

**TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY**  **ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа ядерных технологий**  
 Направление подготовки **14.04.02 Ядерные физика и технологии**  
 Отделение **ядерно-топливного цикла**

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Изучение распределения концентраций солей стронция в водных растворах под действием асимметричного электрического поля

УДК 661.84:546.42-38:544.355

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM71	Болгов Степан Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Тимченко С.Н.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер	Ушаков И.А.			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Латышева Е.В.	к.фил.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Дорофеева Л.И.	к.ф.-м.н.		

Томск – 2019 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП 14.04.02**

**«Ядерные физика и технологии»,**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания и детальное понимание научных принципов профессиональной деятельности
P2	Ставить и решать инновационные задачи, связанные с получением и переработкой материалов и изделий ядерного топливного цикла, с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии материалов современной энергетики
P3	Эксплуатировать и совершенствовать действующие, разрабатывать и внедрять новые современные высокотехнологичные процессы и линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, контролировать расходование сырья, материалов, энергетических затрат
P4	Уметь планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования в области изучения свойств и технологии материалов современной энергетики с использованием новейших достижения науки и техники, уметь обрабатывать и критически оценивать полученные данные, делать выводы, формулировать практические рекомендации по их применению; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
P5	Разрабатывать новые технологические схемы, рассчитывать и выбирать оборудование, применять средства автоматизации, анализировать технические задания и проекты с учетом ядерного законодательства
<i>Универсальные компетенции</i>	
P6	Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры; иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем
P9	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области изучения свойств, методов и технологий получения и переработки материалов современной энергетики
P10	Применять иностранный язык в сфере коммуникаций и профессиональной деятельности, представлять результаты научных исследований и разработок в виде отчетов, публикаций, публичных обсуждений
P11	Уметь эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, руководить командой, быть способным оценивать, принимать организационно-управленческие решения и нести за них ответственность; следовать корпоративной культуре организации, кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности
P12	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа *Инженерная школа ядерных технологий*  
 Направление подготовки *14.04.02 Ядерные физика и технологии*  
 Отделение *ядерно-топливного цикла*

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)     (Дата)     (Ф.И.О.)

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

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
0AM71	Болгов Степан Юрьевич

Тема работы:

Изучение распределения концентраций солей стронция в водных растворах под действием асимметричного электрического поля	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14 июня, 2019 г
------------------------------------------	-----------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объектом исследования является явление селективного электро-индуцированного раствора под действие асимметричного поля.</li> <li>2. Исходное сырье: 6-ти водный хлорид стронция.</li> <li>3. Необходимо поддерживать следующие параметры электроустановки:  <math>U=1000, В</math>;  <math>F= 30 - 180, Гц</math>;            Вид сигнала – асимметричный.         </li> </ol>
---------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Введение 1 Способы получения радиоактивного стронция 2 Методика проведения анализа 3 Экспериментальная часть. Исследование распределения ионов Sr под действием асимметричного электрического поля 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность Заключение
-------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Перечень графического материала</b>	1. Схема разработанной ячейки на неподвижном растворе; 2. Схема проточной ячейки на подвижном растворе; 3. Календарный план–график проведения ВКР.
----------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Латышева Е.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.

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

1.2.4 Электроиндуцированный дрейф

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Тимченко С.Н.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM71	Болгов Степан Юрьевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0AM71	Болгов Степан Юрьевич

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	14.04.02 Ядерные физика и технологии/ Изотопные технологии и материалы

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i>	1. Норматив заработной платы; 2. Стоимость расходных материалов.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов.</i>	1. Коэффициенты для расчета заработной платы.

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

<i>1. Планирование и формирование бюджета научных исследований.</i>	1. Структура работ в рамках научного исследования; 2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования; 3. Бюджет научно-технического исследования.
<i>2. Разработка календарного план-графика выполнения ВКР.</i>	1. Определение показателя технической готовности темы, длительности этапов, коэффициента календарности и продолжительности работ; 2. Построение календарного план графика проведения ВКР.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.</i>	1. Определение коэффициента социально-научного эффекта НИР 2. Определение коэффициента научно-технического эффекта дипломной работы 3. Оценка ресурсной эффективности НИР

**Перечень графического материала**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Календарный план–график проведения ВКР;</li> <li>2. Оценка конкурентоспособности технических решений;</li> <li>3. Матрица SWOT;</li> <li>4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ;</li> <li>5. Потенциальные риски.</li> </ol>	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

**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>
Доцент	Латышева Е.В.	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0AM71	Болгов Степан Юрьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0AM71	Болгов Степан Юрьевич

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОЯТЦ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	14.04.02 Ядерные физика и технологии/ Изотопные технологии и материалы

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	– вредных проявлений факторов производ-ственной среды (микроклимат, освещение, шумы, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производ-ственной среды (взрывной, электрической и пожарной природы).
2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме	– требования охраны труда при работе на ПЭВМ, с пламенным фотометром; – электробезопасность; – пожаровзрывоопасность; – работа с газовыми баллонами.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью; – средства индивидуальные защиты.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:	– электробезопасность (мероприятия по электробезопасности, в том числе СИЗ); – пожаровзрывобезопасность (причины, профи-лактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
-------------------------------------------------------------	--

**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>
0AM71	Болгов Степан Юрьевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 93 страницы, 18 рисунков, 20 таблицы, 30 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: стронций, асимметричный сигнал, аквакомплекс, сольватированный (гидратированный) ион, ячейка, относительная концентрация, селективный электро-индуцированный дрейф.

