



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 19.04.01 Биотехнология
Кафедра биотехнологии и органической химии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Бактерицидная активность наносекундного электронного пучка в водных средах УДК 621.384.665:621.374:579

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ41	Курилова Анастасия Александровна	<i>Курилова</i>	02.06.16

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чубик М. В.	к.м.н., доцент	<i>Чубик</i>	02.06.16

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е. А.		<i>Грахова</i>	19.05.2016

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Р. Р.	д.б.н.	<i>Ахмеджанов</i>	25.05.16

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Краснокутская Е. А.	д.х.н., профессор	<i>Краснокутская</i>	02.06.16

Планируемые результаты обучения
по ООП 19.04.01 «Биотехнология» (магистр)
профиль «Биотехнология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Профессионально эксплуатировать современные биотехнологические производства, обеспечивая их высокую эффективность и безопасность
P2	Разрабатывать и внедрять новые биотехнологические процессы и оборудование в рамках проектирования новых и усовершенствования действующих производств
P3	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в различных областях прикладной биотехнологии
<i>Универсальные компетенции</i>	
P4	Ставить и решать задачи инженерного анализа для создания инновационных биотехнологических процессов и продуктов
P5	Эффективно организовывать и участвовать в работе коллективов, в том числе международных, демонстрировать ответственность за результаты инженерной деятельности
P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и правовых аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P7	Постоянно повышать интеллектуальный и общекультурный уровень и профессиональную квалификацию, способствовать обучению персонала

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



Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 19.04.01 Биотехнология
Кафедра биотехнологии и органической химии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой БИОХ

Краснокутская Е.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ41	Куриловой Анастасии Александровне

Тема работы:

Бактерицидная активность наносекундного электронного пучка в водных средах

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 3085/с, 25.04.16

Срок сдачи студентом выполненной работы:

25.05.16

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объект исследования – микробные культуры *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* и *Klebsiella pneumoniae*. Предмет исследования – бактерицидная активность наносекундного электронного пучка.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<i>Перечень разделов, подлежащих разработке:</i> – Введение; – Обзор литературы; – Объект и методы исследования; – Результаты проведенного исследования; – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – Социальная ответственность; – Заключение.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Елена Александровна, ассистент кафедры МЕН
Социальная ответственность	Ахмеджанов Рафик Равильевич, профессор кафедры ЭБЖ, д.б.н.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Объект и методы исследования

Результаты проведенного исследования

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.03.16
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чубик Марианна Валериановна	К.м.н., доцент	Чубик	14.03.16г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ41	Курилова Анастасия Александровна	Курилова	14.03.16

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ41	Куриловой Анастасии Александровне

Институт	ИФВТ	Кафедра	БИОХ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Биотехнология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Приблизительная стоимость ресурсов научного исследования, включая амортизационные отчисления на научно-техническое оборудование, составляет около 113 тыс. руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1.1. Потенциальные потребители результатов исследования 1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 1.3. Диаграмма Исикавы 1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации 1.5. Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования
2. Разработка устава научно-технического проекта	2.1. Цели и результаты проекта 2.2. Организационная структура проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	3.1. Иерархическая структура работ проекта 3.2. План проекта 3.3. Бюджет научного исследования 3.4. Организационная структура проекта 3.5. План управления поставками проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка
2. Диаграмма Исикавы
3. График проведения НТИ
4. Иерархическая структура работ проекта

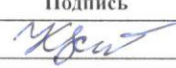
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

14.03.16

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е. А.			19.04.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ41	Курилова А. А.		19.04.16

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ41	Куриловой Анастасии Александровне

Институт	Институт Физики Высоких Технологий	Кафедра	Биотехнологии и органической химии
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	19.04.01 Биотехнология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является электронный ускоритель ТЭУ-500; Рабочая зона – учебно-исследовательская лаборатория биотехнологии, кафедра БИОХ ИФВТ ТПУ; лаборатория №1 ИФВТ ТПУ; Область применения – водоподготовка.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники,	Выявление вредных факторов в учебно-исследовательской лаборатория биотехнологии при разработке и эксплуатации проекта: - вредные вещества (ГН 2.2.5.1313–03), освещение (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03), шум (ГОСТ 12.1.003-83); - физико-химическая природа вредности веществ и их связь с разрабатываемой темой; - действие вредных веществ на организм (этанол, ацетон); - микроклиматические условия (СанПиН 2.2.4-548-96); - повышенный уровень ионизирующих излучений (СП 2.6.1.758-99); 1.2. Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации проекта: - термическая опасность (оборудование с повышенной температурой); - электробезопасность (наличие химически активной и органической среды, разрушающей
---	---

средства защиты; – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	изоляция и токоведущие части электрооборудования - ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ); - пожаровзрывоопасность (оборудование, работающее под давлением и наличие легковоспламеняющихся жидкостей – федеральный закон № N123–ФЗ); - Работа с условно-патогенными микроорганизмами (СП 1.3.2322-08): – E. coli; – B. subtilis; – Ps. aeruginosa; – Kl. Pneumoniae; – St. aureus.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	- вредные вещества, которые выделяются или используются во время проведения исследований; - разработка решения по обеспечению экологической безопасности (порядок утилизации химических и биологических отходов).
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Наиболее типичные ЧС: - пожар; - взрыв. Разработка превентивных мер в соответствии с N123–ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования,	- "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014) - Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 17 декабря 2010 г.

проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.16
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н.		16.03.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ41	Курилова А. А.		16.03.16

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 122 _____ с., _____ 14 _____ рис., _____ 34 _____ табл.,
_____ 64 _____ источника, _____ 2 _____ прил.

Ключевые слова: Наносекундный электронный пучок (НЭП), обеззараживание, бактерицидная активность, обеззараживание сточных вод.

Объектом исследования является (ются) микробные культуры *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* и *Klebsiella pneumoniae*.

Цель работы – определение бактерицидной активности наносекундного электронного пучка в водных средах.

В процессе исследования проводились: подготовка микробных суспензий для облучения, обработка проб наносекундным электронным пучком (НЭП) на электронном ускорителе ТЭУ-500, анализ воздействия НЭП на жизнедеятельность отдельных микроорганизмов.

В результате исследования были установлены летальные дозы для отдельных микроорганизмов. Была обнаружена обратно пропорциональная зависимость между величиной поглощенной дозы излучения и количеством выживших клеток, что свидетельствует о наличии бактериостатического действия НЭП.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: для проведения исследования использовались чистые культуры микроорганизмов. Облучение производилось на технологическом электронном ускорителе ТЭУ-500.

Степень внедрения: определены летальные поглощенные дозы облучения НЭП для ряда микроорганизмов.

Область применения: водоподготовка

Экономическая эффективность/значимость работы при использовании НЭП для обеззараживания необходимая энергия электронов уменьшается, а потребляемая мощность снижается, что влечет за собой резкое сокращение стоимости стерилизации.

В будущем планируется определение характера воздействия НЭП на микробиоценоз сточных вод.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования и нормативы качества питьевой воды. Контроль качества».
2. МР 2.1.10. 0031-11 «Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем», утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 31.07.2011 г.
3. Методические указания МУ 2.1.5.800 – 99: Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод. - Минздрав России, Москва 2000.
4. ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gosthelp.ru>. (Дата обращения: 29.05.2016).
5. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
6. ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
8. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
9. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
10. СП 2.6.1–758–99. Нормы радиационной безопасности, НРБ–99.
11. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

- 12.Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123–ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
- 13.СП 1.3.2322-08 «Безопасность работы с микроорганизмами III-IV групп патогенности»
- 14.Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г.
- 15.ГН 2.1.6.1338 – 03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- 16.ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
- 17.ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
- 18.ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
- 19.ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
- 20.СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. эвакуационные пути и выходы. -М.: Издание официальное, МЧС России. - 2009.
- 21.«Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014)
- 22.Технический регламент от 24 декабря 2009 г. О безопасности средств индивидуальной защиты.
- 23.Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 17 декабря 2010 г.
- 24.ГОСТ 12.0.004–90. Организация обучения безопасности труда [Текст]. – введ. 01.07.1991.– М.: Стандартиформ, 2010. – 16 с.
- 25.ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 26.ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

ионизирующее излучение: Совокупность различных видов микрочастиц и физических полей, обладающих способностью ионизировать вещество;

проба Фогеса-Проскауэра: Метод обнаружения бактерий семейства *Enterobacteriaceae* и *Vibrionaceae*, а также спорообразующих аэробных бактерий, основанный на том, что при их культивировании на среде Кларка накапливается ацетон, обнаруживаемый по розовому окрашиванию среды после добавления раствора α -нафтола и едкого калия.

Обозначения и сокращения

НЭП (NEB) – наносекундный электронный пучок (nanosecond electron beam);

ВОЗ – всемирная организация здравоохранения;

ОМЧ – общее микробное число;

КОЕ (CFU) – колониеобразующая единица (colony forming unit);

ОКБ – общие колиформные бактерии;

ТКБ – термоколиформные бактерии;

УФО – ультрафиолетовое облучение;

СВЧ-излучение – сверхвысокочастотное излучение;

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота;

ГИН – газонаполненный генератор импульсного напряжения;

ПОР (PRF) - пленка окрашенная радиочувствительная (Painted radiosensitive film)

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	17
1.1 Микробиологические загрязнения вод	18
1.2 Обзор основных методов обеззараживания сточных вод	22
1.3 Бактерицидное действие ионизирующего излучения	26
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	36
2.1 Объект исследования	36
2.2 Материалы и методы исследования	39
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	46
3.1 Результаты облучения культуры <i>E. coli</i> электронным пучком	46
3.2 Результаты облучения культуры <i>B. subtilis</i> электронным пучком	47
3.3 Результаты облучения культуры <i>Ps. aeruginosa</i> электронным пучком	48
3.4 Результаты облучения культуры <i>St. aureus</i> электронным пучком	49
3.5 Результаты облучения культуры <i>K. pneumoniae</i> электронным пучком	50
Обсуждение полученных результатов	51
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	54
4.1 Предпроектный анализ	54
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	54
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	55
4.1.3 Диаграмма Исикавы	56
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	58
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	59
4.2 Инициация проекта	60
4.2.1 Цели и результат проекта	60
4.2.2 Организационная структура проекта	61
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом	61
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта	61
4.3.2 План проекта	62
4.3.3 Организационная структура проекта	65
4.3.4 План управления поставками	65
4.3.5 Бюджет научного исследования	66

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	72
4.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования	72
Заключение к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	75
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	77
5.1 Производственная безопасность	77
5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов.....	78
5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов.....	82
5.2 Экологическая безопасность	88
5.2.1 Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы)	88
5.2.2 Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы)	89
5.2.3 Анализ воздействия объекта на литосферу	89
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	91
5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	91
5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	93
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	96
Приложение А.....	102
Приложение Б	120

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день все более остро встает проблема обеззараживания сточных вод. Сброс неочищенных сточных вод в водные источники приводит к микробиологическим загрязнениям воды. По оценкам Всемирной организации здравоохранения 80% кишечных инфекционных заболеваний в мире вызваны неподобающим качеством и антисанитарным состоянием воды [1].

