

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

Школа – Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки – 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Анализ параметров работы установки для обогащения лития по литию-7 амальгамно-обменным способом

УДК 661.834:539.163:622.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6Д	Козлов Семён Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ	Видяев Д.Г.	Д.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШИП	Киселева Е.С.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
14.03.02 «Ядерные физика и технологии»	Бычков П.Н.	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (компетенции)
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления, осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
P8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования ; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке,

	испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и про- грамм испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования

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

---

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки (специальность) – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Бычков П.Н.  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

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

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
0А6Д	Козлову Семёну Евгеньевичу

Тема работы:

Анализ параметров работы установки для обогащения лития по литию-7 амальгамно-обменным способом	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 114-10/С от 23.04.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p style="text-align: center;"><b>Исходные данные к работе</b></p> <p style="text-align: center;"><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Исследования направлены на проведение численного анализа параметров работы установки для получения высокообогащенного изотопа лития-7 амальгамно-обменным способом.</p>
---	--

<p align="center"><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p align="center"><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор литературы; постановка цели и задач исследования; изучение принципиальной схемы установки для обогащения лития; разработка алгоритма и программы расчета параметров разделительной установки; анализ полученных результатов; выводы по работе.</p>
<p align="center"><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p align="center"><b>Раздел</b></p>	<p align="center"><b>Консультант</b></p>
<p>Экспериментальная часть</p>	<p>профессор ОЯТЦ ИЯТШ Видяев Д.Г.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>доцент ОСГН ШИП Киселева Е.С.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>ассистент ОЯТЦ ИЯТШ Гоголева Т.С.</p>

<p align="center"><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p align="center">17.01.2020</p>
---	----------------------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p align="center">Профессор ОЯТЦ ИЯТШ</p>	<p align="center">Видяев Дмитрий Геннадьевич</p>	<p align="center">д.т.н. профессор</p>		<p align="center">17.01.2020</p>

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p align="center">0А6Д</p>	<p align="center">Козлов Семён Евгеньевич</p>		<p align="center">17.01.2020</p>

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А6Д	Козлову Семёну Евгеньевичу

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОЯТЦ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 «Ядерные физика и технологии»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость расходных материалов; тариф на электроэнергию, должностные оклады исполнителей.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Срок окупаемости; премии; надбавки; дополнительная заработная плата; накладные расходы; рабочий коэффициент.</i>
3. <i>Использованная система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставки НДС и социального налога.</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведение НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциального потребителя результатов исследования;</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета, определение рисков</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка социальной эффективности проекта</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта

**Дата выдачи задания по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Киселева Е.С.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А6Д	Козлов Семён Евгеньевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А6Д	Козлову Семёну Евгеньевичу

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 «Ядерные физика и технологии»

Тема ВКР:

Анализ параметров работы установки для обогащения изотопов лития по литию-7 амальгамно-обменным способом
--

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: установка по обогащению изотопов лития амальгамно-обменным способом. Область применения: атомная промышленность.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020); – ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные и опасные факторы: – отклонение показателей микроклимата; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – психофизиологические нагрузки; – опасность поражения электрическим током.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– анализ влияния процесса исследования на окружающую среду; – организационные и технические мероприятия по защите окружающей среды.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– выбор и описание типичной ЧС: пожар; – обоснование мероприятий по предотвращению ЧС; – порядок действий при возникновении ЧС.

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А6Д	Козлов С.Е.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа объёмом 85 страниц, 10 рисунков, 19 таблиц, 24 источника, 73 формулы.

Объект исследования: Установка для обогащения изотопа лития-7.

Цель исследования являлось проведение численного анализа параметров работы установки для получения высокообогащенного изотопа лития-7 амальгамно-обменным способом.

Таким образом, в результате исследований создана математическая модель, которая позволяет достаточно точно определять параметры амальгамно-обменного каскада для обогащения лития по литию-7.



## Содержание

Введение .....	11
1 Литературный обзор.....	13
1.1 Применение соединений Li и его изотопов .....	13
1.2 Методы разделения изотопов лития.....	14
1.2.1 Лазерный метод .....	14
1.2.2 Термодиффузия .....	15
1.2.3 Радиочастотная спектроскопия. ....	16
1.2.4 Электромиграция.....	16
1.2.5 Дистилляция .....	18
1.3 Свойства лития и его соединений .....	18
1.4 Основы технологии обогащения Li по $^7\text{Li}$ в системе амальгама– раствор... 22	
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	24
3.1 Анализ конкурентных технических решений.....	25
3.2 SWOT-анализ.....	26
3.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	30
3.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ .....	31
3.3.2 Разработка графика проведения научного исследования .....	32
3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	35
3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	36
3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	36
3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	37
3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	40
3.4.5 Накладные расходы .....	40
3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	41
3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	42
Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: .....	45
4 Социальная ответственность .....	46
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	46

4.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства .....	46
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	48
4.2 Производственная безопасность .....	50
4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов .....	50
4.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных и опасных факторов .....	51
4.2.3 Отклонение показателей микроклимата .....	51
4.2.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения .....	52
4.2.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	53
4.2.6 Превышение уровня шума .....	54
4.2.7 Психофизиологические факторы.....	55
4.2.8 Поражение электрическим током.....	55
4.3 Экологическая безопасность .....	57
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	59
4.4.1 Анализ типичной ЧС при проведении исследования.....	59
4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и порядок действий в случае возникновения ЧС .....	60
Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	61
Заключение .....	62
Список использованных источников .....	63

## Введение

На сегодняшний день литий является одним из наиболее востребованных металлов в промышленности. Его соединения используются в металлургии, медицине, электронике и атомной отрасли.

Изотопно-модифицированная литиевая продукция также нашла широкое применение. Так литий-6 используется для получения трития, применимого в качестве сырья для термоядерной реакции и в качестве замедлителя в ядерных реакторах. Тяжелый изотоп лития ( ${}^7\text{Li}$ ), благодаря малому сечению поглощения нейтронов, применяется для регулирования водно-щелочного баланса реактора и в качестве компонента теплоносителя. При этом надо отметить, что к используемым соединениям предъявляются высокие требования, как по химической чистоте, так и по степени изотопного обогащения. Например, для использования в реакторе изотопная концентрация лития по литию-7 должна составлять более 99%.

Для разделения изотопов лития применимы различные методы – дистилляция, электролиз, электромиграция, ионный обмен, химический обмен. Однако из всех существующих методов разделения наиболее эффективным и позволяющим получать изотоп лития-7 в промышленном масштабе является химический обмен, протекающий в системе амальгама-раствор. [1,2]

Проведение работ по оптимизации каскада на действующем оборудовании является длительным и дорогостоящим процессом, поэтому становятся актуальными исследования, направленные на проведение численных расчетов параметров обогатительного каскада. Данная работа является частью таких исследований.

Целью работы являлось проведение численного анализа параметров работы установки для получения высокообогащенного изотопа лития-7 амальгамно-обменным способом.