Объектом исследования является 6-ти водный раствор хлорида стронция.  
Процесс получения обогащенного стронция

Цель работы – определение возможности применения метода селективного электро-индуцированного дрейфа для выделения солей Sr водных растворов.

В процессе исследования проводилась разработка разделительной ячейки, проводились эксперименты по концентрированию стронция в зонах ячеек, а также показано влияние движение раствора на эффект разделения и проанализированы полученные коэффициенты разделения.

В результате исследований были сделаны выводы и даны рекомендации по оптимизации разделительных ячеек

Область применения: проведение исследований по селективному дрейфу в лаборатории ИЯТШ, а также возможно применить данную разработку для выделения химических элементов из РАО.

Также были рассмотрены основные опасные и вредные факторы, проработаны мероприятия по охране труда, окружающей среды, противопожарной и электробезопасности, рассчитаны основные технико-экономические показатели.

В будущем планируется оптимизировать разделительную проточную ячейку, построить каскад, с целью увеличения коэффициента разделения

## **Обозначения и сокращения**

ОТ – охрана труда;

РФП – радиофармпрепараты;

РАО – радиоактивные отходы;

СИЗОД – средства индивидуальной защиты органов дыхания;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ТБФ – трибутилфосфат;

НДС – налог на добавленную стоимость;

НТУ – научно-технический эффект;

$\text{SrCl}_2$  – хлорид стронция



## Содержание

Введение .....	11
1. Способы получения стронция.....	14
1.1 Облучение рубидия позитронами .....	14
1.2 Облучения U и Pu в ядерном реакторе.....	16
1.3 Облучения природного стронция .....	17
1.4 Методы выделения стронция .....	18
1.4.1 Экстракционный метод выделения .....	18
1.4.2 Выделение $^{82}\text{Sr}$ – сырья для получения радиофармакологических препаратов.....	20
1.4.3 Электродиализ .....	22
1.4.4 Электро-индуцированный дрейф .....	24
2 Методика анализа и обработка данных .....	27
2.1 Пламенный фотометр.....	27
2.2 Спектрометр .....	28
2.3 Обработка результатов.....	30
3 Распределение ионов стронция под действием асимметричного электрического поля.....	32
3.1 Исследования распределения концентраций ионов стронция в неподвижном растворе .....	32
3.2 Изучение распределения концентраций ионов стронция в подвижном растворе .....	37
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	42
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	42
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	43
4.3 SWOT-анализ .....	44
4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	45
4.5 Инициация проекта.....	47
4.5.1 Организационная структура проекта .....	48
4.6 Определение трудоемкости выполнения работ.....	49

4.7	Разработка графика проведения научного исследования .....	50
4.8	Организация труда и заработной платы.....	52
4.9	Расчет численности рабочих, служащих, ИТР и МОП .....	54
4.10	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	55
4.11	Контрагентные расходы.....	56
4.12	Накладные расходы .....	56
4.13	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	58
4.14	Расчет научно-технического эффекта .....	59
5	Социальная ответственность.....	61
5.1	Ответственность за нарушение законодательства по охране труда.....	62
5.2	Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	63
5.3	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияние при работе на ПЭВМ и установке .....	65
5.3.1	Организационные мероприятия .....	65
5.3.2	Технические мероприятия .....	65
5.3.3	Условия безопасности работы.....	67
5.4	Электробезопасность.....	69
5.5	Пожарная и взрывная безопасность .....	71
5.5.1	Пожарная безопасность .....	72
5.5.2	Пожаровзрывобезопасность при работе с газовыми баллонами.....	73
	Заключение.....	76
	Список литературы.....	77
	Приложение А.....	80
	Приложение Б .....	81
	Приложение В.....	82

## Введение

Россия — один из крупнейших в мире производителей и поставщиков изотопов. Мировые тенденции показывают, что рынок изотопной продукции ежегодно увеличивается. В 2017 году показатели «Выручка (без НДС)» и «Себестоимость» выросли на 42,3% и 51,4% соответственно, что вызвано ростом объемов реализации продукции по направлениям внешнеэкономической деятельности, изотопной продукции медицинского и общепромышленного назначения [1].

Одним из основных потребителей изотопно-модифицированной продукции является ядерная медицина, где изотопы применяются для производства радиофармпрепаратов (РФП), диагностики различных видов заболеваний, лечения и исследования онкологии. В основу РФП входят следующие изотопы:

- молибдена-99;
- йода-131;
- самария-153;
- углерода-14;
- технеция-99m.

В современной ядерной медицине более 80% диагностических процедур проводится с использованием  $^{99m}\text{Tc}$  – дочернего изотопа  $^{99}\text{Mo}$ . Радиофармпрепараты на основе пертехнетата натрия с  $^{99m}\text{Tc}$  используются для сцинтиграфии головного мозга, щитовидной и слюнных желез, радионуклидной ангиокардиографии и вентрикулографии, а также для осмотра печени, легких, костей, почек [2]. Также все больше растет интерес к препаратам на основе Sr и Y.