В условиях роста микробной загрязненности воды, методов обеззараживания, применяемых на сегодняшний день, в скором времени будет недостаточно. В случае обеззараживания вод воздействием непрерывного ионизирующего излучения, облучение всего объема очищаемой воды приводит к увеличению мощности источника ионизирующего излучения и усложняет защиту от него обслуживающего персонала. Разными группами ученых было установлено, что при использовании НЭП необходимая энергия электронов уменьшается, а потребляемая мощность снижается. Важные последствия включают резкое сокращение стоимости стерилизации и снижение радиационной опасности для персонала [2]. Однако на сегодняшний день исследований в этой области недостаточно, и конкретный характер воздействия данного вида излучения в частности на микрофлору сточных вод не выявлен.

Данная работа проводилась на базе кафедры БИОХ ТПУ совместно с лабораторией №1 ТПУ.

Объект исследования – микробные культуры, представители микробиоценоза сточных вод. *Предмет исследования* – бактерицидная активность наносекундного электронного пучка.

Целью работы является определение бактерицидной активности наносекундного электронного пучка в водных средах. Данная цель включает следующие задачи:

- 1) Определение характера воздействия наносекундного электронного пучка на различные группы микроорганизмов, обитающие в сточных водах;

2) Выявление летальных поглощенных доз для культур микроорганизмов, обитающих в сточных водах, при облучении наносекундным электронным пучком;

3) Определение ресурсоэффективности и экологической безопасности проведенной работы.

В работе использовались нетоксичные субстраты, а также вспомогательные вещества с классом опасности не выше IV (в незначительных количествах). Все это обуславливает отсутствие вредных и опасных отходов, что соответствует принципам «зеленой» химии. Низкий уровень материальных затрат и отсутствие необходимости закупки дополнительного оборудования позволяет снизить себестоимость исследования, что соответствует принципу ресурсоэффективности.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В связи с загрязнением окружающей среды возникает потребность в обеззараживании природных и сточных вод. Наиболее распространенный метод на сегодняшний день – химическая дезинфекция воды, которая заключается в хлорировании или в озонировании [3]. Однако вследствие хлорирования в обработанной воде образуются токсичные хлорорганические соединения, а озонирования – биоразлагаемая органика и сложные органические соединения [4]. Таким образом, в связи с наметившейся тенденцией по снижению объемов применения хлора и хлорсодержащих реагентов для очистки стоков предприятий, одной из самых актуальных задач является совершенствование методик обеззараживания сточных вод. Наиболее перспективны безреагентные методы очистки сточных вод, в частности, обеззараживание воды наносекундным электронным пучком (НЭП).

На сегодняшний день исследователями выявлен широкий спектр применения наносекундного электронного пучка для радиохимической стерилизации. Например, данный метод может быть использован для стерилизации медицинских инструментов и перевязочных материалов [5, 6], а также в пищевой промышленности для обеззараживания тар. При этом необходимая энергия электронов уменьшается, а потребляемая мощность снижается. Важные последствия включают резкое сокращение стоимости стерилизации и снижение радиационной опасности для персонала. [2]. Также отмечается возможность использования НЭП для стерилизации кормов и прочих сельскохозяйственных продуктов [7, 8]. Кроме того, в ряде работ указывается на возможность применения электронного пучка для очистки бытовых сточных вод от органических примесей, нефтепродуктов и отходов текстильной промышленности [9, 10, 11]. На основании этого мы можем сделать вывод о перспективности использования электронного пучка в качестве стерилизующего агента для дезинфекции сточных вод.

1.1 Микробиологические загрязнения вод

Возрастающие за последние десятилетия биологические (бактериальные, вирусные, паразитные) и токсические загрязнения хозяйственно-питьевых водоисточников отразились повышением уровней детской и взрослой инфекционной кишечной, паразитарной и неинфекционной, в том числе онкологической, генетической, аллергенной заболеваемости. Специалисты утверждают [12], что ущерб здоровью населения от потребления питьевой воды низкого качества равносителен потерям от стихийных бедствий, неблагоприятных экологических ситуаций, голода и прочих глобальных факторов. По данным ВОЗ [1], чистой питьевой воды на планете, которую можно было бы употреблять без предварительной очистки, остался всего 1%; более 500 млн. человек в мире каждый год болеют от потребления недоброкачественной питьевой воды, и до 80% кишечных инфекционных заболеваний вызвано контактами с инфицированной водой. Материальный ущерб при этом, даже в высокоразвитых странах, достигает десятков миллиардов долларов в год.

Микробиологическим загрязнением называется отрицательное воздействие микробных составляющих продуктов жизнедеятельности человека или животных, поступающих в водные объекты. В большей части поверхностных вод (эта проблема стоит чуть менее остро для подземных вод) обитают различные микроорганизмы – бактерии, простейшие, вирусы, а также грибки и микроскопические водоросли. Среди этих микроорганизмов можно встретить как безвредные для здоровья человека, так и способные вызывать заболевания. Общее микробное число (ОМЧ) – это количественный показатель, отражающий общее содержание мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в 1 мл исследуемой воды [13].

В ходе изучения литературы было установлено, что вода в водоемах России, а в частности Сибири, зачастую не отвечает требованиям гигиенических норм. Так, уже в 2003–2005 гг. исследователями было

установлено, что в пунктах хозяйственно-питьевого водопользования в Кемеровской области вода поверхностных водоемов не соответствовала требованиям гигиенических норм по микробиологическим показателям в 41,9 – 43,9 % проб, а в Красноярском крае в 9,8 – 24,9 % проб. Вода подземных источников, которые используются для хозяйственно питьевого водопользования, не отвечала гигиеническим нормам по микробиологическим показателям в Кемеровской области в 20,4 – 22,1 % проб и в Красноярском крае в 7,8 – 10,2 % проб. Такое несоответствие воды гигиеническим нормам объясняется тем, что сброс сточных вод и поступление талых вод с территорий провоцирует существенные микробные нагрузки на водоисточники, в особенности поверхностные. Так, микробная нагрузка на р. Томь в Кемерово в 2003–2004 гг. составляла по содержанию общих колиформных бактерий (ОКБ) $14,6 \times 10^{14}$ КОЕ/сутки (при допустимой – $2,6 \times 10^{11}$ КОЕ/сутки); термоколиформных бактерий (ТКБ) – $17,5 \times 10^{13}$ КОЕ/сутки; колифаги – 4×10^{14} КОЕ/сутки. Долгий период сниженной аэрации и отсутствия ультрафиолетового облучения, низкая среднегодовая температура воды поверхностных водоемов определяют сокращенную самоочищающую способность воды сибирских рек от микробных загрязнений. По этой причине микробные загрязнения распространяются на большие расстояния. Так, после сброса сточных вод в Кемерово, ниже по течению реки Томь в первом пункте централизованного хозяйственно-питьевого водопользования (Юрга) вода не отвечала требованиям гигиенических норм по содержанию: колифагов в 48% проб летом и осенью и в 100% проб зимой; ОКБ в 20% проб летом и в 50% проб зимой. Доли проб, не соответствующих гигиеническим нормам по микробиологическим показателям, при исследовании воды в пунктах хозяйственно-питьевого водопользования на р. Енисей в Красноярске составили 70,4% [14].

В результате исследований также было установлено, что очистка воды на водопроводных станциях в ряде случаев не достаточно эффективна в отношении микробных загрязнений. Например, гигиеническая оценка

показала, что вода из распределительной сети г. Вологды в некоторые периоды опасна в эпидемическом отношении. Это подтверждается наличием в ней общих колиформных бактерий, термотолерантных форм и колифагов, а в отдельные периоды – вирусов гепатита А, энтеро- и ротавирусов (2005 – 2006 гг.). Процент неудовлетворительных проб по микробиологическим показателям в г.Вологде составляет от 3 до 13% [15].

При оценке микробного риска учитывались основные социально-гигиенические факторы, определяющие его уровень: степень и характер микробного загрязнения питьевой воды, подаваемой населению, воды источников водоснабжения и зон рекреации, а также степень коммунального благоустройства городов [16]. По результатам комплексного показателя микробный риск за период 2005-2010 гг. в Вологде оценивался как средний. Главными факторами, порождающими микробный риск, являются уровень и характер микробного загрязнения воды р. Вологды в зонах водозабора и рекреации. Это подтверждает большая доля проб воды с числом ОКБ, превышающий допустимый уровень (32,6% в зонах водозабора, 62,6% – зоны рекреации) и наличие в зонах рекреации возбудителей холероподобных вибрионов (8,4% проб). [17].

По итогам определения общего микробного числа питьевая вода в Промышленном районе г. Оренбурга значительно не соответствует нормативу и требует дополнительной очистки перед употреблением. Следует обратить внимание на то, что большинство бактерий находятся в неактивном состоянии в виде цистоподобных клеток, находящихся в свободном состоянии или формирующих биоплёнку. На питательных средах они не культивируются, но, попадая в ослабленный организм, реабилитируются, что может вызывать у человека воспалительные процессы, отравления и другую патологию [12].

Как уже говорилось, основным источником микробного загрязнения объектов окружающей среды, в т.ч. поверхностных пресных и морских вод, подземных водоносных горизонтов, питьевой воды и почвы являются сточные воды.

К особо опасным в эпидемическом отношении относятся следующие виды сточных вод [18]:

- хозяйственно-бытовые сточные воды;
- городские смешанные (промышленно-бытовые) сточные воды;
- сточные воды инфекционных больниц;
- сточные воды от животноводческих и птицеводческих объектов и предприятий по переработке продуктов животноводства, стоки шерстомоек, биофабрик, мясокомбинатов и т.д.;
- поверхностно-ливневые стоки;
- шахтные и карьерные сточные воды;
- дренажные воды.

Большинство перечисленных видов сточных вод могут содержать патогенные микроорганизмы.

Хозяйственно-бытовые сточные воды характеризуются относительно стабильным качеством (при условии соблюдения норм водопользования). Отличием этих стоков является высокий уровень микробного загрязнения на фоне высокой концентрации органических веществ и взвешенных частиц. По этой причине перед обеззараживанием необходима их механическая и биологическая очистка.

Соотношение промышленных и хозяйственно-бытовых стоков и специфика предприятий, производящих данные стоки, определяют свойства и состав городских смешанных сточных вод (промышленно-бытовых). Затруднения при их обеззараживании возникают из-за того, что микробное загрязнение этих вод смешиваются с органическими и неорганическими веществами, которые могут служить как дополнительными бактерицидами и бактериостатиками, так и благоприятной средой для размножения микроорганизмов.

За счет интенсивной циркуляции возбудителей кишечных инфекций в воде водоемов при сбросе необеззараженных сточных вод увеличивается риск

возникновения заболеваний при водопользовании населения. Этот риск увеличивается при активном использовании водоемов в летний период.

В зимний период, из-за снижения самоочищающей способности, увеличивается риск микробного загрязнения водоемов у мест водозаборов, вследствие чего в холодной воде патогенные микроорганизмы приобретают более длительную выживаемость и сохранение вирулентных свойств. Также параллельное ухудшение на водопроводных станциях условий очистки и обеззараживания при сниженной температуре может привести к нарушению безопасности хозяйственно-питьевого водопользования населения.