Для достижения поставленной цели требовалось решить ряда задач:

1. Провести анализ физико-химических свойств лития и методов разделения его изотопов.
2. Изучить принципиальную схему установки для обогащения лития по литию-7 и принцип организации ее работы.
3. Составить математическое описание процессов, протекающих в амальгамно-обменной установке при нестационарном режиме ее работы.
4. Разработать алгоритм и программу расчета параметров разделительной установки.
5. Провести расчет и анализ результатов работы амальгамно-обменной установки с учетом наличия или отсутствия внешних потоков.

## **1 Литературный обзор**

### **1.1 Применение соединений Li и его изотопов**

Литий получил широкое применение в разных отраслях. Литий является материалом из которого изготавливают аноды химических источников тока и различного рода гальванических элементов с твёрдым электролитом, которые работают на основе неводных жидких и твёрдых электролитов.

Литий используют для изготовления ракетного топлива, высокоэффективных лазеров на центрах свободной окраски, и для изготовления различной оптики.

Сульфат лития применяют в дефектоскопии. Нитрат лития нашёл своё применение в пиротехнике.

Сплавы лития с разными металлами, например, такими как серебро и золото являются эффективными припоями.

Сплавы лития с различными металлами, например, с золотом или серебром, являются весьма эффективными припоями. Также подобные сплавы применяются в качестве перспективных материалов в космонавтике и авиации. На основе этого металла, разработана специальная керамика, которая затвердевает при комнатной температуре, она нашла успешное применение в военной технике, металлургии и прогнозируется, что найдет свое применение в термоядерной энергетике в скором времени.

В радиоэлектронике, кроме других сплавов используется триборат лития – цезия, как оптический материал. Также используется при наполнении газоразрядных осветительных металлогалогеновых ламп.

Гидроксид лития добавляют в электролит щелочных аккумуляторов для увеличения срока их службы.

Литий нашел свое применение как в чёрной, так и в цветной металлургии. Применяется он как раскислитель для повышения пластичности и прочности сплавов.

Карбонат лития считают наиважнейшим веществом при выплавке алюминия, и потребление его с каждым годом всё увеличивается.

Литий нашел свое применение и в ядерной энергетике. Гафниат лития, является одним из основополагающих веществ в составе эмали, которая предназначается для захоронения высокоактивных ядерных отходов, содержащих токсичное вещество плутоний.

Изотоп лития  ${}^6\text{Li}$  применяется для получения радиоактивного трития, а изотоп  ${}^7\text{Li}$  благодаря очень высокой удельной теплоёмкости и низкому сечению захвата тепловых нейтронов служит эффективным теплоносителем. Соединения лития, обогащенные по изотопу лития 7 позволяют корректировать водно-химический баланс теплоносителя в 1-м контуре ядерных реакторов.

Также литий 7 применяется для производства лекарственных препаратов на основе карбоната лития ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ), обогащенные по изотопу, используются как антидепрессанты/транквилизаторы.

## **1.2 Методы разделения изотопов лития**

### **1.2.1 Лазерный метод**

С 1978 года в литературе появилось несколько работ, посвященных как теоретическим, так и экспериментальным аспектам лазерного разделения изотопов лития. Все они описывают испытания в очень небольших масштабах, и не было выделено ни одного отдельного изотопного материала. Основным преимуществом лазерных методов является очень высокая селективность, достижимая за одну стадию в подходящих условиях.

Используя тепловую энергию, пучок молекулярного лития из эффузионной печи и два лазера на непрерывном ионном аргоне. Разделение производилось двухфотонным, изотопно-селективным возбуждением/ионизацией частиц  $\text{Li}_2$  до ионов  $\text{Li}^+$ .

Японские ученые опубликовали некоторые данные в 1982 году для двухэтапного процесса фотоионизации, основанного на атомно-литиевом пучке,

где лазер на красителе использовался в качестве возбудителя при  $-670,8$  нм, а Nd:YAG-лазер в качестве ионизатора при  $-260,0$  нм. Объединенные лазерные лучи пересекали коллимированный атомный пучок Li в ионной камере квадрупольного масс-спектрометра. Обогащение  ${}^6\text{Li}$  до больше 90% наблюдалось при очень низких плотностях мощности лазера в диапазоне от 2 до 10 Вт/см<sup>2</sup>. Различие между экспериментальной и расчетной зависимостью обогащения от плотности мощности было очень небольшим.

### 1.2.2 Термодиффузия

Термодиффузионная техника была доступна для разделения изотопов в газовых или жидких системах в течение многих десятилетий. Он может быть весьма эффективным для разделения элементов с атомным весом ниже примерно 100 в условиях жидкой фазы. В этом методе используется тенденция разделения изотопных частиц вдоль теплового градиента во флюиде, при этом более легкий изотоп обычно мигрирует в более горячую зону. Чистый жидкий химикат, содержащий элемент, предпочтителен для рабочей жидкости (например, CS<sub>2</sub> для серы или CH<sub>3</sub>Cl для хлора), который удерживается в затрубном пространстве между двумя концентрическими трубками, поддерживаемыми при разных температурах.

Единственные результаты, полученные на сегодняшний день для лития, включают использование расплавленных солей LiNO<sub>3</sub> и Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Изотоп  ${}^6\text{Li}$  был сконцентрирован в горячей зоне расплавленной соли, удерживаемой между двумя горизонтальными пластинами с теплоизоляцией, поддерживаемыми при 268 и 425 ° C. Средний коэффициент разделения, измеренный для LiNO<sub>3</sub>, составлял  $1,0049 \pm 0,0002$ . Основным практическим ограничением метода термодиффузии жидкости является очень малая возможная производительность, обычно несколько кг/год. Проблема заключается в том, что кольцевое пространство должно быть очень маленьким, обычно от 0,2 до 0,3 мм, для достижения разумных коэффициентов разделения.

### 1.2.3 Радиочастотная спектроскопия.

Отделение  ${}^6\text{Li}$  от  ${}^7\text{Li}$  в масс-спектрометре со сверхзвуковым молекулярным пучком было недавно описано. Сверхзвуковой атомный пучок лития, засеянный гелием, коллимируется и затем направляется поперек неоднородного градиентного магнитного поля для выравнивания спинов парамагнитных частиц. Затем луч проходит через однородное магнитное поле низкой интенсивности, содержащее высокочастотную антенну, которая избирательно настроена на резонанс с частицами типа  ${}^6\text{Li}$  (228,528 МГц) или  ${}^7\text{Li}$  (3,191 МГц), чтобы вызвать переворот спина выбранного изотопа. Наконец, пучок проходит через другое градиентное магнитное поле, где частицы с обращенным спином фокусируются на детекторе. Поскольку резонансные частоты зависят от изотопов, может быть получено пространственное разделение изотопов.

### 1.2.4 Электромиграция

Коэффициент электролитического разделения изотопов лития в растворе изучался еще в конце 1930-х годов. Например, растворы  $\text{LiCl}$  в воде или в абсолютном этаноле давали независимые от температуры значения  $1,055 \pm 0,005$  для электролиза  $\text{LiCl}$  на ртутном катоде. Однако использование расплавленных галогенидов, а не их растворов, дает некоторые преимущества. Скорость миграции катионов, подвергающихся воздействию градиента электрического поля, выше, что обеспечивает значительно более высокий ток, и в десять раз более широкий диапазон температур работы. В результате возможен гораздо больший общий коэффициент обогащения.

