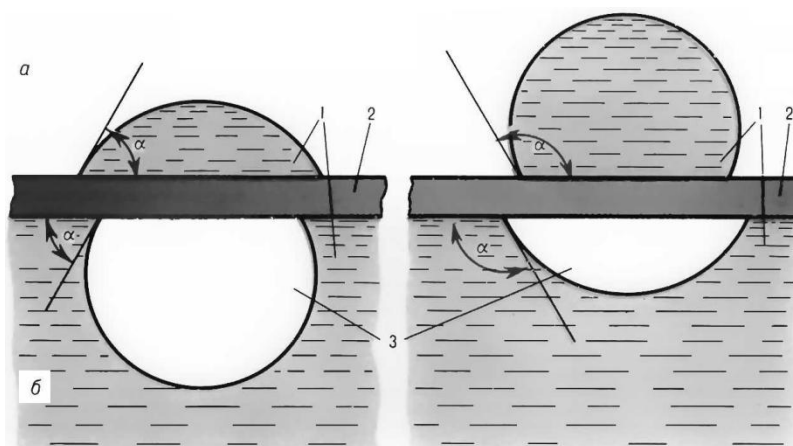


Figure 5. Surfaces in a three-phase system: fluid (1) - liquid (2) - vapor (3)

There was used a "Sessile Drop" method for measuring the contact angle of wetting of deionized water (Θ_w), hexane (Θ_{hexan}) and glycerin (Θ_{gl}) in this work. Measurements of the static contact angle are carried out with delivering the liquid onto a solid surface by a syringe. The contact angle of wetting is measured with the «KRÜSS Easy Drop DSA 20» device and special software with a measurement accuracy of $\pm 0.1^\circ$.

To understand the mechanism of biochemical processes in the body, it is necessary to know the basic regularities, to which surface phenomena obey. Surface energy determines as the interaction of liquid and solid surface, as the relationship of polar and disperse components on the surface of given material.

The surface energy is the energy that is concentrated at the phase boundary. It is redundant compared to the energy in the volume. Surface energy is related to the intermolecular interaction, since the state of particles (atoms, molecules) at the interface is different from the phase state in volume due to uncompensated force fields of particles at the interface.

The free surface energy of solid materials cannot be measured directly, so it is calculated on the basis of the contact angle of the surface wetting by various liquids.

2.2.5. IR spectroscopy

IR spectroscopy is the most used for the study of polymer kinetics, typical of this method is the use of a wide range of absorption bands that correspond to the vibrations of majority of functional groups (from 12500 to 10 cm^{-1}). The far- IR region has a frequency range of 10 ... 650 cm^{-1} , the near-IR region 4000 ... 12500 cm^{-1} , infrared region 650 ... 4000 [55]. The method is based on absorption effects of atoms groups investigated samples electromagnetic radiation in the infrared range. Excitation of molecular vibrations are absorbed photons takes place under the action of infrared light. During the irradiation of molecules by infrared radiation it is absorbed only those photons with frequencies that correspond to the frequencies of stretching, deformation and vibration of molecular vibrations [56]. The number of characteristic absorption bands of atomic groups shows the structure of the individual compounds or component part of complex substances [57].

The intensity of the absorption band is numerically equal to the energy which is absorbed by the atomic or functional groups of the sample as it passes through their IR rays.

IR spectra measurements of the polylactic acid were performed using a Nicolet 5700 FT-IR spectrometer. A diamond crystal was used as an element of a single external total internal reflection.

The principle of operation of the device Fourier spectrometer Termo Nicolet 5700 is based on the fact that the motion of one of the interferometer mirrors a change in the path difference between the interfering beams. The output light beam interferometer is recorded, which is a Fourier transform of the detected optical spectrum. IR spectrum is formed only after performing an inverse Fourier transformation of the interferogram obtained.

2.2.6. Method for studying strength and mechanical characteristics

The development of effective biodegradable polymeric films for use as corneal implants is impossible without the study of strength and mechanical characteristics, since they establish the functioning and durability of the used material.

The strength and mechanical characteristics were investigated by the standard uniaxial tensile test of samples, which were cut from the web in the form of strips according to [58] and [59] on the test rig Instron 3300 (ASTM D882).

2.3. Samples for research

When the polylactic acid was dissolved in trichloromethane (CHCl_3) [60], a raw material for the films was obtained. Petri dishes with a solution were placed in a fume hood for 2-3 days. During this time CHCl_3 evaporated completely, resulting the polylactic acid film formed in the plates. The films were removed with distilled water and a pair of technical tweezers. Twelve samples with a diameter of 10 cm (the size of a Petri dish) were obtained from a solution of 10 ml (4 samples), 20.7 ml (4 samples), 30.3 ml (4 samples).

2.4. Method of film irradiation

To obtain track membranes a film of polylactic acid was irradiated on a P-7M [61] cyclotron by accelerated $^{129}\text{Xe}^{+8}$ ions with a maximum energy of 41 MeV. A vacuum chamber with a tape mechanism is used for irradiation in this type of cyclotron. With an electrostatic deflector, an accelerated ion beam is extracted from the accelerator chamber. It passes into the chamber for irradiation through a channel with a system for uniform scanning of the beam. With the help of electrostatic scanning circuit the horizontal scan of beam is carried out. Sinusoidal voltage with a frequency of 300 Hz and amplitude up to 15 kV was used as a deflecting voltage. The acceleration interval corresponded to the phase angles of the deflecting voltage from -45 to +45 and from 135 to 225 degrees.

2.5. Methods of statistical processing of experimental data

The results of the experiments were processed using the program «IMB SPSS Statistics 23».

The distribution parameters were calculated: the mean value (M), the standard deviation (SD, σ), and the mean error (m) [62].

Correlation-regression analysis was performed to determine the relation between the samples. Pearson correlation and determination coefficients were calculated to assess the degree of correlation values x and y . The tightness of the connection was determined from the value of the correlation coefficient (r) and determination (R^2). Strong dependence was considered to $r > 0.65$, very strong – $r > 0.81$ [63 - 65].