Опасные в эпидемическом отношении сточные воды должны подвергаться обеззараживанию в соответствии с санитарными правилами по охране поверхностных вод от загрязнения. Так как эффект обеззараживания в большой степени зависит от качества поступающего стока, обеззараживание сточных вод следует организовывать на завершающем этапе их очистки. Важное значение имеет вид и уровень микробного загрязнения, способ дезинфекции, условия внесения дезинфектанта, доза, время контакта, степень смешения и т.п. При некоторых способах дезинфекции важны рН, температура воды, концентрация взвешенных веществ и другие факторы [18].

1.2 Обзор основных методов обеззараживания сточных вод

Из существующих практических методов обеззараживания воды, разделяемых на реагентные (с помощью окислителей, ионов металлов) и безреагентные (термический, ультразвуковой, УФ-облучение, радиационное обеззараживание), в практике очистки сточных вод чаще всего применяются методы хлорирования, озонирования, ультрафиолетового облучения (УФО) и их сочетание [18]. Методы хлорирования и озонирования относятся к химическим методам обеззараживания. Принцип их действия основан на окислении оболочек клеток микроорганизмов, что приводит к их разрушению,

и как следствие, к гибели самих микроорганизмов. Процесс обеззараживания в среднем длится 30 – 90 минут, что требует наличия соответствующих реакционных камер, или достаточной длины коллектора, в котором будет проходить процесс обеззараживания. Метод УФ обеззараживания относится к физическим методам. Обеззараживание очищенной сточной воды происходит в результате мгновенного повреждения клеток микроорганизмов коротковолновым ультрафиолетовым излучением. Длительность обеззараживания составляет несколько секунд.

Среди химических методов обеззараживания наиболее распространённый в настоящее время является технология хлорирования [19]. Широкое внедрение этой технологии обусловлено, прежде всего, её относительной простотой и небольшими эксплуатационными расходами. Для обеззараживания сточных вод используются как газообразный хлор Cl_2 , так и гипохлорит натрия NaClO или диоксид хлора ClO_2 . Широкое использование газообразного хлора и гипохлорита натрия обусловлено их доступностью и небольшой ценой. Обеззараживание сточных вод с помощью хлора или гипохлорита натрия обеспечивает достаточно высокую бактерицидную эффективность и низкие эксплуатационные расходы. Однако их использование имеет недостаточно высокую эффективность в отношении вирусов, присутствующих в сточных водах. Более высокую эффективность в отношении вирусов имеет диоксид хлора ClO_2 . При обработке воды диоксидом хлора процент выживших клеток, бактерий и вирусов гораздо меньше, чем при применении хлора в той же концентрации и при таком же времени контакта [11]. Однако увеличение загрязнённости воды органическими соединениями и взвешенными веществами существенно уменьшает обеззараживающее действие хлора и его производных, что приводит к необходимости значительного (в несколько раз) повышения доз реагента. Кроме того, применение технологии обеззараживания сточных вод с помощью хлора и хлорсодержащих реагентов требует внедрения достаточно эффективных мер безопасности, что приводит к росту себестоимости обеззараживания. Кроме

того диоксид хлора имеет повышенную взрывоопасность и является достаточно дорогим реагентом. Несмотря на высокую эффективность обеззараживания, хлорирование (при дозе остаточного хлора $1,5 \text{ мг/дм}^3$) не обеспечивает необходимой санитарно-эпидемической безопасности относительно присутствующих в сточных водах вирусов, цист простейших, лямблий и устойчивых к действию хлора форм микроорганизмов, что приводит к микробиологическому загрязнению городских систем водоотведения. Отрицательным свойством хлорирования также является образование таких опасных хлорорганических соединений как тригалогенметаны, хлорфенолы, хлорамины, а также различные диоксиды, образующиеся при взаимодействии хлорированной воды с фенольными соединениями, находящимися в сточных водах. Эти хлорорганические соединения обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью. Они обладают повышенной устойчивостью к биологическому окислению и не поддаются удалению при биологической очистке на очистных сооружениях [19]. В последние годы поднимается вопрос о необходимости полного отказа от хлорирования сточных вод при их очистке. Так, согласно действующим в Российской Федерации нормативным документам [18] по организации государственного санитарно-эпидемиологического надзора за обеззараживанием сточных вод, количество остаточного хлора в сточных водах, сбрасываемых в водоёмы, не должно превышать $1,5 \text{ мг/дм}^3$. Но даже такое небольшое количество остаточного хлора оказывается очень токсичным для флоры и фауны водоёмов и приводит к практически полному прекращению процессов самоочищения этих водоёмов.

Как уже указывалось, наряду с хлорированием для обеззараживания сточных вод также используется метод озонирования. При сравнении с методом обеззараживания сточных вод с помощью хлора озон имеет более сильное бактерицидное, вирулицидное и спороцидное действие [11]. Он эффективно разрушает оболочки клеток бактерий, вирусов, спор, плесени, что приводит к их гибели. Благодаря высокому окислительному потенциалу озон вступает во взаимодействие со многими органическими веществами и

обеспечивает их трансформацию в минеральные соединения. Однако применение озона для обеззараживания сточных вод имеет свои особенности. Так при наличии в сточной воде достаточно высоких концентраций органических соединений в обработанной озоном воде могут образовываться токсичные вещества [19]. Принципиальные трудности при обеззараживании сточных вод озоном связаны с достаточно большими затратами электроэнергии, которая необходима для получения озона, сложностью электроразрядных озонаторов, низкой растворимостью озона в теплой воде, высокой токсичностью самого озона и возможностью образования токсичных побочных продуктов [20].

Одним из наиболее эффективных и действенных методов обеззараживания оказался метод обеззараживания воды с помощью её ультрафиолетового облучения. УФ излучение является губительным для большинства присутствующих в воде микроорганизмов. Такое обеззараживание воды осуществляется за счёт прямого действия ультрафиолетовых лучей на клеточную и молекулярную структуру микроорганизмов, вызывает разрушение молекул ДНК и повреждение оболочек клеток микроорганизмов, что приводит к их мгновенной гибели [21]. Обеззараживание воды с помощью УФ излучения осуществляется без внесения в воду вредных химических соединений.

Важным условием применения метода УФ обеззараживания является правильно выбранная доза УФ облучения, т.е. количество ультрафиолетовой энергии, которая необходима для уничтожения находящихся в воде микроорганизмов. За последние 15 – 20 лет устойчивость патогенной микрофлоры к влиянию на неё хлора повысилась в 5 – 6 раз, к воздействию озона в 2 – 3 раза, к ультрафиолету – в 2 – 4 раза [19]. Это означает, что с учётом дальнейшего повышения устойчивости микроорганизмов к обеззараживающим факторам, при проектировании очистных сооружений, необходимо закладывать повышенные дозы УФ облучения, что требует повышения энергоёмкости процесса обеззараживания. Кроме того, к

недостаткам данного метода относится снижение эффективности обеззараживания при наличии в воде взвесей (УФ излучение не проходит в мутной воде) и отсутствие пролонгированного действия, то есть, возможно вторичное заражение воды.

В связи с тем, что все используемые на данный момент способы обеззараживания сточных вод имеют свои недостатки, актуальной остается проблема разработки более эффективных методов. В некоторых документах [18] указывается на перспективность разработки технологии обеззараживания воды электрическим импульсным разрядом.

1.3 Бактерицидное действие ионизирующего излучения

Действие ионизирующих излучений на живой организм отличается от действия других видов радиации. Это отличие связано с физической природой ионизирующих излучений. В понятии «ионизирующие излучения» объединены различные по своей природе виды излучений. Эти излучения можно разделить на две большие группы: корпускулярные и электромагнитные излучения.

К группе корпускулярного излучения относят излучения различных ядерных частиц, как имеющих заряд (альфа-частицы, протоны, дейтроны, электроны и позитроны), так и нейтральных (нейтроны). К группе электромагнитных излучений относятся: ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма-излучения. Разделение это условно, поскольку обе группы излучений имеют двойственную корпускулярно-волновую природу. Общей чертой, характеризующей обе группы излучений, является их способность проникать в вещества и вызывать ионизацию при взаимодействии с веществом [22].

Корпускулярное излучение при прохождении через вещество взаимодействует с электронами оболочки атома или молекулы, или с ядрами атомов, встречающихся на пути движения частиц. При взаимодействии с

электроном частица отдает часть своей энергии, и электрон, получив дополнительную энергию (быстрый электрон), переходит на более удаленную от ядра атома оболочку или выходит за пределы атома. Быстрый электрон, проходя через вещество, производит вдоль своего пути ионизацию. В том случае, когда электрон остается на одной из оболочек атома, переместившись с ближней к ядру оболочки на отдаленную, имеет место возбуждение атома. Обычно образование пары ионов сопровождается возникновением 2—3 возбужденных атомов. Энергия частицы не исчерпывается образованием одной пары ионов, и на своем пути в вещество частица продолжает ионизировать и возбуждать атомы. При движении частицы, кроме ионизации и возбуждения, имеет место разрыв молекулярных связей. Все эти процессы приводят к поражению биологических тканей. Однако значительная часть энергии частицы переходит в тепло, не оказывая биологического действия.

Проходя в электрическом поле ядра атома, заряженная частица тормозится. При торможении частиц образуются кванты рентгеновского излучения. Возникающее тормозное рентгеновское излучение уменьшает энергию частицы (рис. 1).

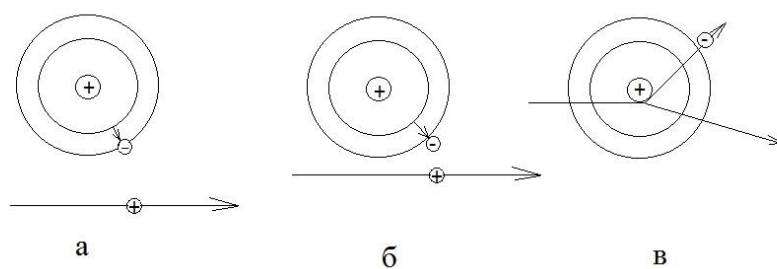


Рисунок 1. Основные процессы, возникающие при взаимодействии корпускулярного излучения с веществом: а — возбуждение; б — ионизация; в — образование тормозного излучения.

Электромагнитные излучения представляют собой электромагнитные волны, которые распространяются в виде колебания электрического и

магнитного поля. Электромагнитные волны излучаются и поглощаются определенными порциями или квантами, поэтому их можно рассматривать как поток своеобразных частиц.

Так же как и при прохождении через вещество заряженных частиц, при прохождении рентгеновских и гамма-лучей происходит ослабление интенсивности излучения и переход энергии излучения в другие формы энергии. Эти изменения происходят в момент столкновения с электронами вещества-поглотителя. Однако при взаимодействии заряженных частиц с атомами энергия частиц растрачивается постепенно, а гамма-кванты и фотоны рентгеновских лучей отдают электрону, с которым сталкиваются, всю энергию или значительную ее часть сразу. Энергия излучений измеряется единицами-электронвольтами (эВ). В зависимости от энергии гамма-квантов и фотонов рентгеновских лучей наблюдают три эффекта взаимодействия: фотоэффект, комптоновский эффект и образование пар (рис 2).