В 1961 году были опубликованы подробности мелкомасштабного процесса восстановления, обогащенного  ${}^6\text{Li}$  путем электролиза, расплавленного  $\text{LiCl}$ . Электролизер может работать в непрерывном режиме с температурным градиентом от  $-625$  до  $1375$  °C.  ${}^7\text{LiCl}$  концентрируется на аноде, в то время как металл  ${}^6\text{Li}$  будет накапливаться на полый графитовый катод, если он не будет



количественно преобразован обратно, поскольку он образует  ${}^6\text{LiCl}$  в результате реакции с газом  $\text{Cl}_2$ , который можно рециркулировать из анодной области. Выбранный диаметр диафрагменной трубки зависит от желаемого коэффициента обогащения. Например, для выхода нескольких грамм/день обогащенного  $\text{LiCl}$  использовали трубку диаметром 30 мм.

Аналогичная работа была проделана при более низких температурах (от 300 до 500 °C) в расплавленном  $\text{LiNO}_3$ , где были определены значения электромиграционной подвижности  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^7\text{Li}$ . Ячейка содержала платиновый анод и катод из нержавеющей стали, через который смесь  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_2$  барботировалась в расплавленную соль. Снова обогащение  ${}^7\text{Li}$  происходит на аноде, а  ${}^6\text{Li}$  на катоде.

Указанная выше подача газа  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_2$  не требуется в расплавленной системе  $\text{LiNO}_3\text{-NH}_4\text{NO}_3$ .  ${}^6\text{Li}$  обогащен на четкой границе между полосой  $\text{LiNO}_3$  (270 °C) и более холодной полосой  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (180 °C); последний разлагается и медленно расходуется на границе раздела, чтобы обеспечить дефлегмацию металлического лития, образованного электролизом на стыке. Автор полагал, что аппарат можно использовать для непрерывного удаления продукта в лабораторных или полупромышленных масштабах.

Изотопные эффекты были измерены при электролизе твердого  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  поддерживаемого ниже его температуры плавления. Для этой соли в диапазоне температур от 575 до 857 °C удельная электропроводность и коэффициент самодиффузии катиона сопоставимы с таковыми в расплавленных солях, а число переноса катиона равно единице. Ячейка состояла из жидкого цинкового катода и золотого анода. Литий осаждается на катоде в виде сплава с цинком и обогащается  ${}^6\text{Li}$ , коэффициент разделения составляет 1,01.

### 1.2.5 Дистилляция

Жидкая дистилляция может быть эффективным методом разделения подходящих изотопных частиц  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^7\text{Li}$ , но жидкие соединения лития не существуют при или около температуры окружающей среды. Температура плавления металлического лития составляет  $180\text{ }^\circ\text{C}$ , но большинство термостойких солей лития плавятся при температуре выше  $400\text{ }^\circ\text{C}$ .

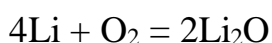
Некоторые испытания были проведены с жидким литием в начале 1950-х годов с использованием вакуумных дистилляционных колонн с коротким путем для разделения изотопов. Результаты были получены для нескольких экспериментальных систем, включая шестиступенчатые и восьмиступенчатые дистилляторы из нержавеющей стали. Например, одноступенчатые коэффициенты разделения от 1,052 до 1,064 были измерены для диапазона температур от  $535$  до  $627\text{ }^\circ\text{C}$  в шестиступенчатом дистилляторе.

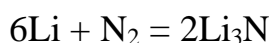
Хотя возможность молекулярной дистилляции для разделения изотопов лития была продемонстрирована, в статье 1957 года не было дано никаких указаний на относительную экономичность этого подхода.

### 1.3 Свойства лития и его соединений

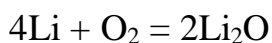
Литий представляет собой серебристо-белый металл, мягкий и пластичный. В природе литий встречается в виде двух стабильных радионуклидов  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^7\text{Li}$  в соотношении 7,5% и 92,5% соответственно. Литий из всех металлов является самым легким, его плотность составляет  $0,534\text{ г/см}^3$  это в два раза меньше плотности воды. Из щелочных металлов характеризуется высокими температурами кипения ( $180,5\text{ }^\circ\text{C}$ ) и плавления ( $1326\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Литий очень химически активен может взаимодействовать с кислородом и азотом воздуха при обычных условиях, поэтому быстро окисляется на воздухе с образованием темного налета продуктов взаимодействия:





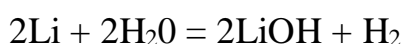
При горении в кислороде, образует оксид лития:



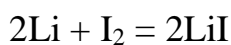
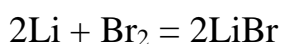
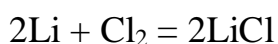
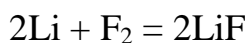
Ещё одна интересная особенность лития, что в диапазоне температур 100 °С до 300 °С он порывается оксидной пленкой и после не окисляется.

В отличие от других щелочных металлов, образующих стабильные надпероксиды и озониды; надпероксид и озонид лития — нестабильные соединения.

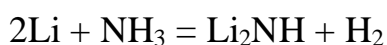
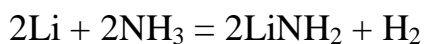
Взаимодействуя с водой образует гидроксид лития и водород:



При реагировании с галогенами (с иодом — только при нагревании, выше 200 °С) образует соответствующие галогениды:



Реагирует с аммиаком сначала образует амид лития (220 °С) и затем имид лития (400 °С):



Химически растворим в жидком аммиаке (−40 °С), образуется синий раствор.

Соли лития как правило, бесцветные кристаллические вещества. Соли лития по химическому поведению несколько напоминают аналогичные кальция (Ca) или соединения магния (Mg). Такие соли как фторид лития (LiF), карбонат лития (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), фосфат лития (Li<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) плохо растворимы в воде. К хорошо растворимым относят хлорат лития (LiClO<sub>3</sub>) — это, пожалуй, одно из самого хорошо растворимого соединения в неорганической химии (при 18 °С в 100 г воды растворяется 313,5 г LiClO<sub>3</sub>).

Металлический литий вызывает ожоги при попадании на влажную кожу, слизистые оболочки и в глаза.

Взаимодействие лития с ртутью для получения амальгамы экзотермично и при использовании большого куска лития может привести к взрыву.

Диаграмма состояния Hg-Li, изображенная на рисунке 1.1, построена на основании данных термического и рентгеновских анализов.

В системе установлено образование шести соединений, из которых LiHg и Li<sub>3</sub>Hg плавятся конгруентно при температурах 595 и 375 °С соответственно. Соединение LiHg имеет область гомогенности 38-62% (ат.) Li. Соединения LiHg<sub>3</sub>, LiHg<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>Hg, Li<sub>6</sub>Hg образуются по перитектическим реакциям при температурах 235-240, 239, 375 и 165 °С соответственно. Кристаллическая структура промежуточных фаз системы Hg-Li приведена в таблице 1.1.