В настоящее время одним из самых эффективных и современных терапевтических радиоизотопов является  $^{89}\text{Sr}$ . Он применяется в онкологии для обезболивания. Благодаря  $^{89}\text{Sr}$  появляется возможность отказаться от использования наркотических веществ. Препараты на основе  $^{89}\text{Sr}$ , вводятся в организм, там он сорбируется и распространяется по костным метастазам,

обеспечивая при этом обезболивающий эффект на длительное время, в результате чего нет необходимости в постоянном введении наркотиков и больной избавляется от эффекта привыкания [3]

Получение стронция происходит путем облучения U и Pu в ядерном реакторе. Известен еще один способ получения изотопа  $^{89}\text{Sr}$ , суть метода заключается в облучении природного стронция нейтронами. Данный способ осуществляется за счет облучения мишени из металлического стронция в нейтронном потоке ядерного реактора с тепловым спектром нейтронов. В результате реакции радиационного захвата на одном из изотопов стронция  $^{88}\text{Sr}(n,\gamma) ^{89}\text{Sr}$  в мишени образуется целевой радиоизотоп  $^{89}\text{Sr}$ . Достоинство данного способа заключается в том, что его проведение возможно осуществить в исследовательском ядерном реакторе. Но производительность данного способа ограничивается тем, что сечение  $(n,\gamma)$  реакции составляет всего  $6 \cdot 10^{-27} \text{ см}^2$  [3].

$^{90}\text{Y}$  востребованный в ядерной медицине радиоизотоп. Он играет важную роль в лечении печеночно-клеточного рака, а также других видов рака, и является продуктом  $\beta$  распада  $^{90}\text{Sr}$ .  $^{90}\text{Y}$  получается генераторным способом. Генераторами радиоактивных изотопов называют системы, состоящие из двух родственных изотопов, где из долгоживущего материнского радиоизотопа образуется дочерний с меньшим периодом полураспада. В таких генераторах  $^{90}\text{Y}$  получается путем радиоактивного распада материнского изотопа  $^{90}\text{Sr}$ .

Генератор радиоизотопов обычно представляет собой помещенную в специальный защитный контейнер колонку, заполненную материалом, на котором фиксирован материнский изотоп. Его можно доставлять к месту назначения без существенных потерь активности и там многократно, по мере надобности, с помощью несложных химических процедур выделять и использовать соответствующий целевой короткоживущий изотоп [4].

Выделения стронция из облученной мишени осуществляется за счет применения метода экстракции. Стронций экстрагируют из растворов иодидов, перхлоратов или роданидов трибутилфосфатом (ТБФ) [5]. Однако в данном методе существует ряд недостатков:

- повышенное количество РАО;
- длительность процесса;
- трудоемкость.

Таким образом на сегодняшний день актуальной задачей является разработка новых методов выделения Sr из облученной мишени или раствора. В качестве такого метода может быть применен метод селективного электро-индуцированного дрейфа, который разрабатывается в ОЯТЦ ИЯТШ.

Главным достоинством этого метода является то, что в нем не используются реагенты и требует небольших затрат энергии, поэтому целью данной работы является определение возможности применения метода селективного электро-индуцированного дрейфа для выделения солей Sr водных растворов.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать разделительную ячейку для изучения получения эффекта селективного электро-индуцированного дрейфа на неподвижном растворе;
- провести серию экспериментов на неподвижном растворе, определение частоты на которой возникает эффект селективного переноса ионов стронция;
- провести серию экспериментов с подвижным раствором. Определить влияние наличия движения на эффект разделения;
- определить коэффициенты разделения ионов стронция на подвижном и неподвижном растворе.

## 1. Способы получения стронция

В настоящее время в мире известно 3 основных метода получения радиоактивного стронция. К данным методам относят следующие:

- облучение рубидия позитронами;
- облучения U и Pu в ядерном реакторе;
- облучения природного стронция.

### 1.1 Облучение рубидия позитронами

В настоящее время метод позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) считается одним из самых перспективных и динамично развивающихся диагностических направлений ядерной медицины. В данном методе используют радионуклиды, излучающие позитроны. Для того, чтобы получить  $^{82}\text{Sr}$  нужно облучить мишень, которая содержит металлический рубидий, в потоке ускоренных заряженных частиц, плавление облученного рубидия внутри оболочки мишени и извлечение образовавшегося  $^{82}\text{Sr}$  из жидкого рубидия сорбцией на поверхностях изделий из материалов, сорбирующих  $^{82}\text{Sr}$  и не взаимодействующих с расплавленным рубидием. Оптимальная для сорбции температура расплавленного рубидия отличается от оптимальной для сорбции температуры сорбирующего изделия.

Недостатки известного способа:

- необходимость поддерживать оптимальный температурный режим сорбции, при котором температура расплавленного рубидия отличается от температуры сорбента;
- не предусмотрена дальнейшая очистка  $^{82}\text{Sr}$  от активных и неактивных примесей;
- не предусмотрено выполнение опасной операции по утилизации облученного рубидия.

Также известен метод радиоизотопных генераторов, с помощью которого возможно преодолеть указанные трудности. Данный метод в популярен в развитых странах, в частности, широкое развитие получила ПЭТ технология,

основанная на применении изотопного генератора на основе  $^{82}\text{Sr}$ , который является материнским ядром (генератором)  $\beta^+$ -излучателя  $^{82}\text{Rb}$ .

Указанная радионуклидная пара имеет следующие ядерно-физические характеристики:

$^{82}\text{Sr}$ :  $T_{1/2}=25.55$  дн;  $\varepsilon^+(100\%)$ ; нет сопутствующих  $\gamma$ -квантов.