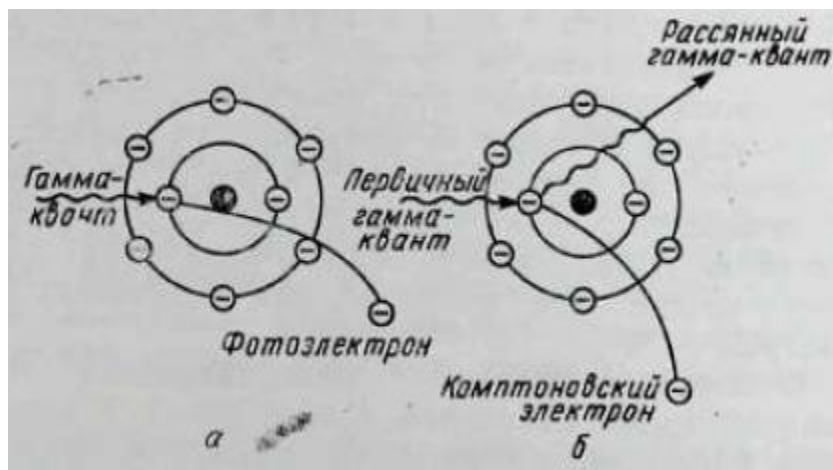


Рисунок 2. Эффекты взаимодействия гамма-излучения с веществом: а — фотоэффект; б — эффект Комптона.

Мягкое гамма-излучение (энергия гамма-кванта в этом случае составляет десятки кэВ) дает фотоэффект, когда гамма-квант, сталкиваясь с орбитальным электроном, отдает ему всю свою энергию, выбивает его за пределы атома, а сам перестает существовать. При энергии порядка сотен кэВ

гамма-квант, сталкиваясь с электроном, выбивает его за пределы атома, но отдает ему только часть своей энергии (комптоновский эффект). Гамма-квант, потеряв часть энергии, изменяет направление движения и, сталкиваясь с другим атомом, вновь дает комптоновский эффект. Теряя энергию по мере взаимодействия с веществом, он, в конце концов, исчезает в результате фотоэффекта. При энергии гамма-кванта, превышающей 1 МэВ, и при прохождении его вблизи ядра атома происходит образование пар. В результате взаимодействия с электрическим полем ядра атома, гамма-квант превращается в пару частиц: электрон и позитрон. При этом сам гамма-квант исчезает, а всю свою энергию передает этим двум частицам. Позитрон соединяется с электроном (свободным или орбитальным) и образуется два новых — вторичных гамма-кванта. Энергия каждого вторичного гамма-кванта в 2 раза меньше энергии исходного гамма-кванта. При дальнейшем взаимодействии с веществом вторичные гамма-кванты вновь дают комптоновский и фотоэффект и исчезают в результате фотоэффекта. Таким образом, вся энергия ионизирующего излучения поглощается веществом, с которым излучение взаимодействует. Такие же явления происходят и в биологических объектах, в том числе и в клетках организма и в микроорганизмах.

Биологическое действие ионизирующих излучений связано с количеством энергии, которое поглощается клеткой или тканью. В связи с этим очень важно уметь измерить поглощенную дозу излучения. Поглощенная доза отличается от дозы излучения, падающей на облучаемый объект (экспозиционная доза). Единицей экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения является кулон на килограмм (к/кг) и определяется как экспозиционная доза, при которой сопряженная корпускулярная эмиссия на килограмм сухого атмосферного воздуха производит в воздухе ионы, несущие заряд в 1 кулон электричества каждого знака. Внесистемной единицей экспозиционной дозы является рентген (Р) — такое количество рентгеновского или гамма-излучения, которое вызывает образование $2,1 \times 10^9$ пар ионов в 1 см^3 сухого воздуха при температуре 0° и давлении 760 мм рт. ст. Таким образом,

экспозиционная доза в 1 Р характеризует такое количество поглощенной энергии, при котором в 1 см³ воздуха при нормальных условиях образуется $2,1 \times 10^9$ пар ионов.

Единицей поглощенной дозы является джоуль на килограмм. Эта единица оценивается следующим образом: «Джоуль на килограмм — поглощенная доза излучения, измеренная энергией в один джоуль любого вида ионизирующего излучения, переданной массе в один килограмм облученного вещества» [23].

Следующим этапом при действии ионизирующих излучений на живую клетку являются физико-химические и химические процессы. Длительность физико-химической стадии, так же как и физической, очень мала и составляет в воде и биологических жидкостях 10^{-11} секунд.

Биологические объекты весьма богаты водой. Поэтому необходимо знать, какое действие оказывают на воду и водные растворы ионизирующие излучения. Действие ионизирующих излучений на воду можно представить себе следующим образом. Так же как и молекулы других веществ, молекулы воды ионизируются. Под влиянием ионизирующего излучения молекула H_2O теряет электрон, вследствие чего превращается в положительно заряженный ион. Освободившийся электрон присоединяется к другой молекуле воды, сообщая ей отрицательный заряд. Так образуется отрицательно заряженный ион. Ионы H_2O^+ и H_2O^- неустойчивы, они быстро расщепляются, образуя свободные радикалы $H\cdot$ и $OH\cdot$. Образование свободных радикалов может идти и другим путем. Освободившийся электрон присоединяется не к молекуле воды, а к положительно заряженному иону. При этом образуется нейтрально заряженная молекула воды. Однако эта молекула будет отличаться от других нейтрально заряженных молекул своим возбужденным состоянием благодаря избытку энергии, внесенной электроном. Избыточная энергия расходуется на расщепление молекулы воды с образованием свободных радикалов. На этом заканчивается физико-химическая стадия действия ионизирующего излучения.

Свободные радикалы существуют очень короткое время — миллионную долю секунды. За это время они интенсивно реагируют друг с другом и с молекулами вещества, растворенного в воде. Эти реакции представляют уже следующую — химическую стадию действия ионизирующего излучения. Во время этих реакций в клетке может образоваться перекись водорода, однако она тут же разлагается ферментом каталазой на воду и кислород.

Очень низкая температура (минус 253°C для радикала $\text{H}^\cdot$ и минус 173°C для радикала $\text{OH}^\cdot$) тормозит быстроту реакций свободных радикалов, и они теряют способность реагировать с растворенным в воде веществом. Таким образом, температурный фактор и присутствие кислорода играют существенную роль в действии ионизирующих излучений на живую клетку.

Как уже говорилось, в живом организме или в живой клетке большую часть составляет вода [24]. Ионизирующее излучение, непосредственно взаимодействуя с водой, ионизирует ее. Значительно меньше возможностей у других веществ, входящих в состав живой клетки, подвергнуться такому прямому действию ионизирующих излучений, хотя принципиально прямое действие на белки, нуклеиновые кислоты и ферменты клетки правомерно и возможно. Однако практически в живом организме или в живой клетке вода с веществом клетки составляет единую неразделимую единицу — систему. Поэтому при облучении живой клетки одновременно имеет место прямое и косвенное действие ионизирующего излучения. Косвенное действие определяется химическими изменениями белков, ферментов, нуклеиновых кислот и других веществ клетки, которые можно рассматривать как растворенные в воде вещества, возникающие под влиянием свободных радикалов воды.

Все микроорганизмы по мере чувствительности к излучениям распределяются в следующем порядке: наиболее чувствительны бактерии, затем плесни, дрожжи, споры бактерий, вирусы. Однако среди бактерий могут встречаться виды, гораздо более радиоустойчивые, чем споры или вирусы, так что такое распределение условно.

На радиочувствительность микроорганизмов может оказывать влияние множество факторов, зависящих от условий, при которых производится облучение, а также генетическая детерминированность самой клетки. К факторам, способным изменять чувствительность клетки к радиации, можно отнести: температуру, присутствие кислорода и прочих газов, состав и свойства среды, в которой производится облучение и т. д. Эти факторы могут подвергаться изменению до облучения, в процессе облучения и после него [22].

В литературных данных по поверхностной стерилизации наносекундным электронным пучком отмечается высокая эффективность использования таких пучков [25]. Поглощенная доза НЭП, необходимая для полной стерилизации смеси с изначальной концентрацией микроорганизмов по 1 кл/мл каждого вида в физиологическом растворе составляет 4 кГр, при этом поглощенная доза на поверхности равна 12,8 кГр. Исследователями отмечается снижение летальных доз в три раза для различных видов микроорганизмов при использовании НЭП для поверхностной стерилизации. В некоторых источниках высказывается предположение о том, что при объемной стерилизации вероятно еще более сильное снижение летальных доз, если полагать, что за эффект отвечают вторичные факторы, которые возникают при торможении НЭП и способны проникать на большую глубину, чем электроны (рентгеновское, СВЧ – и ультрафиолетовое излучения, ударная волна и др.). Также вероятным механизмом может быть сосредоточение воздействия на микроорганизмы продуктов радиолиза (радикалов и т.п.) в очень короткий промежуток времени, создающих эффект отравления [2].

Данные [26] позволяют говорить как об эффективности использования НЭП для очистки воды, так и о конкурентоспособности такого метода, в силу комплексности его воздействия: одновременно с очисткой от микробных загрязнений происходит значительная очистка воды от многих токсичных соединений. Показано, что воздействие импульсного электронного пучка на реальные хозяйственно-бытовые сточные воды ведет к их эффективному обеззараживанию. Улучшаются органолептические показатели воды. Также

происходит снижение содержания нефтепродуктов, фенола, железа, фосфатов [27, 28]. Кроме того к достоинствам использования НЭП для очистки воды относятся: быстрота обработки, компактность, отсутствие расходных компонентов и универсальность [2].

Эксперименты по облучению примерно одинаковой дозой микроорганизмов с различной начальной концентрацией показали, что количество выживших микроорганизмов определяется только величиной поглощенной дозы и не зависит от начальной концентрации [2]. Это не совпадает с данными [22], полученных для гамма-излучения и постоянных электронных пучков и показывают, что изменение концентрации микроорганизмов влияет на их радиоустойчивость.

Радиационная очистка природной воды

Природная вода (из рек, водохранилищ, озер, артезианских колодцев и т. д.), которая предназначена для снабжения населения, может быть загрязнена вредными примесями и содержать патогенные микроорганизмы и паразиты. Зачастую для радиационной обработки воды требуются относительно небольшие дозы, так как концентрация таких примесей и уровень заражения невелики. Дозы ~ 1 кГр достаточны для очистки и обеззараживания природной воды, например, для разложения органических соединений, вызывающих запах, цвет и т.п. Одна из приоритетных задач радиационной технологии – очистка природной воды от токсичных хлорсодержащих органических веществ. Такие вещества образуются при хлорировании воды, содержащей некоторые органические соединения, а также поступают в воду из загрязненной окружающей среды. Облучение воды, включающей хлорсодержащие органические вещества, приводит к их разложению. Небольшие количества этих веществ ($\sim 10^{-4}$ моль·дм⁻³ и менее) могут разлагаться при сравнительно низких дозах ~ 1 кГр. В случае таких систем применение радиационных методов весьма перспективно. Однако при радиоллизе хлорированных ароматических

соединений дехлорирование может сопровождаться образованием других токсичных веществ. Так, при радиолизе растворов хлорбензола образуются фенольные соединения.

Сочетание облучения загрязненной воды с озонированием дает синергетический эффект. Например, озонирование воды, содержащей трихлорэтилен и тетрахлорэтилен, практически полностью исключает влияние мощности дозы в разбавленных растворах и предохраняет облученную воду от повторного заражения при транспортировке ее по трубопроводам.