В системе наблюдаются три эвтектические реакции:

$\text{Ж} = (\text{Hg}) + \text{LiHg}_3$  при температуре  $-42$  °С и концентрации 0,6 % (ат.) Li;

$\text{Ж} = (\text{Hg}) + \text{Li}_3\text{Hg}$  при температуре 371 °С и концентрации 70 % (ат.) Li;

$\text{Ж} = (\text{Hg}) + \text{Li}_6\text{Hg}$  при температуре 161 °С и концентрации 92,5 % (ат.) Li.

Растворимость Li в Hg при комнатной температуре составляет 1,12 % (ат.), растворимость Hg в Li при эвтектической температуре  $-2,5$  % (ат.).

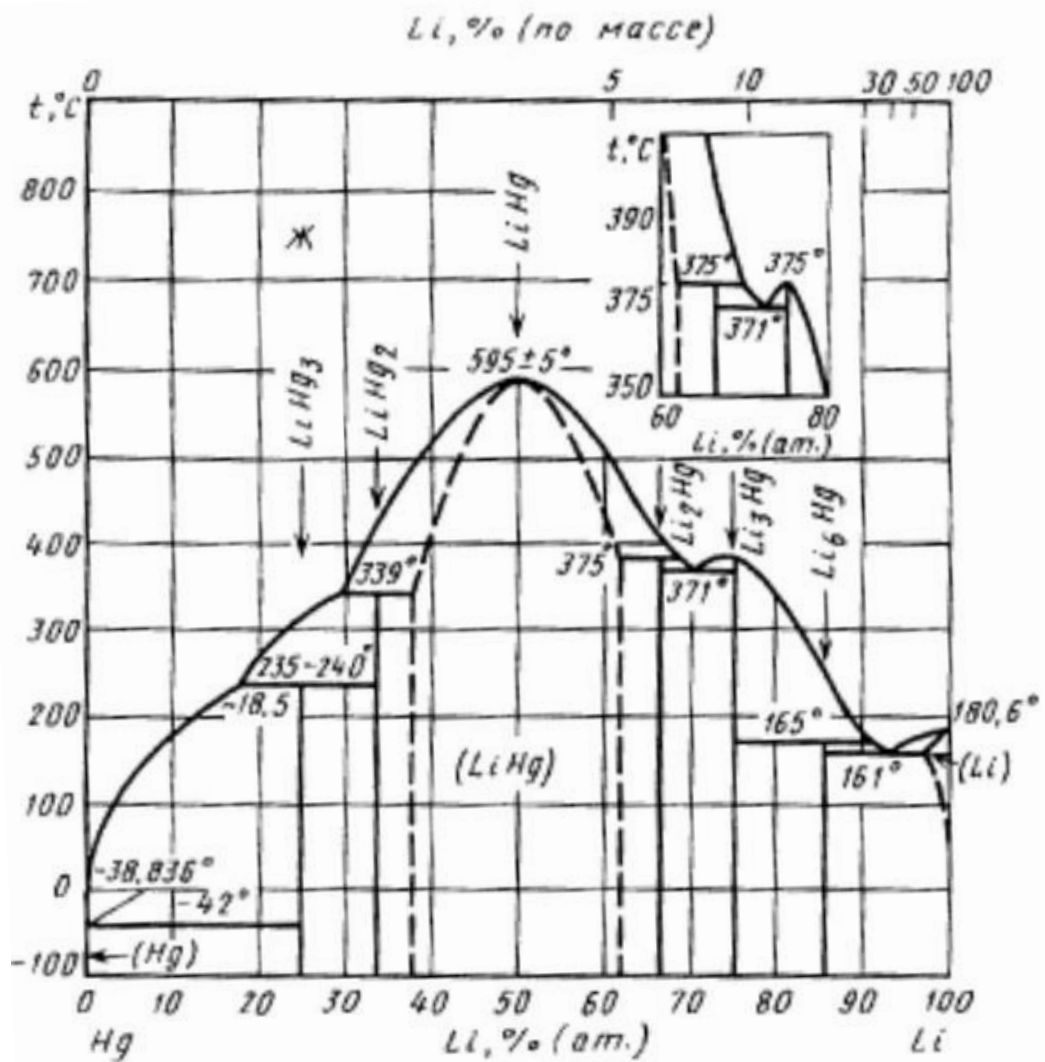


Рисунок 1.1 – Диаграмма состояния Hg-Li

Таблица 1.1 – Кристаллическая структура соединений системы Hg-Li

Соединение	Прототип	Символ Пирсона, пр. гр.	Параметры кристаллической решетки, нм		Источник
			a	c	
LiH <sub>3</sub>	Ni <sub>3</sub> Sn	hP8, P6 <sub>3</sub> /mmc	0,6253	0,4804	[1]
LiHg	CsCl	cP2, Pm3m	0,3294		[2]
Li <sub>3</sub> Hg	BiF <sub>3</sub>	cF16, Fm3m	0,6597		[1]

## 1.4 Основы технологии обогащения $Li$ по $7Li$ в системе амальгама-раствор

На рисунке 1.2 приведена установка для обогащения лития амальгамно-обменным способом.

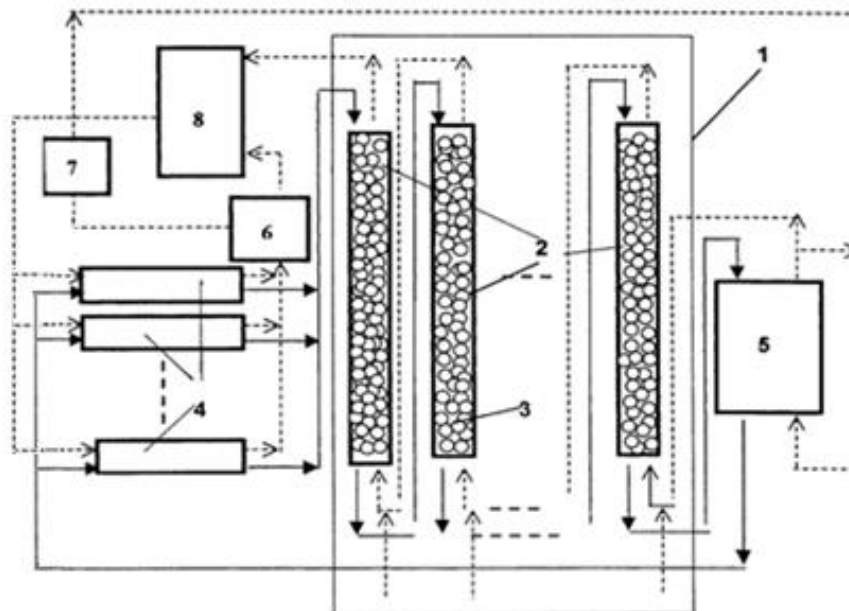


Рисунок 1.2 – Схема установки

Установка состоит из контактной системы 1, образованной несколькими колоннами 2, заполненными насадкой 3 в форме колец. Колонны объединены в каскад. Первая колонна соединена с одним или несколькими электролизерами 4. Выход водного раствора соединения лития первой колонны соединен с входом емкости 8 первоначального запаса сырья. Выход емкости 8 соединен с входами электролизеров 4, сообщенных с испарителем 6 и конденсатором 7. Последняя колонна контактной системы соединена с колонной 5, заполненной наполнителем, катализирующим разложение амальгамы лития.