$^{82}\text{Rb}$ :  $T_{1/2}=1.27$  мин;  $\beta^+(95\%)$ ,  $\varepsilon^+(5\%)$ ,  $\gamma$ -кванты: аннигиляция  $E_\gamma=511$  кэВ и  $E_\gamma=776$  кэВ.

Свойства данной радионуклидной пары обеспечивают уникальные возможности для применения в диагностике ПЭТ методом. Заряженный  $^{82}\text{Sr}$  генератор, без проблем можно доставить в любую из клиник планеты и использовать в работе примерно около двух месяцев. При этом необходимость в наличии циклотрона естественным образом отпадает.

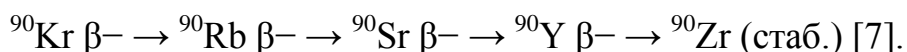
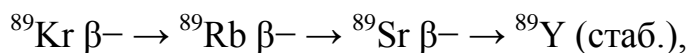
Известен способ получения  $^{82}\text{Sr}$  в реакции облучения молибдена протонами с энергией 800 МэВ: Мишени из металлического молибдена в виде тонких фольг облучают на пучке протонов энергией 800 МэВ и током до 500 мкА. В реакции глубокого отщепления образуется  $^{82}\text{Sr}$ , другие изотопы стронция и множество других радионуклидов с  $Z \leq 42$ . После десятидневной выдержки мишени растворяют в смеси азотной и фосфорной кислот и перекиси водорода. После чего в результате многоступенчатого химического выделения получают изотопы стронция, в том числе и  $^{82}\text{Sr}$ .

Этот способ имеет следующие недостатки:

- большое количество примесей других радионуклидов с  $Z \leq 42$  образуется в мишени, что оказывает влияние на чистоту выделения целевого продукта;
- проведения многоступенчатого радиохимического процесса обработки мишени (мокрая радиохимия) и утилизацией большого количества радиоактивных отходов, сопутствующих "мокрой радиохимии" (сложность и трудоемкость процесса);
- при облучении молибдена в получаемых источниках содержится основная мешающая примесь  $^{85}\text{Sr}$ , активность которой сопоставима с активностью целевого продукта  $^{82}\text{Sr}$  [6].

## 1.2 Облучения U и Pu в ядерном реакторе

Наибольший практический интерес представляют  $^{89}\text{Sr}$  ( $T_{1/2} = 50.5$  сут.) и  $^{90}\text{Sr}$  ( $T_{1/2} = 29.1$  лет), которые характеризуются большим выходом в реакциях деления урана и плутония. При делении урана и плутония  $^{89}\text{Sr}$  и  $^{90}\text{Sr}$  образуются в цепочках превращений:



Основная суть работы данного способа заключается в облучении U нейтронами в ядерном реакторе, далее происходит удаление целевого радиоизотопа из мишени. Мишень делают с толщиной делящегося слоя, обеспечивая возможность выхода с ее поверхности осколков деления за счет энергии ядер отдачи. За счет потока инертного газа из зоны выхода удаляются осколки деления. Затем он подается в зону фильтрации для того, чтобы отделить аэрозольные частицы. Далее поток направляется в объем, где предварительно выдерживается осколочный газообразный  $^{89}\text{Kr}$ , являющийся предшественником  $^{89}\text{Sr}$  в цепочке распада. После поток необходимо отделить от сопутствующих радиоизотопов за счет их более быстрого естественного распада.

По сравнению с традиционным вариантом накопления  $^{89}\text{Sr}$  (n,y)-реакции на ядрах  $^{88}\text{Sr}$ , данный способ имеет следующие преимущества:

- возможность получения  $^{89}\text{Sr}$  квалификации "без добавления носителя";
- низкий выход реакции образования примесей радионуклидов  $^{85}\text{Sr}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , использование в качестве стартового материала доступного и дешевого оксида иттрия природного изотопного состава;
- безопасность облучения массивных мишеней и оксида иттрия в реакторе.

Основной недостаток данного способ - низкий выход радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  [8].



### 1.3 Облучения природного стронция

В настоящее время к одним из наиболее популярных способов получения радиоизотопа  $^{89}\text{Sr}$  относится реакторный способ облучения природного стронция.

В представленном способе мишень из металлического стронция облучается в нейтронном потоке ядерного реактора с тепловым спектром нейтронов. Природный стронций имеет следующий изотопный состав:  $^{84}\text{Sr}$  - 0.56%,  $^{86}\text{Sr}$  - 9.9%,  $^{87}\text{Sr}$  - 7.0%,  $^{88}\text{Sr}$  - 82.6%. В итоге реакции радиационного захвата на изотопе стронция  $^{88}\text{Sr}(n, \gamma)^{89}\text{Sr}$  в мишени образуется целевой радиоизотоп  $^{89}\text{Sr}$ . Главным преимуществом данного способа является то, что его возможно реализовывать в обычном исследовательском ядерном реакторе. Но, сечение  $(n, \gamma)$  реакции составляет всего  $6 \cdot 10^{-27} \text{ см}^2$ , что значительно ограничивает производительность данного способа. При облучении применяют высокообогащенную мишень, в которой содержание  $^{88}\text{Sr} > 99.9\%$ . Использование обогащенного стронция связано с потребностью угнетения образования стронция-85 по реакции  $^{84}\text{Sr}(n, \gamma)^{85}\text{Sr}$ , который в данном случае является нежелательной примесью, и стремлением увеличить наработку  $^{89}\text{Sr}$ .