При обработке подземных вод радиационная обработка также дает положительные результаты. Она успешно используется для регенерации водных скважин, содержащих продукты биологических процессов. Ионизирующее излучение убивает бактерии, которые отвечают за окислительно-восстановительные реакции ионов Fe(II), Mn(II) и т. п. и последующее осаждение нерастворимых продуктов гидролиза. Это приводит к “забиванию” водоотборников и “старению” скважин. Необходимые для этого дозы равны 0,25 – 0,4 кГр [29].

Радиационная очистка сточных вод и осадков сточных вод

Для радиационной обработки бытовых сточных вод после их биологической очистки необходимы дозы 0,4 до нескольких кГр. Радиационно обработанную бытовую сточную воду рекомендуется использовать в технических целях. Промышленные сточные воды характеризуются разнообразием и высокими концентрациями примесей. Для очистки таких стоков требуются большие дозы (десятки кГр и более). Для решения этой проблемы разрабатываются комбинированные методы очистки, где радиационная обработка применяется в сочетании с обычным методом (химическим, термическим, биологическим, флотационным и т. д.). В случаях использования комбинированных методов часто проявляется синергетический эффект.

При отстаивании сточных вод (первая стадия очистки) образуются осадки, состоящие из нерастворимых твердых частиц (5 – 8%) и воды (92 – 98%). При биологической очистке на стадии аэрации возникают осадки другого типа – избыточный активный ил. Значительную часть такого ила составляют микроорганизмы. Данные осадки могут использоваться в качестве удобрений и добавок к кормам животных, но они заражены бактериями и вирусами и могут содержать вредные вещества. Проблема их дезинфекции перед использованием может быть успешно решена с помощью радиационных методов. Обеззараживание достигается при дозах 2 – 10 кГр [29].

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Объектом исследования являлись микроорганизмы, обитающие в сточных водах. Эксперименты проводились на примере культур *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* и *Klebsiella pneumoniae* в стационарной фазе роста. По литературным данным, в этой фазе микроорганизмы наиболее устойчивы к воздействию ионизирующего излучения [22].

Escherichia coli относится к роду *Escherichia*. Это прямые палочки, 1,1—1,5×2,0—6,0 мкм, одиночные или в парах. Многие штаммы характеризуются образованием капсулы или микрокапсулы. Грамотрицательные. Могут быть подвижными (за счет перитрихальных жгутиков) или неподвижными. Факультативные анаэробы, обладают и дыхательным и бродильным типами метаболизма, оптимальная температура 37°C. Катаболизируют D-глюкозу и другие углеводы, образуя при этом кислоту и газ. Являются оксидазоотрицательными, каталазоположительными организмами; реакция Фогеса-Проскауэра отрицательная, проба с метиловым красным положительная. Также отрицательны по признакам образования H₂S, гидролиза мочевины и активности липазы. Могут восстанавливать нитрат; все или большинство штаммов сбраживают L-арабинозу, D-ксилозу, мальтозу, D-маннитол, D-маннозу, L-рамнозу и трегалозу. Встречаются как нормальная флора в нижнем отделе кишечника у гомойотермных животных. Некоторые штаммы *E. coli*, содержащие энтеротоксины и/или другие факторы вирулентности, такие как инвазивность и факторы колонизации, могут вызывать желудочно-кишечные заболевания. Кроме того, *E. coli* служит основным возбудителем инфекций мочевых путей и внутрибольничных инфекций, включая септицемию и менингит. *E. coli* играет важную роль в современной промышленной микробиологии и биологической инженерии.

Кишечную палочку считают универсальным организмом для синтеза чужеродных белков [30].

Bacillus subtilis относится к роду *Bacillus*. Это прямые грамположительные палочки, 0,5 – 2,5х1,2 – 10 мкм, с закругленными или «обрубленными» краями, часто расположены парами или цепочками. Подвижны за счет перитрихальных жгутиков. Эндоспоры овальные, иногда сферические или цилиндрические, высоко устойчивы ко многим неблагоприятным факторам. В клетке не образуется более одной споры. Споруляция не ингибируется в атмосфере воздуха. Аэробы или факультативные анаэробы. Отношение к повышенной температуре, pH и солености различно. Хемоорганотрофы; метаболизм бродильного или дыхательного типа, обычно каталазоположительны. Обнаруживаются в разнообразных местах обитания. *B. subtilis* – важный продуцент протеаз, аминокислот, амилаз, и некоторых полисахаридов. В частности, протеаза используется как компонент моющих средств. Кроме того *B. subtilis* продуцируют полипептидные антибиотики. Ввиду наличия антагонистических свойств против фитопатогенов используется в биозащите растений. [31].

Pseudomonas aeruginosa относится к роду *Pseudomonas*. Это прямые или немного изогнутые, но не спиральные, грамтрицательные палочки, 0,5 – 1,0х1,5 – 5,0 мкм. За счет наличия одного или нескольких полярных жгутиков обладают подвижностью, но в некоторых случаях неподвижны. Аэробы; метаболизм чисто дыхательного типа с использованием кислорода в качестве конечного акцептора электронов; в некоторых случаях альтернативным акцептором электронов может служить нитрат, что обеспечивает анаэробный рост. Большинство из видов не растут в кислой среде (pH 4,5), и не нуждается в органических факторах роста. Каталазоположительные хемоорганотрофы; некоторые виды — факультативные автотрофы. Широко распространены в природе. Некоторые виды патогенны для человека, животных или растений [30].

Staphylococcus aureus относится к роду *Staphylococcus*. Представляют собой сферические клетки, диаметром 0,5 – 1,5 мкм, одиночные, в парах и в группах неправильной формы. Грамположительные, неподвижные, неспорообразующие факультативные анаэробы. Хемоорганотрофы, обладающие и дыхательным, и бродильным типами метаболизма. Колонии обычно непрозрачные, белые или кремовые, иногда от желтых до оранжевых. Как правило, каталазоположительные, содержат цитохромы. Обычно восстанавливают нитрат до нитрита, лизируются под действием лизостафина, но не лизоцима. В основном растут в присутствии 10% NaCl. Оптимальная температура для роста 30 – 37°C. Как правило ассоциированы с кожными покровами и слизистыми оболочками теплокровных позвоночных, но часто могут быть выделены из пищевых продуктов, пыли и воды. Некоторые виды вызывают оппортунистические инфекции у человека и животных либо выделяют внеклеточные токсины [31].

Klebsiella pneumoniae относится к роду *Klebsiella*. Представляют собой прямые палочки, 0,3 – 1,0x0,6 – 6,0 мкм, расположенные одиночно, парами или короткими цепочками. Клетки имеют капсулу. Грамотрицательные, неподвижные факультативные анаэробы. Хемоорганотрофы, обладающие и дыхательным и бродильным типами метаболизма. Оптимальная температура 37°C. Катаболизируют D-глюкозу и другие углеводы, образуя при этом кислоту и газ, однако встречаются и не образующие газ штаммы. Оксидазоотрицательные, каталазоположительные бактерии. Для *K. pneumoniae* характерно наличие массивной полисахаридной капсулы, определяющей образование крупных мукоидных колоний, особенно на средах, богатых углеводами. Встречаются в фекалиях человека и клиническом материале, зерне, почве, воде, на фруктах и овощах. *K. pneumoniae* может вызывать оппортунистические инфекции у человека, в том числе бактериемию, пневмонию, инфекции мочевых путей. Часто вызывают внутрибольничные инфекции у новорожденных, урологических и гериатрических больных, а также у больных, находящихся в отделениях интенсивной терапии [30].

Чистые культуры всех перечисленных микроорганизмов культивировались на ГРМ-агаре в течении 18 – 20 часов при температуре 37°C, после чего использовались в экспериментальной работе.

2.2 Материалы и методы исследования

Основные материалы:

1. Микробные культуры *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* и *Klebsiella pneumoniae*;
2. Питательная среда – ГРМ-агар;
3. Вода дистиллированная стерильная;
4. Кюветы объемом 0,07 мл (рис. 3);
5. Спирт этиловый и 96% (для дезинфекции).

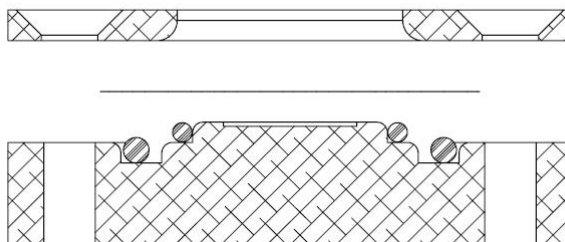


Рисунок 3. Схема кюветы

Стерилизация материалов

Стерилизация материалов проводилась в паровом автоклаве Tuttnauer 2340 МК. Детали кювет и чистая посуда подвергались предварительной обработке при 134°C в течение 20 минут; питательные среды, дистиллированная вода – при температуре 121°C в течение 15 мин. Среда наливали не выше половины высоты сосуда, сосуд закрывали ватно-марлевой пробкой. Отработанный биоматериал и грязная посуда проходили стерилизацию при 134°C в течение 25 минут. Чистая посуда перед стерилизацией упаковывалась в оберточную бумагу. Цель упаковки и обертывания изделий для стерилизации состоит в том, чтобы обеспечить

эффективную защиту против загрязнений во время хранения, после того как изделия прошли стерилизацию.

Для контроля эффективности стерилизации использовались индикаторы Интест-П-134\5-02 и Интест-П-121\20-02.

Приготовление питательной среды

Среда ГРМ-агар предназначена для культивирования широкого спектра микроорганизмов. Может быть использована в санитарных исследованиях воды, стоков и других материалов. При необходимости может быть обогащена углеводами, кровью, сывороткой и т. д. [32]. Представляет собой гигроскопичный мелкодисперсный порошок светло-желтого цвета. Состав среды указан в таблице 1. Срок годности сухой среды 5 лет, готовой стерильной среды в течение 1 месяца при температуре хранения 2 – 8 °С.

Готовая стерильная среда, разлитая в чашки Петри, имеет:

- желтый цвет, прозрачная или слегка опалесцирует;
- рН $7,3 \pm 0,2$;
- температуру застывания от 30 до 37°С;
- температуру плавления агара не менее 80°С.

Таблица 1 – состав питательной среды ГРМ-агар

Компонент	Концентрация, г/л
Панкреатический гидролизат рыбной муки	12,0
Пептон ферментативный	12,0
Натрий хлорид	6,0
Агар	$10,0 \pm 2,0$

Порядок приготовления:

1. 41,0 г размешивают в 1л дистиллированной воды, кипятят 2 мин до полного расплавления агара, фильтруют через ватно-марлевый фильтр;
2. Среду разливают по флаконам и стерилизуют автоклавированием при температуре 121°C в течение 15мин;
3. Стерильную среду, охлажденную до температуры 45 – 50°C, разливают в стерильные чашки Петри слоем 4 – 6 мм;
4. После застывания среды чашки с застывшей средой подсушивают при температуре (37±1)°C в течение 40 – 60 мин.