Обогащение изотопа лития-7 происходит посредством контакта двух жидких фаз - амальгамы лития и водного раствора соединения лития, которые циркулируют в противотоке в контактной системе в условиях поддержания высоких значений отношения между скоростью химического обмена лития между фазами и скоростью разложения амальгамы, причем литий амальгамы,

покидающий контактную систему, переводят в водный раствор путем пропускания амальгамы в контакте с водой через наполнитель, который катализирует реакцию разложения амальгамы, после чего раствор частично или полностью вновь вводят в контактную систему, а литий из водного раствора, который покидает контактную систему, переводят в амальгаму лития путем испарения воды из водного раствора и поддержания приблизительно постоянной концентрации раствора в электролизере и электролиза концентрированного раствора, а амальгама лития вводится в контактную систему, процесс проводят в периодическом режиме путем разовой загрузки исходного сырья природного изотопного состава и его обогащения с последовательным повышением концентрации лития-7 в первой колонне контактной системы путем непрерывного вывода в отвал сопутствующего изотопа с противоположного конца контактной системы и выгрузки обогащенного изотопа лития-7.

Использование емкости для первоначального запаса сырья позволяет осуществлять работу установки в режиме без питания сырьем природного состава контактной системы. и, таким образом, концентрация в нижней части контактной системы не будет ограничена концентрацией природного состава, а может изменяться в широком диапазоне.

Принцип работы данной установки использовался при проведении расчетов в практической части.

### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке конкурентоспособности и ресурсоэффективности научной разработки метода лазерной очистки поверхности металлов от наночастиц, в том числе внедренных в металл РАО.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- произвести анализ конкурентных технических решений проекта;
- выполнить планирование научно-исследовательских работ;
- построение графика Гантта.
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта;

Потенциальные потребители результатов исследования



В данной научно-исследовательской работе изучается метод обогащения изотопов лития по литию-7 амальгамно-обменным способом.

Целевым рынком данного исследования будет являться государственная корпорация по атомной энергии «Росатом».

### **3.1 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценивать сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Оценочная карта анализа представлена в таблице 3.1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i, \quad (3.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$\text{Б}_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Помехоустойчивость	0,09	5	4	3	0,9	0,4	0,3
2. Экологичность	0,18	5	3	3	0,5	0,54	0,54
3. Надежность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
4. Простота эксплуатации	0,16	5	3	3	0,45	0,3	0,3
5. Экономичность	0,1	5	3	3	0,5	0,27	0,27
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
3. Цена	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	5	5	0,4	0,4	0,4
5. Финансирование научной разработки	0,03	5	5	4	0,12	0,15	0,12
6. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>52</b>	<b>45</b>	<b>40</b>	<b>4,34</b>	<b>2,47</b>	<b>3,16</b>

Использованный в работе метод обогащения изотопов лития по литию-7 амальгамно-обменным способом является оптимальным для использования в практических целях.

### 3.2 SWOT-анализ

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

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экологичность технологии; С2. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии; С3. Маленький срок получения результатов при проведении научного исследования.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Недостаток финансовых средств; Сл2. Отсутствие прототипа научной разработки
<b>Возможности:</b> В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В2. Повышение стоимости конкурентных разработок; В3. Использование научно-исследовательских достижений ТПУ.		
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства; У2. Несвоевременное финансовое обеспечение.		

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

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта

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

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл.1	Сл.2
	B1	-	+
	B2	-	0
	B3	-	-

Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		C1	C2	C3
	У1	+	0	-
	У2	0	+	-

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл.1	Сл.2
	У1	+	+
	У2	+	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Экологичность технологии;  С2. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии;  С3. Маленький срок получения результатов при проведении научного исследования.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Недостаток финансовых средств;  Сл2. У руководства НИР проблемы с материально-техническим обеспечением</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт;  В2. Повышение стоимости конкурентных разработок;</p>	<p>Из данной комбинации видно, что существует возможность создания надежного и экономически выгодного способа обогащения изотопов лития по литию-7.</p>	<p>В рамках данной работы требуется высокотехнологичное и дорогостоящее оборудование, однако отсутствие прототипа научной разработки может существенно увеличить срок</p>

В3. Использование научно-исследовательских достижений ТПУ.		проведения научных работ.
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства; У2. Несвоевременное финансовое обеспечение.	Проведя анализ сильных сторон и угроз, видно, что вышеуказанные сильные стороны проекта могут существенно понизить процент угроз исследования.	Несвоевременное финансовое обеспечение и отсутствие спроса на новые технологии производства могут привести к недостатку финансовых средств. Чтобы снизить уровень этих угроз работа должна быть востребована в настоящее время. Также, отсутствие прототипа научной разработки может привести к снижению спроса на данную технологию.

Из таблицы SWOT анализа можно выделить, что метод обогащения изотопов лития по литию-7 амальгамно-обменным способом может встретиться с проблемами финансового обеспечения и отсутствия спроса на технологию, но данный метод является одним из самых эффективных для получения изотопа лития-7, который находит применение в различных областях.

### 3.3 Планирование научно-исследовательских работ

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы дипломной работы	Руководитель
	2	Анализ актуальности темы	Руководитель, студент
Выбор направления исследований	3	Поиск и изучение материала по теме	Руководитель, студент
	4	Выбор направления исследования	Руководитель
	5	Календарное планирование работ	Руководитель
	6	Подбор нормативных документов	Руководитель, студент
	7	Изучение экспериментальной методики	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	8	Анализ параметров установки обогащения изотопов лития амальгамно-обменным способом	Руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	9	Анализ результатов	Руководитель, студент
	10	Заключение	Студент
	11	Оформление пояснительной записки к ВКР	Студент
	12	Подготовка к защите ВКР	Студент

### 3.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (3.2)$$

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3.3)$$

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

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

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

### 3.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3.4)$$

где  $T_{ки}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (3.5)$$

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

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

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

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Временные показатели проведения научного исследования



Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож}$ , чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
1. Составление и утверждение темы дипломной работы	6	-	14	-	9	-	9	-	13	-
2. Анализ актуальности темы	2	4	4	6	3	5	1,5	2,5	2	4
3. Поиск и изучение материала по теме	4	10	6	12	5	11	2,5	5,5	4	8
4. Выбор направления исследования	5	-	10	-	9	-	9	-	13	-
5. Календарное планирование работ	2	-	4	-	3	-	3	-	4,4	-
6. Подбор нормативных документов	5	6	10	12	7	7	3,5	3,5	5	5
7. Изучение экспериментальной методики	6	4	8	10	8	6	4	3	6	4,4
8. Анализ параметров установки обогащения изотопов лития амальгамно-обменным способом	18	20	24	26	20	22	10	11	15	16
9. Анализ результатов	5	10	10	12	7	11	3,5	5,5	5	8
10. Заключение	4	6	6	8	5	7	2,5	3,5	4	5