## 1.4 Методы выделения стронция

### 1.4.1 Экстракционный метод выделения

Экстракцией называют распределение вещества между двумя несмешивающимися растворителями.

Суть метода экстракции заключается в следующем:

При соблюдении определенных условий некоторые химические элементы в виде солей или других соединений могут в больших количествах переходить из водного раствора в несмешивающийся с ним органический растворитель, отделяясь при этом от других элементов.

Метод экстракции можно назвать одним из самых перспективных методов разделения и концентрирования. Применение данного метода для разделения и очистки веществ стало одним из основных методов в органической химии. Экстракцию принято считать относительно молодым методом, так как длительное время она пользовалась малой заинтересованностью. Это в значительной мере оправданно, если принять во внимание тот факт, что наиболее мощный толчок в развитие метод экстракции получил только в середине нынешнего столетия, что связано с работами в области ядерной технологии.

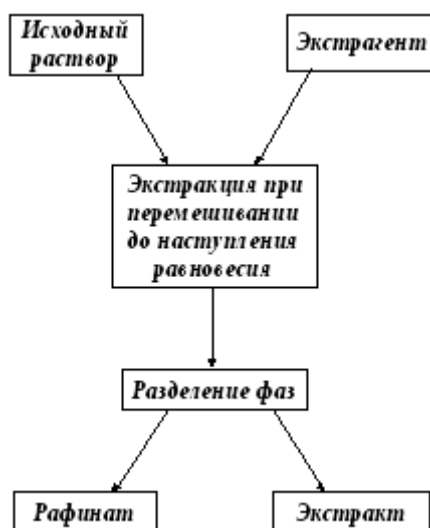


Рисунок 1 – Схема проведения экстракции

Для того чтобы осуществить процесс экстракции необходимо использовать экстрагенты. Экстрагент – это органическое вещество, которое

образует с извлекаемым металлом соединение, способное растворяться в органической фазе. В качестве экстрагентов служат органические кислоты, спирты, эфиры, кетоны, амины и др. Он должен обладать относительно мощной экстракционной способностью и селективностью по отношению к металлу, который хотят извлечь, малой растворимостью в воде, водных растворах кислот и щелочей. Главными условиями являются легкость регенерации экстрагента с возвращением его в цикл экстракции и устойчивость его в водных растворах. При работе с радиоактивными веществами экстрагент не должен претерпевать радиолитических превращений или они должны быть минимальными.

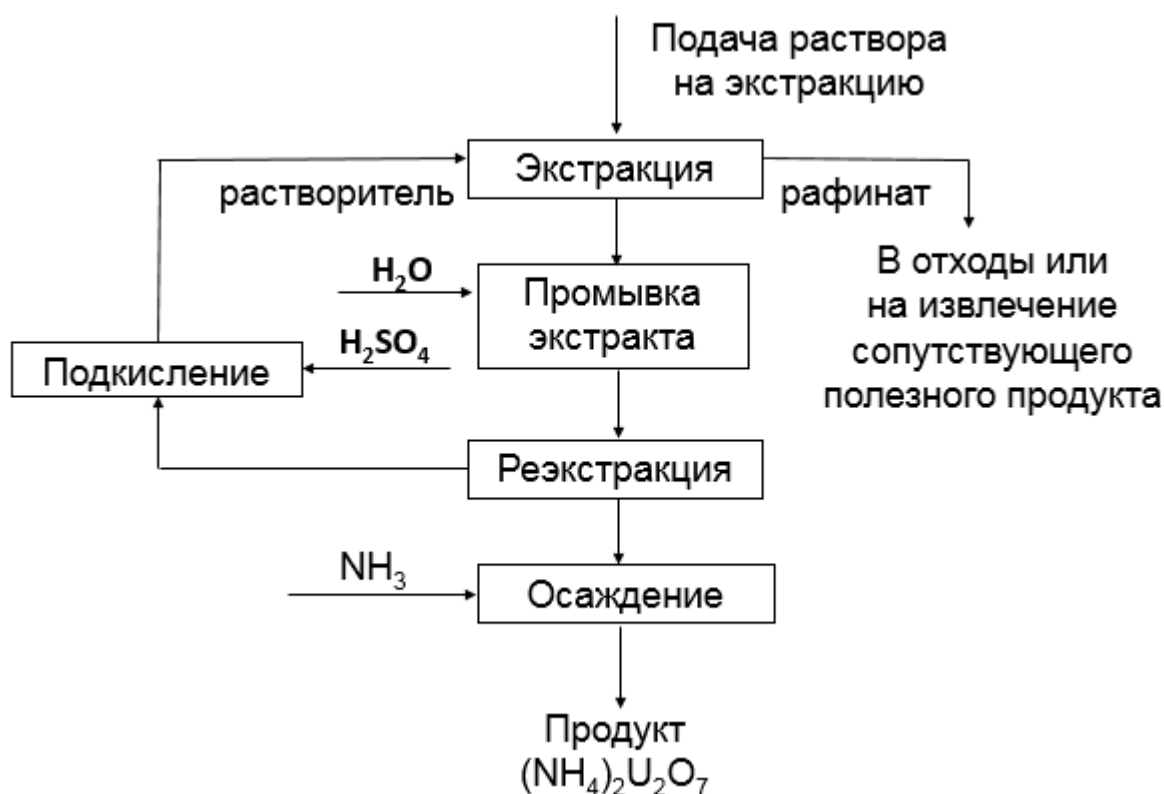


Рисунок 2 – пример по очистке уранового раствора методом экстракции

Стронций можно выделить из облученной мишени, в результате использования экстракционных методов. Его можно проэкстрагировать из растворов перхлоратов, иодидов или роданидов трибутилфосфатом (ТБФ).