Подготовка проб

1. Рабочую суспензию готовили из суточных культур микроорганизмов, выращенных на ГРМ-агаре. Для приготовления бактериальной взвеси культуру забирали прокаленной на огне спиртовки бактериологической петлей с агара и помещали в пробирку со стерильной дистиллированной водой. Далее производили разведения для достижения определенных концентраций в соответствии со стандартом мутности бактериальных взвесей (Приложение Б). Концентрация микроорганизмов в рабочих суспензиях указана в таблице 2;
2. Пинцетом, прокаленным на огне спиртовки, на корпус кювет помещали две прокладки (большого и малого диаметра – для уплотнения). Стерильной дозированной пипеткой вносили в кюветы по 60 мкл микробной суспензии, которую затем накрывали продезинфицированной в 96% этиловом спирте алюминиевой фольгой. После чего закрывали кюветы крышкой и закручивали шурупы. Кюветы помещали в контейнер, предварительно обработанный этанолом, и проводили облучение наносекундным электронным пучком;

Таблица 2 – Условия проведения экспериментов

Микроорганизм	Объем микробной суспензии	Концентрация, клеток/мл	Поглощенные дозы, Мрад
<i>E. coli</i>	60 мкл	3×10^8	0,44; 0,88; 1,32; 1,76; 2,2; 4,4
<i>B. subtilis</i>		$0,1 \times 10^8$	0,44; 0,88; 1,32; 1,76; 2,2; 4,4
<i>Ps. aeruginosa</i>		3×10^8	0,44; 0,88; 1,32; 1,76; 2,2; 4,4
<i>St. aureus</i>		3×10^8	0,44; 0,88; 1,32; 1,76; 2,2; 4,4
<i>K. pneumoniae</i>		3×10^8	2,2; 4,4.

Облучение проб НЭП

Облучение проводилось на технологическом электронном ускорителе ТЭУ-500 (рис. 4). Технические данные ускорителя отображены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические данные ускорителя ТЭУ – 500

напряжение, формируемое ГИН	до 300 кВ
напряжение на выходе высоковольтного трансформатора	35-40 кВ
напряжение в силовых цепях вакуумных насосов	380 В
давление газа в корпусе ГИН	до 0.7 атм.
ток электронного пучка	до 10 кА
давление в газовом разряднике	до 8 атм.

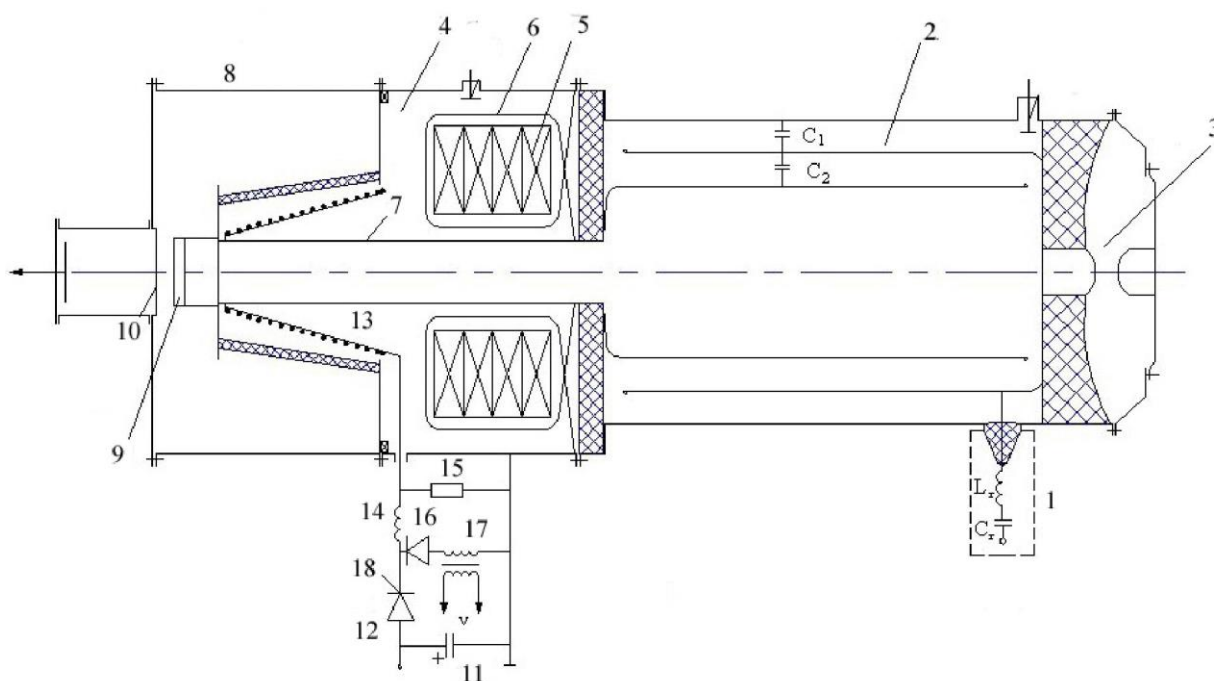


Рисунок 4. Принципиальная схема сильноточного импульсного ускорителя ТЭУ – 500:

1 - газонаполненный генератор импульсного напряжения (ГИН); 2 - двойная формирующая линия (ДФЛ); 3 - газовый разрядник; 4 - масляный объем; 5 - четыре сердечника; 6 - автотрансформатор; 7 – катододержатель; 8 - корпус ускорителя; 9 – катод; 10 - анодная фольга; 11 – конденсатор; 12 – тиристор; 13 - индуктивность размагничивания; 14 - развязывающая индуктивность; 15 - шунтирующее сопротивление; 16 - защитный диод; 17 - дроссель насыщения; 18 – диод.

Величина поглощенной дозы варьировалась от 0,44 до 4,4 Мрад (таб. 2). Глубина проникновения в зависимости от энергии электронов определялась при помощи дозиметрической пленки (рис. 5) и отображена в таблице 4. Пленка ПОР представляет собой прозрачную полиэтилентерефталатную пленку с нанесенным на нее полимерным регистрирующим слоем желтого цвета. Электроны пучка проходят слой воды, пленку, и затем попадают в регистрирующий слой, вызывая изменение его окраски [33].

Таблица 4 – Глубина проникновения в зависимости от энергии электронов

Е _е , кэВ	100	150	200	250	300	350	400	450
Толщина Al, мкм	60	110	170	230	290	360	440	520
Толщина Н ₂ О, мкм	130	240	360	490	640	790	960	1130

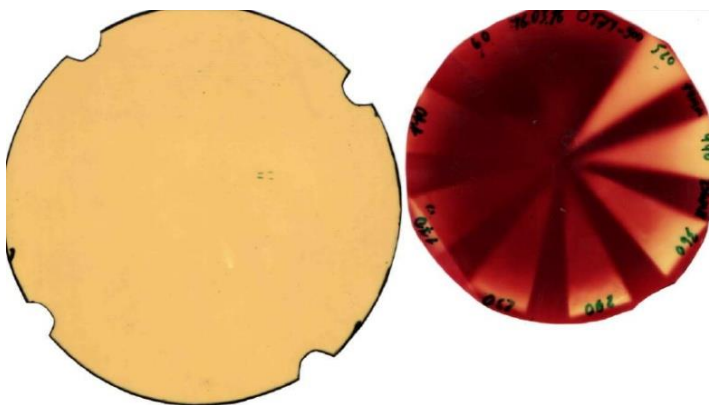


Рисунок 5. Отпечаток на дозиметрической плёнке ПОР.

Контроль результатов

После облучения кюветы извлекали из контейнера, поверхность кювет (включая фольгу с внешней стороны) обрабатывали этанолом, стерильным шприцом извлекали микробную суспензию (производился прокол фольги) и производили посев на плотную питательную среду. В ряде экспериментов производился количественный анализ. Для этого стерильным шприцом извлекали микробную суспензию из кюветы и помещали на стерильное предметное стекло. Затем автоматической дозированной пипеткой забирали 10 мкл суспензии со стекла и делали посев газоном в чашки Петри с плотной питательной средой (ГРМ-агар).

Параллельно проводили контрольный посев микробной культуры и контроль стерильности питательной среды.

Помещали материалы в термостат при 37°C. Наблюдали через 24 и 48 часов, производили подсчет колоний. Эксперименты для каждого микроорганизма проводились 3-5 раз, в результате вычислялся средний показатель.

Контроль чистоты культур

Для контроля чистоты регулярно проводилась оценка тинкториальных и морфологических свойств рабочих культур. Для этого фиксированные мазки окрашивались по Граму и подвергались микроскопированию с иммерсией на бинокулярном микроскопе Primo star при увеличении $\times 1000$.

Техника окраски мазков по Граму [34]:

- 1) На фиксированный препарат помещали полоску фильтровальной бумаги и на нее наносили раствор генцианвиолета на 1 – 2 мин;
- 2) Краситель и фильтровальную бумагу сливали и препарат обрабатывали в течение 1 мин раствором Люголя;
- 3) Раствор Люголя сливали и на препарат наносили на 30 с 95% этанол (или ацетон);
- 4) Промывали водой, воду сливали и препарат докрашивали дополнительным красителем (водным фуксином) в течение 1 – 2 мин;
- 5) Промывали водой, высушивали и микроскопировали.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Загрязнение окружающей среды вызывает потребность в обеззараживании природных и сточных вод. В связи с наметившейся тенденцией по снижению объемов применения хлора и хлорсодержащих реагентов для очистки стоков предприятий, наиболее перспективны безреагентные методы очистки сточных вод, в частности, обеззараживание воды наносекундным электронным пучком (НЭП).

На сегодняшний день исследователями выявлен широкий спектр применения наносекундного электронного пучка для радиохимической стерилизации, например, данный метод может быть использован для стерилизации медицинских инструментов, перевязочных материалов, и т. д. При этом необходимая энергия электронов уменьшается, а потребляемая мощность снижается. Важные последствия включают резкое сокращение стоимости стерилизации и снижение радиационной опасности для персонала [2].

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

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются предприятия, предоставляющие услуги по очистке и обеззараживанию сточных вод (рис.10).

		Вид продукта	
		Методика обеззараживания сточных вод	Данные о воздействии НЭП на группы микроорганизмов
Тип предприятия	Пищевой промышленности		
	Легкой промышленности		
	Машиностроительное		

Рисунок 10 – Карта сегментирования рынка:

 – Патент России № 2219136. 2002 [37].
  – Патент России № 2163894. 2001 [38].

Уровень конкуренции низок в сфере предоставления данных о воздействии НЭП на группы микроорганизмов. В сфере предоставления методики обеззараживания сточных вод уровень конкуренции высок. В качестве конкурентных разработок рассматривали патент РФ № 2219136 (метод обеззараживания жидких сред с использованием объемного разряда, возбуждаемого ионизирующим излучением) и патент РФ № 2163894 (метод обеззараживания сточных вод с использованием хлорсодержащего коагулянта).

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений (таблица 11) определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Конкурент 1 – патент РФ № 2219136

Конкурент 2 – патент РФ № 2163894

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Отсутствие токсичных реагентов	0,1	5	5	1	0,5	0,5	0,1
2. Отсутствие вероятности образования токсичных веществ после обеззараживания	0,1	5	5	1	0,5	0,5	0,1
3. Безопасность для персонала	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
4. Эффективность (универсальность дезинфекции)	0,2	5	5	4	1	1	0,8
5. Энергоэкономичность	0,1	3	3	4	0,3	0,3	0,4
6. Доступность	0,1	3	3	5	0,3	0,3	0,5
7. Наличие данных о влиянии на группы микроорганизмов	0,1	5	1	1	0,5	0,1	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
2. Финансирование научной разработки	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Итого	1				4,3	3,9	3,2

Уязвимость позиции конкурентов обусловлена отсутствием данных о воздействии дезинфицирующего агента на различные группы микроорганизмов, а также использованием в методике токсичных реагентов. Конкурентное преимущество разработки заключается в наличии более подробного анализа специфичности действия дезинфицирующего агента. Таким образом, разработка имеет высокую конкурентоспособность.