### 3.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта данные сведены в таблицу 3.8:

Таблица 3.8 – Расчет материальных затрат

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага офисная	SvetoCopy, A4	150 листов	1,5	225
Картридж для принтера	Epson T0921	1 шт	1090	1100
Интернет	ТПУ	3 месяца	350	1050
Ручка	Простая	1 шт.	20	20
Тетрадь	96 листов	1 шт.	25	45
Итого по статье $C_m$				2440

### 3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. В данной работе используется оборудование, приобретенное ранее. Амортизационные отчисления за период использования оборудования рассчитываются по формуле и приведены в таблице 3.9:

$$C_A = \Phi_n \cdot H_A \cdot T_{об} / F_\delta, \quad (3.6)$$

где  $\Phi_n$  стоимость оборудования, руб.

$H_A$ - норма амортизации, %.

$T_{об}$ - продолжительность использования оборудования за время проведения НИР,  $T_{об}=20*8=160$  ч.;

$F_\delta$ - годовой действительный фонд рабочего времени.

Таблица 3.9 – Расчет амортизации на спецоборудование для научных работ»

№	Наименование оборудования	$\Phi_n$ , руб.	$H_A$ , %	$T_{об}$ , ч.	$F_o$ , ч.	$C_A$ , руб.
1	Компьютер	40000	20	160	1784	717,49
Итого:						717,49

### 3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.7)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (3.8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (3.9)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб. (в качестве месячного оклада дипломника выступает стипендия, которая составляет 9893 руб. и 46000 руб. для профессора, доктора физико-математических наук);

$F_{\text{д}}$  – количество рабочих дней в месяце (среднее количество рабочих дней – 25);

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-ти дневная неделя.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	119	119
- выходные дни	105	105
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	-	-
Количество рабочих дней	199	223
Действительный годовой фонд рабочего времени (час)	1592	1784

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (3.10)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы;

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

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

Данные для расчета: Оклад у научного руководителя – 33162 руб., оклад у инженера 14874р.

1. Действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (руководитель – 199 дн., инженер – 223 дн.).
2. Коэффициент дополнительной заработной платы 15%
3. Районный коэффициент – 30%;

Определяем основную заработную плату для инженера:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{14874 \cdot 11,2}{223} = 747 \text{ руб./ день}$$

$$Z_{\text{осн}} = 747 \cdot 61 = 45569 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата инженера:

$$Z_{\text{дон}} = 0,15 \cdot 45569 = 6835 \text{ руб.}$$

Итого затраты на оплату труда:

$$Z_{\text{общ}} = 45569 + 6835 = 52404 \text{ руб.}$$

Общая сумма заработной платы с учетом районного коэффициента:

$$Z_{\text{общ}} = 52404 \cdot 1,3 = 68125 \text{ руб.}$$

Теперь рассчитаем основную заработную плату научного руководителя:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{33162 \cdot 10,4}{199} = 1733 \text{ руб./ день}$$

$$Z_{\text{осн}} = 1733 \cdot 41 = 71056 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{дон}} = 0,15 \cdot 71056 = 10658 \text{ руб.}$$

Итого затраты на оплату труда:

$$Z_{\text{общ}} = 71056 + 10658 = 81714 \text{ руб.}$$

Общая сумма заработной платы с учетом районного коэффициента:

$$Z_{\text{общ}} = 81714 \cdot 1,3 = 106228 \text{ руб.}$$

Тогда, общая сумма затрат на заработную плату составит:

$$Z_{\text{общ}} = 106228 + 68125 = 174353 \text{ руб.}$$

Расчет затраты на основную заработную плату сведен в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад (руб.)	Среднедневная заработная плата (руб./день)	Основная заработная плата (руб.)	Дополнительная заработная плата (руб.)	Зарботная плата с учетом районного коэффициента (руб.)
1.Руководитель	33162	1733	71056	10658	106228
2. Инженер	14874	747	45569	6835	68125
Итого:					174353

### 3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{общ}}, \quad (3.11)$$

$$C_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 174353 = 526546 \text{ руб.}$$

где  $k_{\text{внеб}}=27,1\%$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.);

### 3.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

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



Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3.12)$$

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

$$C_{\text{накл}} = 0,8 \cdot 174353 = 139482 \text{руб.}$$

### 3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 3.12.

Таблица 3.12 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	2440	пункт 3.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	717,49	пункт 3.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	174353	пункт 3.5.3

4. Отчисления во внебюджетные фонды	47249,6	пункт 3.5.4
5. Накладные расходы	139482	пункт 3.5.5
6. Бюджет затрат НИИ	364242,09	пункт 3.5.6

### 3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 9). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипс.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (3.13)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипс.}i} = \frac{364242,09}{364242,09} = 1,$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{ипс.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (3.14)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 3.13).

Таблица 3.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Производительность	0,3	5
2. Энергосбережение	0,4	5
3. Надежность	0,2	4
4. Материалоемкость	0,1	4
ИТОГО	1	

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 4,7. \quad (3.15)$$

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что научно-техническое исследование будет ресурсоэффективно при первом варианте исполнения проекта, т.е. при высокой производительности и энергоэффективности проекта.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп\ i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}} \text{ и т. д.} \quad (3.16)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл. 3.14) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (3.17)$$

Таблица 3.14 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7
2	Интегральный показатель эффективности	0,21

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

## **Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Оценочная карта сравнения технических решений конкурентов показала, что использование метода обогащения изотопов лития по литию-7 амальгамно-обменным способом является оптимальным для использования в практических целях.

2. В ходе планирования научно-исследовательских работ определён перечень работ, выполняемый рабочей группой. В данном случае рабочая группа состоит из двух человек: руководитель и студент. Согласно составленному плану работ длительность трудовой занятости в рабочих днях сотрудников исследовательского проекта составила 131 день (87 дней – занятость студента, 71 дней – длительность работы руководителя). На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, построенный на основе диаграммы Ганта, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – это оформление пояснительной записки к ВКР. А по суммарному времени – исследование кратеров на поверхности стали при лазерном воздействии.

3. Бюджет научно-технического исследования составил 364242,09 руб. Бюджет НТИ состоит из материальных затрат (2440 рублей), затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ (717,49 рублей), затрат на оплаты труда (174353 рублей), отчислений во внебюджетные фонды 52654,6 рубля) и накладных расходов (139482 рубля).

4. Проведена оценка результатов ресурсоэффективности, которая составила 4,7 из 5, что говорит о хорошей эффективности реализации технического проекта.

5. Капиталовложения в размере 364242,09 рублей позволят реализовать разработанный данный проект.

## **4 Социальная ответственность**

В работе проводится изучение процесса обогащения изотопов лития амальгамно-обменным способом. Результаты проведенных исследований могут применяться для промышленного производства изотопов лития.