Трибутилфосфат ( $C_4H_9O)_3PO$ ) является нейтральным экстрагентом. Он относится к богатейшему классу фосфорорганических соединений, многие из которых проявляют и кислотные свойства [9].

Экстракция иодида стронция трибутилфосфатом проходит в широком интервале кислотности — от 0,5 N HCl до pH 8. Степень экстракции стронция из 4 M NaI равна 74, Ca 86, Ba 65%:

Роданид стронция экстрагируется трибутилфосфатом из кислых растворов при концентрации роданида 2 M.

Таблица 1

Вещества, позволяющие выделить стронций

Реагент	Органический растворитель	Экстрагируемое соединение	Назначение
Перхлораты (2M, NaClO <sub>4</sub> , pH 1-4)	Трибутилфосфат (ТБФ)	(SrClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Отделение группы щелочноземельных элементов
Иодиды (0,5M, HCl, pH 8-9)	Трибутилфосфат (ТБФ)	SrI <sub>2</sub>	Отделение группы щелочноземельных элементов
Роданиды (2.4M, NaSCN, 0,1M, HCl)	Трибутилфосфат (ТБФ)	Sr(SCN) <sub>2</sub>	Отделение стронция от кальция

Недостатки данного метода:

- появление дополнительных отходов;
- подборка нужного экстрагента.

#### 1.4.2 Выделение <sup>82</sup>Sr – сырья для получения радиофармакологических препаратов

Метод выделения <sup>82</sup>Sr из металлического рубидия включает в себя:

- растворение облученного рубидия в спирте;
- перевод смеси в хлорид;
- отгонка спирта;
- разделение стронция и рубидия на катионообменной смоле.

Для того чтобы выделить <sup>82</sup>Sr из рубидия необходимо:

- обработать облученную мишень из металлического рубидия закисью азота;

- растворить образовавшиеся соли в 3 – 4 М азотной кислоты;
- разделение стронция и рубидия на колонке со стронций-специфическим сорбентом Sr, на основе 18-краун-6 эфир нанесенного на твердый носитель полиакрилатной структуры.

Мишень из нержавеющей стали, содержащую до 50 г облученного на протонном ускорителе металлического рубидия, помещают в изолирующую камеру с инертной атмосферой (аргон). С помощью электропечи, мишень разогревают до температуры от 50 – 80°C, при этом рубидий переходит в расплавленное состояние. С помощью вакуума расплавленный рубидий для его утилизации передают в реактор из нержавеющей стали, нагретый до 50–60°C, который также находится в изолирующей камере. В реактор подают закись азота порциями, поддерживая температуру в реакторе не выше 100°C до тех пор, пока не будет наблюдаться рост температуры в реакторе после подачи свежей порции закиси азота. После того как реактор охладится до комнатной температуры, в него подают 500 мл 3–4 М азотной кислоты для растворения образовавшихся солей. Полученный раствор подают на колонку со смолой Sr Resin. Объем колонки 50 см<sup>3</sup>, скорость подачи раствора 40–60 мл/ч, размер частиц сорбента 50–100 мкм. Колонку промывают 500 мл 3–4 М раствора азотной кислоты. Скорость подачи раствора 60–70 мл/ч. Затем <sup>82</sup>Sr десорбируют 500 мл 0,05–0,2 М раствором азотной кислоты.

Для очистки полученного раствора от возможной примеси краун-эфира, его подают на колонку, с катионообменной смолой, при этом <sup>82</sup>Sr также сорбируется на колонке.

Раствор <sup>82</sup>Sr упаривают досуха и сухой остаток растворяют в требуемом объеме азотной или соляной кислоты необходимой концентрации.

Раствор рубидия после извлечения из него – <sup>82</sup>Sr удаляют в спецканализацию.

Недостатки данного метода:

- процесс является трудоемким, опасным и длительным при переработке крупных мишеней;
- возможно воспламенение рубидия, спирта и водорода;

- отсутствие дальнейшей очистки целевого продукта от активных и неактивных примесных катионов;
- увеличение отходов [10].

### 1.4.3 Электродиализ

Электродиализ – это процесс, в котором используется постоянное электрическое поле, создаваемое электродами. В процессе электродиализа под действием поля возникает упорядоченное движение ионов, образованных при распаде веществ, растворенных в растворе, через мембрану, при этом посредством изменения силы тока можно влиять на скорость переноса ионов. Особенностью данного процесса является возможность движения частиц против градиента концентрации.

На ранних стадиях исследований процесса электродиализа эксперименты проводились в ячейках, преимущественно состоящих из трех камер, разделенных неселективными мембранами. При такой схеме в средней камере происходило обессоливание водных растворов солей. Но при этом раствор насыщался  $H^+$ -ионами и обретал кислые свойства, что приносило неудобства и являлось большим недостатком. Но кроме этого, применение неселективных мембран сильно понижает выход по току.

Для решения данной проблемы в качестве перегородок используют селективные ионообменные мембраны, которые пропускают сквозь себя только ионы определенного знака. Катионитовые мембраны состоят из ионогенных групп с отрицательным зарядом, а анионитовые, наоборот, из ионогенных групп с положительным зарядом. Таким образом, мембраны способствуют протеканию ионов определенного знака и задержке противоположно-заряженных ионов.