4.1.3 Диаграмма Исикавы

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

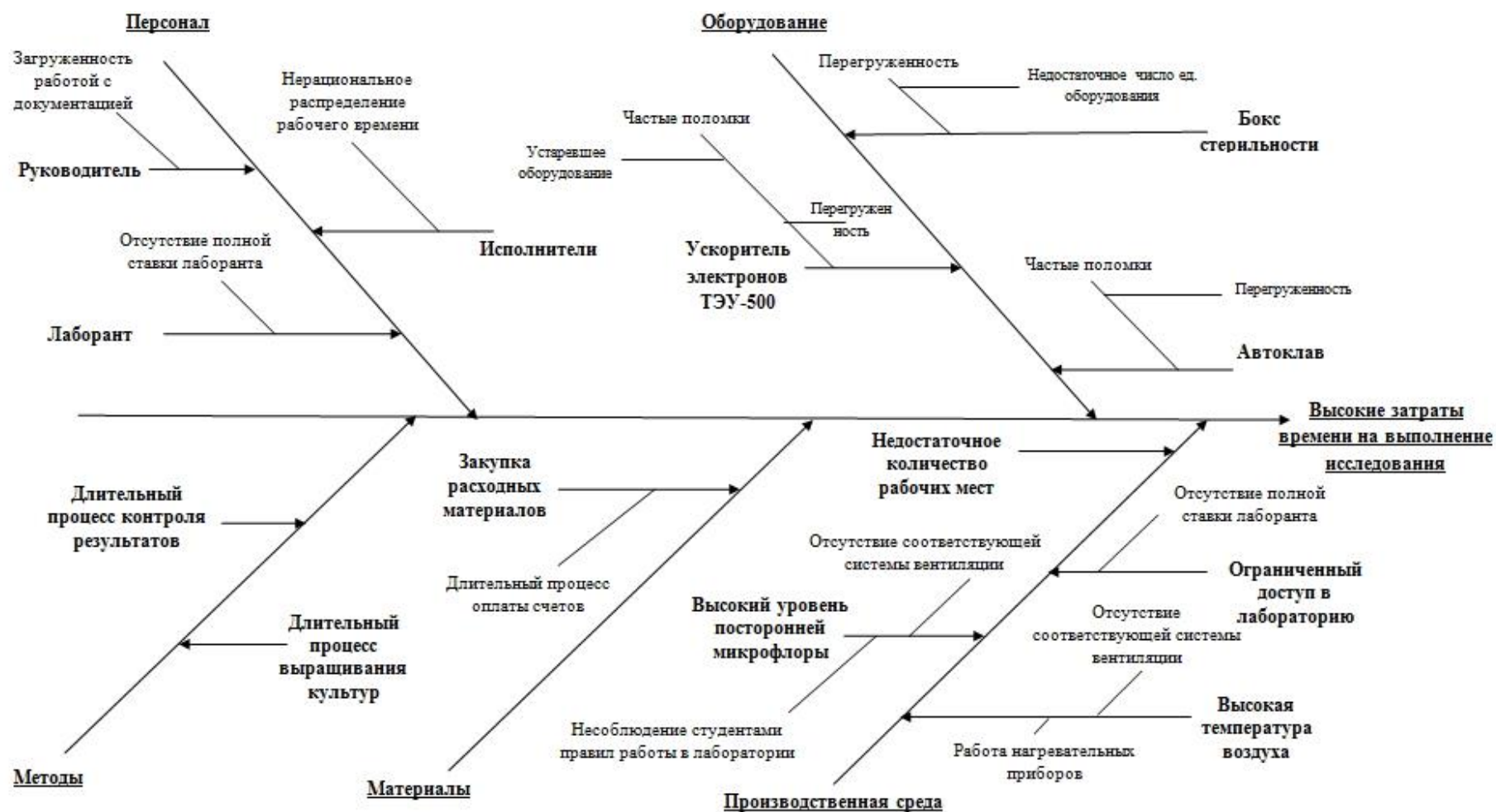


Рисунок 11 – Диаграмма Исикавы

При помощи диаграммы Исикавы были оценены причинно-следственные связи и выявлены причины такой проблемы как «Высокие затраты времени на выполнение исследования». Основными источниками задержек оказались такие обстоятельства, как недостаточное количество рабочих мест, частые поломки оборудования, а также нерациональное распределение рабочего времени исполнителями (рис. 11).

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (2)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Таблица 12 – 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	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического Задела	5	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	2
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной	4	4

Продолжение таблицы 12

	разработки на рынок		
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	47	45

Исходя из общего количества баллов по пункту «степень проработанности научного проекта» (47 баллов), можно говорить о том, что перспективность разработки выше среднего. О том, что уровень имеющихся знаний у разработчика достаточен для реализации проекта, можно судить из показателя $B_{\text{сум}} = 45$, что так же говорит о степени перспективности, выше среднего. Для коммерциализации проекта в первую очередь необходимо провести оценку стоимости интеллектуальной собственности, разработать бизнес-план, а также проработать вопросы международного сотрудничества и использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В качестве способа коммерциализации результатов научно-технического исследования выбран метод торговли патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. Такой метод наиболее приемлем, так как объектом коммерциализации являются экспериментальные данные.

4.2 Инициация проекта

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

4.2.1 Цели и результат проекта

Таблица 13 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Потребитель	Более эффективный и недорогой метод обеззараживания сточных вод
Население	Улучшение качества водных ресурсов
Поставщик расходных материалов	Получение новых заказов
Руководитель	Получение объективных данных
Исполнитель	Своевременное выполнение проекта

Таблица 14 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Изучение бактерицидного действия НЭП, с учетом дальнейшего использования данных для разработки более дешевого и эффективного метода обеззараживания сточных вод.
Ожидаемые результаты проекта:	Получение объективных данных по воздействию НЭП на различные группы микроорганизмов, применимых в разработке метода обеззараживания сточных вод.
Критерии приемки результата проекта:	Предоставление методики выполнения исследований, полнота и объективность данных, структурированное изложение результатов проекта.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Наличие данных о влиянии НЭП на различные группы микроорганизмов
	Установленная эффективная стерилизующая доза для каждого из исследуемых микроорганизмов
	Объективность

4.2.2 Организационная структура проекта.

Информация о составе рабочей группы, роли каждого участника в данном проекте, а также их функциях приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, раб. дн.
1	Чубик Марианна Валериановна	Руководитель	Организация проекта, координация деятельности участников	11,5
2	Ремнёв Геннадий Ефимович	Эксперт	Консультации по вопросам, находящимся в не компетенции др. участников	2,7
3	Курилова Анастасия Александровна	Исполнитель	Выполнение работ по проекту	79,16
ИТОГО:				93,36

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

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

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рис. 12 представлена иерархическая структура работ.

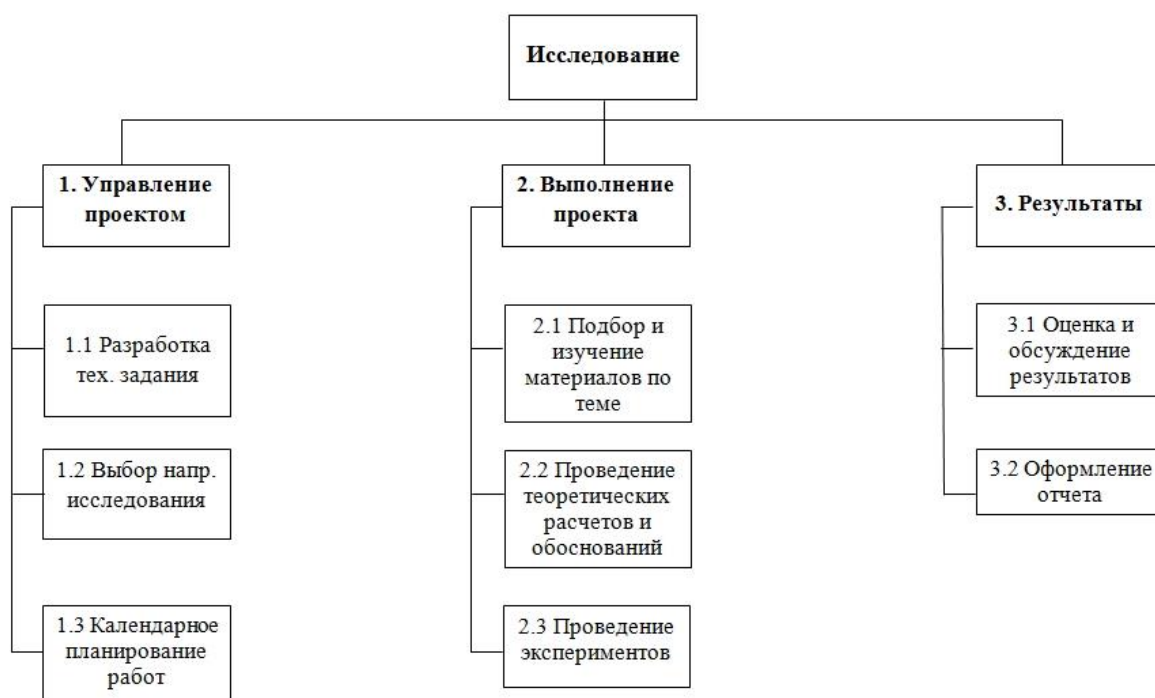


Рисунок 12 – Иерархическая структура работ по проекту

4.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный график проекта (табл. 17). Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 16).

Таблица 16 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1.1	Разработка технич. Задания	4	1.02.16	4.02.16	Чубик М. В.
2.1	Подбор и изучение материалов по теме	25	5.02.16	29.02.16	Курилова А. А.
1.2	Выбор напр. исследования	6	1.03.16	6.03.16	Чубик М. В., Курилова А. А.

Продолжение таблицы 16

1.3	Календарное планирование работ	3	7.03.16	9.03.16	Чубик М. В., Курилова А. А.
2.2	Проведение теоретических расчетов и обоснований	15	10.03.16	24.03.16	Курилова А. А., Ремнёв Г. Е.
2.3	Проведение экспериментов	50	25.03.16	13.05.16	Курилова А. А.
3.1	Оценка и обсуждение результатов	4	14.05.16	17.05.16	Чубик М. В., Курилова А. А.
3.2	Оформление отчета	14	18.05.16	31.05.16	Курилова А. А.
И т о г о:		121			

Таблица 17 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.			Март			Апрель			май			июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1.1	Разработка технич. Задания	Руководитель	4	■													
2.1	Подбор и изучение материалов по теме	Магистрант	25	■	■	■											
1.2	Выбор напр. исследования	Руководитель, магистрант	6				■	■									
1.3	Календарное планирование работ	Руководитель, магистрант	3				■	■									
2.2	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Магистрант, эксперт	15					■	■								
2.3	Проведение экспериментов	Магистрант	50							■	■	■	■	■	■		
3.1	Оценка и обсуждение результатов	Руководитель, магистрант	4											■	■		
3.2	Оформление отчета	Магистрант	14											■	■	■	



- Руководитель



- Магистрант



- Эксперт

4.3.3 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная. Наиболее подходящей организационной структурой данной работы является проектная, представленная на рисунке 13.