Исследования проводились с помощью математической модели, реализованной в виде программы на языке Visual Basic Access в среде Microsoft Office. Исследования проводились в 10 корпусе Томского политехнического университета, при этом использовалась персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ).

В разделе рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на процесс исследования, рассмотрены воздействия исследуемого объекта на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

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

#### **4.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя)**

#### **правовые нормы трудового законодательства**

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации. В этом документе указано, что охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма являются одной из главных забот государства.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

В трудовом кодексе Российской Федерации говорится, что нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, работодатель обязан вести учет времени, отработанного каждым работником [1].

#### 4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как изображено на рисунке 4.1.

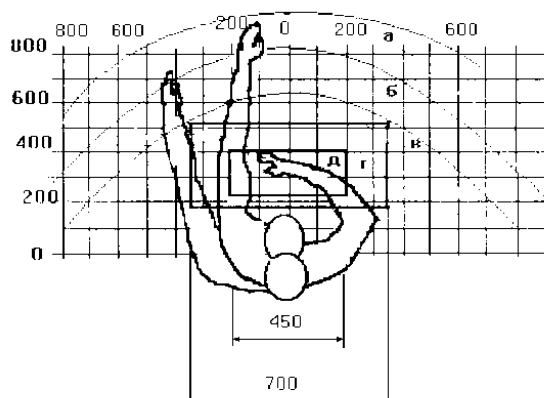


Рисунок 4.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости:

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

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

- дисплей размещается в зоне а (в центре);
- клавиатура - в зоне г/д;
- системный блок размещается в зоне б (слева);
- принтер находится в зоне а (справа);
- литература и документация, необходимая при работе находится в зоне легкой досягаемости ладони - в (слева);
- в выдвижных ящиках стола - литература, не используемая постоянно.



При выборе рабочего места, а именно письменного стола должны быть учтены следующие требования, которые представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Требования к оснащению рабочего места, предусматривающего длительную работу за ПК

Ширина рабочего стола	От 80 до 140 см
Высота рабочего стола	75 см
Глубина рабочего стола	От 60 до 80 см
Расстояние от глаз до монитора	От 50 до 60 см
Расстояние клавиатуры от края стола	От 10 до 30 см
Сидение	Должно позволять регулировку по высоте, повороту и углу наклона спинки (регулировки должны быть независимыми друг от друга)
Пространство для ног	Ширина от 30 см, глубина – от 40 см, с углом наклона до 20 градусов

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. Кроме того, должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране [17].

Также должна предусматриваться возможность регулировки экрана монитора [17]:

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

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является ее размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырехугольную форму с закругленными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

В случае если работа оператора предполагает однообразную умственную работу, которая требует значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, то лучше всего выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки (слабонасыщенные оттенки холодного голубого или зеленого цветов), которые не ослабляют внимание. Если работа требует большой умственной и физической напряженности, тогда следует использовать более теплые оттенки, которые способствуют повышению концентрации внимания [17].

## **4.2 Производственная безопасность**

### **4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов**

Производственные условия на месте выполнения работы характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые по природе возникновения делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Опасные и вредные факторы, которые могут воздействовать на персонал при работе на ПЭВМ, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Повышенный уровень электромагнитного излучения	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
4. Превышение уровня шума	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки
5. Психофизиологические факторы	СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
6. Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

К психологически вредным факторам, воздействующим на персонал, можно отнести:

- нервно - эмоциональные перегрузки;
- умственное напряжение;
- физические перегрузки.

Биологические и химические вредные производственные факторы отсутствуют.

#### **4.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных и опасных факторов**

В соответствии с основными требованиями к помещениям для эксплуатации ПЭВМ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) они должны иметь естественное и искусственное освещение. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup> [17].

#### **4.2.3 Отклонение показателей микроклимата**

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

характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с нормами и приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Теплый	22-24	40	0,1

Отклонение показателей микроклимата от нормы не вызывает повреждений или нарушений состояния здоровья, но может приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования [17].

#### **4.2.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения**

Экран и системные блоки ЭВМ производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна соответствовать таблице 4.4.

Повышенный уровень электромагнитного излучения может негативно влиять на организм человека, а именно приводить к нервным расстройствам, нарушению сна, значительному ухудшению зрительной активности, ослаблению иммунной системы, расстройствам сердечно-сосудистой системы [17].

Таблица 4.4. Допустимые уровни параметров электромагнитного поля

Наименование параметров		Величина допустимого уровня
Напряженность электромагнитного поля	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

#### 4.2.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

По нормативам (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий) освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы: комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники; местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

#### 4.2.6 Превышение уровня шума

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

В таблице 4.5 приведены нормы уровня шума при различных видах работ.

Таблица 4.5. Нормативы уровня шума при различных видах работ

	Максимально допустимый уровень шума (дБ), в полосах следующих октав (Гц)									Эквивалентные уровни шума, дБА
	86	71	61	54	49	45	42	40	38	
Научная работа, расчеты, конструирование	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Офисы, лаборатории	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60

#### **4.2.7 Психофизиологические факторы**

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

Трудовая деятельность работников непромышленной сферы относится к категории работ, связанных с использованием больших объемов информации, с применением компьютеризированных рабочих мест, с частым принятием ответственных решений в условиях дефицита времени, непосредственным контактом с людьми разных типов темперамента и т.д. Это обуславливает высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижает функциональную активность центральной нервной системы, приводит к расстройствам в ее деятельности, развитию утомления, переутомления, стрессу.

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха (СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»).

#### **4.2.8 Поражение электрическим током**

Рабочее помещение по опасности поражения электрическим током можно отнести ко 2 классу, т.е. это помещение без повышенной опасности из-за возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой [18].

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Степень опасного воздействия электрического тока на организм человека зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие.

Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта.

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся произвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может



возникнуть нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Основными мероприятиями по защите от поражения электрическим током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путём использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- использование защитного заземления, защитного зануления, защитного отключения (ГОСТ Р 12.1.019-2017);
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Организационными мероприятиями по электробезопасности являются периодические и внеплановые инструктажи. Периодический инструктаж проводится всему неэлектротехническому персоналу, выполняющему следующие работы: включение и отключение электроприборов, уборка помещений вблизи электрощитов, розеток и выключателей и т. д. Весь неэлектротехнический персонал должен быть аттестован на первую квалификационную группу по электробезопасности. Периодический инструктаж проводится не менее одного раза в год [18].

Внеплановый инструктаж проводится руководителем подразделения при введении в эксплуатацию нового технического электрооборудования.

#### **4.3 Экологическая безопасность**

В работе проводится изучение процесса десублимации  $UF_6$  в вертикальные погружные емкости с вертикальным оребрением методом математического моделирования. При этом используется ПЭВМ.