Современные ячейки электродиализаторов состоят из определенного количества секций, разделенных перегородками из селективных мембран (Рисунок 3). Число камер, помещаемых между электродами в многокамерной ячейке ограничено только требуемыми характеристиками. При наложении поля

ионы начинают движение к соответствующим электродам и, благодаря селективности мембран, задерживаются в определенных ячейках. Таким образом, в многокамерной ячейке образуются три зоны с различной концентрацией ионов.

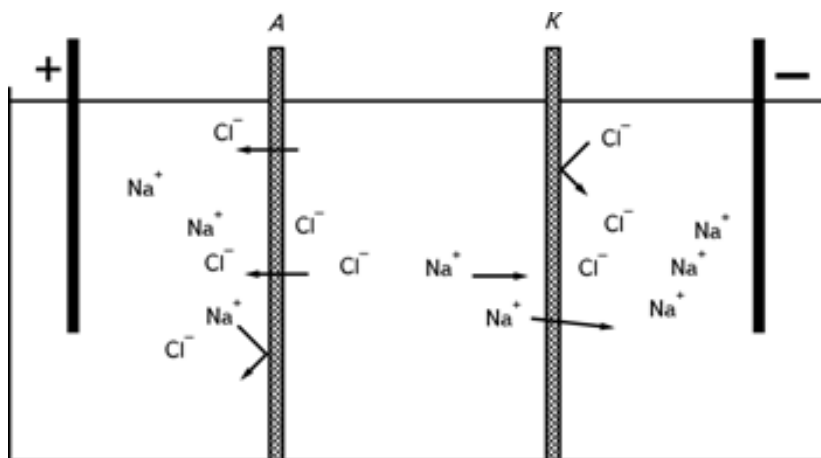


Рисунок 3 – Схема процесса электродиализа. К – катионообменная мембрана, А – анионообменная мембрана.

Эффективность процесса электродиализа с селективными мембранами напрямую зависит от качества материала, из которого изготавливают мембраны. При этом материал электродов также играет большую роль, так как существует проблема загрязнения растворов веществами, образованными в результате коррозии металлов, из которых изготовлены электроды. Поэтому электроды таких установок изготавливают из особо чистого графита или платины.

На процесс также влияют и сами диафрагмы, которые с течением времени накапливают большое количество загрязнений, ввиду чего в тех или иных областях возле мембран образуются зоны с различными значениями рН раствора. Задержка на мембранах большого количества примесей и загрязнений ведет к снижению выхода по току и повышению сопротивления мембран. Для борьбы с этим явлением используют смену направлений потоков рабочих растворов и полярности электродов. Таким образом, еще одним условием успешного применения установки является стойкость электродов и мембран к различным видам активности продуктов раствора.

Электродиализ в промышленных масштабах применяется для опреснения морской воды с целью получения питьевой воды и очистки и обессоливания воды с высоким содержанием растворенных солей [10].

#### 1.4.4 Электро-индуцированный дрейф

Электро-индуцированный дрейф – это метод выделения химических элементов из раствора, в результате наложения электрического сигнала определенной частоты. Отличительной особенностью данного метода, является изоляция раствора от электродов, что может быть полезным при работе с агрессивными средами.

Эффект обусловлен возбуждением вращательно поступательного движения надмолекулярных образований (кластеров), которые формируются из полярных молекул воды вокруг центральных ионов растворенной соли.

Структурированный раствор соли представляет собой некий гидратированный аквакомплекс, в котором происходит взаимодействие катионов (анионов) с молекулами воды. Аквакомплекс представляется же вид химических соединений, содержащих в качестве лигандов несколько молекул воды.

У молекулы воды центр положительных зарядов и центр отрицательных зарядов разнесены в пространстве. При этом из-за электроотрицательности расстояние между ними уменьшается. Катион в водном растворе гидратирован и в отсутствии внешнего электрического поля электрически-нейтрален. При отсутствии поля (см. рисунок 4а), центр положительных зарядов катиона и молекул воды будет совпадать с центром отрицательных зарядов катиона и молекул воды. В этом случае гидратированный катион не является диполем. В то время как при наложении электрического поля из-за индуцированной электронной поляризации катиона происходит смещение положительного центра и отрицательного. По этой причине происходит пространственное разделение центров положительного и отрицательного зарядов (см. рисунок 4б) [11].



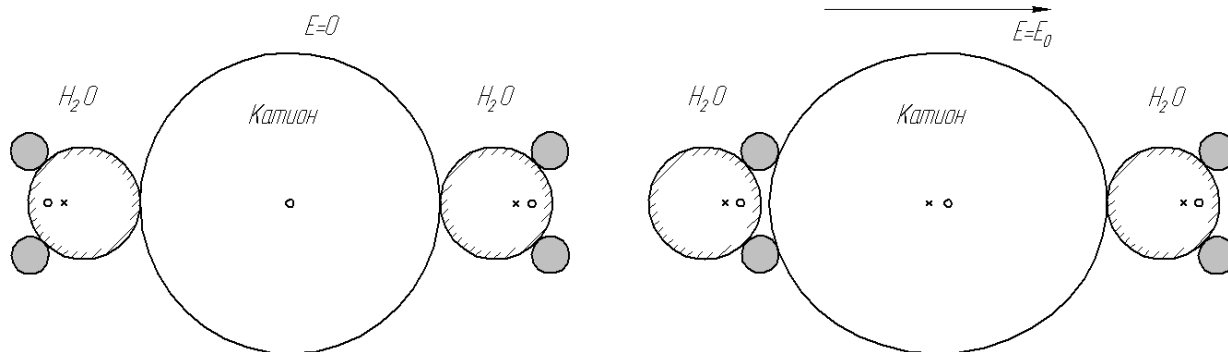


Рисунок 4 – Гидратированный катион: (а) - без поля (б) - в поле

На невозбужденный аквакомплекс, подают асимметричный сигнал, с определенным напряжением и частотой.