Рисунок 13 – Организационная структура проекта

4.3.4 План управления поставками

В связи с необходимостью осуществления поставок материалов был сформирован план закупок проекта (табл. 18).

Таблица 18 – План закупок проекта

№	Закупаемые материалы	Количество	Поставщик
1	Питательный агар сухой (ГРМ агар)	1	ООО «Химмедснаб»
2	Чашка Петри пласт. Д 60	5	ООО «Химмедснаб»
3	Интест-П-134\5-02	1	ООО «Химмедснаб»
4	Интест-П-121\20-02	1	ООО «Химмедснаб»
5	Шприц инсулиновый	150	ООО «Химмедснаб»
6	Пробирка П-2-10-14/23	10	ООО «Химмедснаб»
7	СО мутности бак. взвесей 5-10 ед.	1	ООО «Химмедснаб»

4.3.5 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования было обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группировались по статьям, представленным в таблице (табл. 19).

Таблица 19 – Группировка затрат по статьям

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	Спец. оборудование для научных работ	Основная ЗП	Дополнительная ЗП	Отчисления во внебюджетные фонды	Научные и производственные командировки	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
6063,85	8079	58767,92	4607,44	19012,60	6337,54	10140,06	113008,4

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

В эту статью включались затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. В стоимость материальных затрат включены транспортно-заготовительные расходы (3% от цены) [39]. Результаты по данной статье занесены в таблицу 20.

Таблица 20 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Питательный агар сухой (ГРМ агар)	0,25 кг	1	683,25	683,25
Чашка Петри пласт. Д 60	Уп. 26 шт.	5	230	1150,00
Интест-П-134\5-02	Уп. 500 шт.	1	582	582,00
Интест-П-121\20-02	Уп. 500 шт.	1	582	582,00
Шприц инсулиновый	1мл	150	3	450,00
Пробирка П-2-10-14/23	ГОСТ-1770-74, 10 мл	10	37,50	375,00
СО мутности бак. взвесей 5-10 ед.	СОП № 1-98	1	2065	2065,00
Всего за материалы				5887,25
Транспортно-заготовительные расходы (3%)				176,60
Итого по статье С _м				6063,85

4.3.5.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

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

Таблица 21 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Срок службы, лет.	АО за период проведения НИР, тыс. руб.	Затраты на специальное оборудование, тыс. руб.
1.	Термостат Электрический суховоздушный ТС-1/20 СПУ	1	14,5	10	0,464	0,464
2.	Бокс биологической безопасности 2 класса Streamline SC2-4A1.	1	193,5	15	4,137	4,137

Продолжение таблицы 21

3	Автоклав паровой Tuttnauer 2340 МК	1	110,2	15	2,356	2,356
4	Микроскоп бинокулярный Primo star.	1	70	20	1,122	1,122
Итого:						8,079

4.3.5.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда [40]). Расчет основной заработной платы сводится в табл. 22.

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

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (3)$$

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

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

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 23).

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Разработка технич. задания	Руководитель	2,7	2528,97	6828,22
2	Подбор и изучение материалов по теме	Магистрант	16,9	257,36	4349,38
3	Выбор напр. исследования	Руководитель, магистрант	4,06	2528,97 257,36	11312,50
4	Календарное планирование работ	Руководитель, магистрант	2,03	2528,97 257,36	5656,25
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Магистрант, эксперт	10,15 2,7	257,36 3448,94	11924,34
6	Проведение экспериментов	Магистрант	33,83	257,36	8706,49
7	Оценка и обсуждение результатов	Руководитель, магистрант	2,7	2528,97 257,36	7523,09
8	Оформление отчета	Магистрант	9,47	257,36	2437,20
Итого:					58767,92

Таблица 23 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант	Эксперт
Календарное число дней	366	366	366
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	104	104	104
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	48	40	48
- невыходы по болезни	0	11	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	200	197	200

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (6)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 24 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, Руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23264,86	0,3	0,3	1,3	48390,9	2528,97	11,5	29083,16
Магистрант	3900	0	0	1,3	5070	257,36	79,16	20372,62
Эксперт	33162,87	0,3	0,3	1,3	68978,80	3448,94	2,7	9312,14
Итого $C_{\text{осн}}$								58767,92

4.3.5.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (7)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (примем равным 0,12).

Таблица 25 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Эксперт
Основная зарплата	29083,16	9312,14
Дополнительная зарплата	3489,98	1117,46
Итого по статье $C_{\text{доп}}$	4607,44	

4.3.5.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (8)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Принимаем равным 0,3.

Таблица 26 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	29083,16	3489,98
Магистрант	20372,62	0
Эксперт проекта	9312,14	1117,46
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого: 19012,60		

4.3.5.6 Научные и производственные командировки

В эту статью включены расходы по командировкам научного и производственного персонала, и величина которых равна 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы:

$$З_{ком} = (58767,92 + 4607,44) \cdot 0,1 = 6337,54$$

4.3.5.7. Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (9)$$

$$З_{накл} = (58767,92 + 4607,44) \cdot 0,16 = 10140,06$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (принят в размере 16%).

4.4 *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования*

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (10)$$

где I_{ϕ}^p – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Аналог 1 - Патент России № 2219136. 2002 [37];

Аналог 2 - Патент России № 2163894. 2001 [38].

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{113008,40}{162346} = 0,7$$

$$I_{\phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{134595}{162346} = 0,83$$

$$I_{\phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{162346}{162346} = 1$$

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (11)$$

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

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проведён в таблице 27.

Таблица 27 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Отсутствие токсичных реагентов	0,1	5	5	1
2. Отсутствие вероятности образования токсичных веществ после обеззараживания	0,2	5	5	1

Продолжение таблицы 27

3. Безопасность для персонала	0,2	4	3	4
4. Эффективность (универсальность дезинфекции)	0,2	5	5	4
5. Энергоэкономичность	0,1	3	3	4
6. Доступность	0,1	3	3	5
7. Наличие данных о влиянии на группы микроорганизмов	0,1	5	1	1
ИТОГО	1			

$$I_m^p = 5 \times 0,1 + 5 \times 0,2 + 4 \times 0,2 + 5 \times 0,2 + 3 \times 0,1 + 3 \times 0,1 + 5 \times 0,1 = 4,4$$

$$I_1^a = 5 \times 0,1 + 5 \times 0,2 + 3 \times 0,2 + 5 \times 0,2 + 3 \times 0,1 + 3 \times 0,1 + 1 \times 0,1 = 3,8$$

$$I_2^a = 1 \times 0,1 + 1 \times 0,2 + 4 \times 0,2 + 4 \times 0,2 + 4 \times 0,1 + 5 \times 0,1 + 1 \times 0,1 = 2,9$$

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

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{ф}^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{ф}^a} \quad \dots \quad (12)$$

$$I_{финр}^p = \frac{4,4}{0,7} = 6,29$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{3,8}{0,83} = 4,58$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{2,9}{1} = 2,9$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (13)$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a1}} = \frac{6,29}{4,58} = 1,37$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a2}} = \frac{6,29}{2,9} = 2,17$$

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

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,83	1	0,7
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	2,9	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	4,58	2,9	6,29
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,37	2,17	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым [41].

Заключение к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе разработки настоящей главы ВКР были решены следующие задачи:

- Разработана общая экономическая идея и определена концепция проекта, проведен анализ рынка: в ходе предпроектного анализа было установлено, что уровень конкуренции низок в сфере предоставления данных о воздействии НЭП на группы микроорганизмов, а конкурентное преимущество разработки

заключается в наличии более подробного анализа специфичности действия дезинфицирующего агента. Проведена экспертная оценка эффективности, разработана диаграмма Исикавы, проведена оценка готовности продукта к коммерциализации;

- Осуществлена организация работ по научно-исследовательскому проекту; составлена иерархическая структура работ, организационная структура проекта;

- Проведено планирование научно-исследовательских работ: составлен план управления поставками; разработан календарный план проекта;

- Проведена оценка коммерческого потенциала научного исследования. Установлено, что перспективность разработки выше среднего, а уровень имеющихся знаний у разработчика достаточен для реализации проекта. Для коммерциализации проекта в первую очередь необходимо провести оценку стоимости интеллектуальной собственности, разработать бизнес-план, а также проработать вопросы международного сотрудничества и использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот. Рассчитан бюджет научного исследования, который составил 113008,40 руб;

- Проведена оценка сравнительной эффективности исследования. Сравнение значений интегральных показателей эффективности с конкурентными разработками позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Курилова А. А., Кондранова А. М. Оптимизация процесса получения витамина В₁₂ с использованием пропионовокислых бактерий // сборник материалов Всероссийской 72-й студенческой научной конференции им. Н. И. Пирогова: // Томск, СибГМУ – 2013.
2. Курилова А. А., Кондранова А. М., Зыгарь Н. О., Джалолова А. А. Биотехнология получения витамина В₁₂ с использованием пропионовокислых бактерий // Материалы Всероссийской научной конференции «Современная микробиология и биотехнология глазами молодых исследователей» // Томск, ТГУ – 2014.
3. Зыгарь Н. О., Джалолова А. А., Кондранова А. М., Курилова А. А. Оптимизация условий культивирования пропионовокислых бактерий // Материалы Всероссийской научной конференции «Современная микробиология и биотехнология глазами молодых исследователей» // Томск, ТГУ – 2014.
4. Курилова А. А. Обеззараживание культуры *Escherichia coli* наносекундным электронным пучком // Всероссийская итоговая 74-я студенческая научная конференция им. Н.И. Пирогова : сборник материалов, Томск, 27 – 29 Апреля 2015. – Томск: СибГМУ, 2015 – С. 89-90
5. Курилова А. А., Полосков А. В. Обеззараживание воды наносекундным электронным пучком // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 25 – 29 Мая 2015. – Томск: ТПУ, 2015 – Т. 2 - С. 167 – 169
6. A.A. Kurilova, A.V. Poloskov, M.V. Chubik, D.V. Ponomarev Application of Electron Beam for Wastewater Disinfection // Procedia Chemistry, Volume 15, 2015, Pages 187–192
7. Курилова А. А. Определение механизма бактерицидного действия наносекундного электронного пучка в водных средах // Наука будущего – наука

молодых: сборник тезисов международного научного форума молодых ученых: в 2 т., Севастополь, 29 Сентября – 2 Октября 2015. – Москва: Инконсалт К, 2015 – Т. 2. – С. 53 – 54;

8. Курилова А. А. Применение наносекундного электронного пучка для обеззараживания сточных вод // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Россия, Томск, 26-29 апреля 2016 г. / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск: Изд-во – Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2016. – Т. 4. – С. 63 – 65;

9. Курилова А. А., Полосков А. В. Анализ бактерицидного действия наносекундного электронного пучка в водных средах // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 25 – 29 Мая 2015. – Томск: ТПУ, 2015 – Т. 2 – С. 167 – 169.