Влияние эксплуатации оборудования на окружающую среду

минимально. Наибольший вред от них в работе – потребление электроэнергии. ПЭВМ не производит выбросов вредных веществ, не создает излучения, способного нарушить экологическую безопасность природы. Однако его производство и утилизация составляют серьезную проблему. Так, при производстве ПЭВМ и других устройств используются тяжелые, щелочноземельные металлы, ртуть, пластик и стекло, что без должной утилизации по окончании службы попадает в природу и остается в не переработанном виде от века до полутора тысяч лет.

Мероприятия, позволяющие сохранять экологическую безопасность находясь на рабочем месте:

- Правильная утилизация ПЭВМ и других систем, а также их комплектующих;
- Использование энергосберегающих ламп;
- Использование аккумуляторов вместо солевых батареек

Снижение уровня загрязнения окружающей среды возможно за счёт более эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями. Это использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается и соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением, ответственно относиться к утилизации различных устройств, т.к. они могут разлагаться в окружающей среде от десятков до сотен лет.

## **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **4.4.1 Анализ типичной ЧС при проведении исследования**

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка, сложившаяся на определенной территории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

При проведении исследования наиболее вероятной ЧС является пожар. Пожар в рабочем помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнём (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании;
- старение изоляции;
- увлажнение изоляции;
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

#### **4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и порядок действий в случае возникновения ЧС**

Пожарная безопасность помещения должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации [19].

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т. к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Рабочее помещение должно быть оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации представляет собой заранее разработанную схему, на которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации.

Существует порядок действий и правила поведения в случае возникновения пожара:

- 1) Незамедлительно позвонить в аварийную службу или МЧС (112);
- 2) Поставить в известность руководство (дежурного);
- 3) По возможности принять меры для эвакуации людей и меры для тушения пожара [4].

### **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

В данном разделе рассмотрены вопросы социальной ответственности, к которым относятся правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в ЧС.

В первой части раздела рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

В подразделе «Производственная безопасность» проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований, также приведены мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.

В подразделе «Экологическая безопасность» проведен обзор возможного влияния процесса исследования на окружающую среду, также рассмотрены меры по защите окружающей среды.

В заключительной части раздела «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» проведен анализ вероятной чрезвычайной ситуации (ЧС), которая может возникнуть на рабочем месте при проведении исследований, помимо этого приведены мероприятия по предотвращению ЧС и порядок действий при возникновении ЧС.

## **Заключение**

Таким образом, в результате исследований создана математическая модель, которая позволяет достаточно точно определять параметры амальгамно-обменного каскада для обогащения лития по литию-7. В целом по работе можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ физико-химических свойств лития и методов разделения его изотопов. Показано, что наиболее эффективным из рассмотренных методов остается амальгамно-обменный метод.

2. Изучена принципиальная схема установки для обогащения лития по литию-7 амальгамно-обменным способом. Установлено, что получения высокообогащенного изотопа лития-7 процесс следует вести при нестационарном режиме работы каскада.

3. Разработано математическое описание процессов изменения величины потоков и изотопной концентрации обменивающихся фаз по ступеням амальгамно-обменной установки при нестационарном режиме ее работы.

4. Создан алгоритм расчета параметров разделительной амальгамно-обменной установки, позволивший, с использованием языка программирования Visual Basic, разработать компьютерную программу.

5. Произведен расчет и анализ результатов работы амальгамно-обменной установки с учетом наличия или отсутствия внешних потоков. Показано, что оптимальное время работы каскада в безотборном режиме составляет 40 дней. Установлено, что для достижения заданной концентрации 99,5% требуется 110 дней работы каскада в режиме с отбором и питанием, при этом общее время составит 150 дней.

### Список использованных источников

1. Андреев Б.М., Зельвенский Я.Д., Кательников С.Г., Разделение стабильных изотопов физико-химическими методами, Энергоатомиздат, Москва, 1982.
2. Аброськин И.Е., Александров А.Б., Забелин Ю.В., Игнатьев П.П., Неустроев В.Н., Пашенко В.П., Степанов В.И. 2001 Способ и установка обогащения изотопа лития-7 Патент RU 2216391.
3. Кательников С.Г., Мышлецов И.А., Труды МХТИ им. Д.И. Менделеева, Москва, 1989, т. 156, с. 3.
4. Розен А.М., Михайличенко А.И., Журн. физ. химии, 44 (1970) 1737.
5. Бондарева С.В., Экстракция и разделение изотопов щелочных и щелочноземельных металлов в системах с фосфорилсодержащими подандами и цис-изомерами дициклогексано-18-краун-6: Автореф. дис. ... канд. хим. наук, Москва, 1994.
6. Жаворонков Н.М., Князев Д.А., Ивлев А.А., Клинский Г.Д., Успехи химии, 49 (1980) 385.
7. Тихомиров И.А., Орлов А.А., Видяев Д.Г. Разделение изотопов и элементов электрохимическими и обменными методами. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 203 с.
8. Розен А.М. Теория разделения изотопов в колоннах. – М.: Атомиздат, 1960. – 436 с
9. Рыский Г.Я., Пташник В.Б. Кинетика изотопного обмена в системе амальгама лития-водный раствор LiCl // Электрохимия. – 1980. – Т.16. – №1.
10. Князев Д.А., Цивадзе А.Ю., Клинский Д.Г., Левкин А.В., Кинетика изотопного обмена лития в амальгамных системах // Известия ТСХА. – 1988.
11. Kim D.W., Kim B.K., Park S.R., Lee N.S. and Jeon Y.S. // J.Radioanalyt.Nucl.Chem. 1998. Vol. 232, No. 1?2. P. 257?259
12. Бродский А.И. Химия изотопов. М.: издательство АН СССР, 1957, 596 с.

13. Martoyan G.A., Kalugin M.M., Gabrielyan A.V. and Martoyan H.G. Prospects of lithium enrichment on  $^7\text{Li}$  isotope by method of controlled ions electro-migration. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 112 (2016) 012035 doi:10.1088/1757-899X/112/1/012035.
14. Mouri M, Yanase S, T. Oi. Observation of lithium isotope effects accompanying electrochemical insertion of lithium into zinc. J Nucl Sci Technol 2008; 45:384–389.
15. Hoshino T. et al. 2011 Basic Technology for  $^6\text{Li}$  Enrichment Using an Ionic-Liquid Impregnated Organic Membrane, Journal of Nuclear Materials, 417, issues 1-3, 696–699.
16. Кукин П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. Пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин – М.: Высшая школа, 1999. – 318с.
17. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 №181 – ФЗ // Российская газ. – 1999. – 24.07. – С. 4
18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» [Текст]. – Взамен СанПиН 2.2.2.542-96; введ. 2003-06-30. – М: Российская газета, 2003. – 3 с.
19. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 2 с.
20. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02-85; введ. 1998-01-01. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. – 6 с.
21. Кузьмина Е.А., Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений «Методы менеджмента качества» №1 2003 г.
22. Кузьмина Е.А., Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю.» «Методы менеджмента качества» №7 2002 г.



23. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006 г.

24. Карпунин М.Г., Майданчик Б.И. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие. – М.: Энергия, 1980 г.