Напряжения, подаваемого на изолированные от раствора электроды, от времени имеет вид:

$$U(t) = \begin{cases} U_0 \cdot \sin(\Omega \cdot t + \psi_0), & 2 \cdot \pi \cdot n \leq t < \pi \cdot (2 \cdot n + 1) \\ 0, & \pi \cdot (2 \cdot n + 1) \leq t < 2 \cdot \pi \cdot (n + 1) \end{cases}$$

$U_0$  – амплитуда внешнего электрического поля, подаваемого на изолированные электроды;

$\Omega$  – циклическая частота внешнего электрического поля (Гц);

$t$  – время (с).

Сигнал образует вокруг аквакомплекса электрическое поле, напряженность которого описывается графиком (рисунок 5).

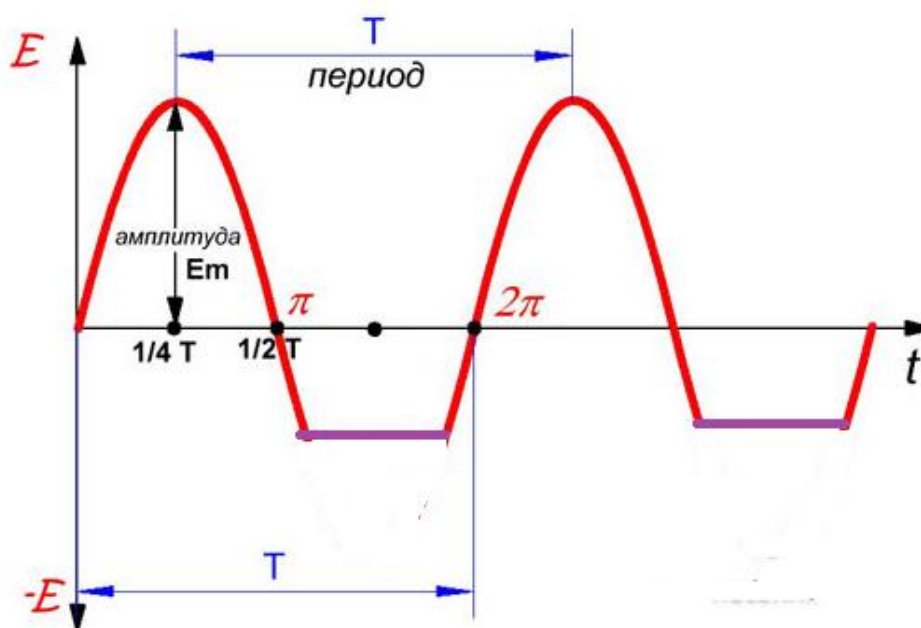


Рисунок 5 – График напряженности асимметричного электрического поля

Напряженность и потенциал, действующие на раствор, описываются следующими уравнениями:

$$E(r, t) = \left\{ \frac{U(t)}{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} + \ln \frac{R_3}{R_2} + \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_3} \cdot \ln \frac{R_4}{R_3}} \cdot \frac{1}{r}, \quad R_2 \leq r < R_3 \right.$$

$$\left. \varphi(r, t) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{U(t) \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon_1} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} \cdot \ln \frac{r}{R_2} \right)}{\frac{1}{\varepsilon_1} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} \cdot \ln \frac{R_3}{R_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} \cdot \ln \frac{R_4}{R_3}}, \quad R_2 \leq r < R_3 \end{array} \right. \right.$$

$U(t)$  – зависимость внешнего электрического поля, подаваемого на изолированные электроды;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  – диэлектрические постоянные;

$t$  – время (с).

Движение диполя (представляющего собой гидратированный катион) является поступательным за счет его колебаний вдоль собственной оси. В процессе отделения молекулы воды от катиона, начинает происходить дрейф катиона к катоду. При этом возле катода происходит повышение концентрации катионов металла.

## **2 Методика анализа и обработка данных**

Для анализа проб использовались два прибора: пламенный фотометр и спектрометр.

### **2.1 Пламенный фотометр**

Прибор, с помощью которого можно измерить концентрации химических элементов в растворах, называют пламенным фотометром. Измерения происходят за счет фотометрических измерений пламени, в которое вводится анализируемый раствор в распыленном виде.

Фотометр применяется и для измерения концентрации следующих элементов: лития, рубидия, цезия, натрия, кальция, калия, стронция, бария, бора, хрома магния. Он также может работать в ручном и в автоматическом режиме, т.е. с автоматической подачей проб для исследования с их предварительной подготовкой.

Пламенный фотометр состоит из оптико-электронного блока и компрессора, которые соединены между собой электрическим шнуром и шлангом для подачи воздуха.

#### **Принцип действия**

Эмиссионный метод фотометрии лежит в основе работы пламени фотометра. Раствор исследуемого элемента в виде аэрозоля вводят в пламя. Под действием тепловой энергии пламени возникает спектр излучения, характерный для данного элемента.

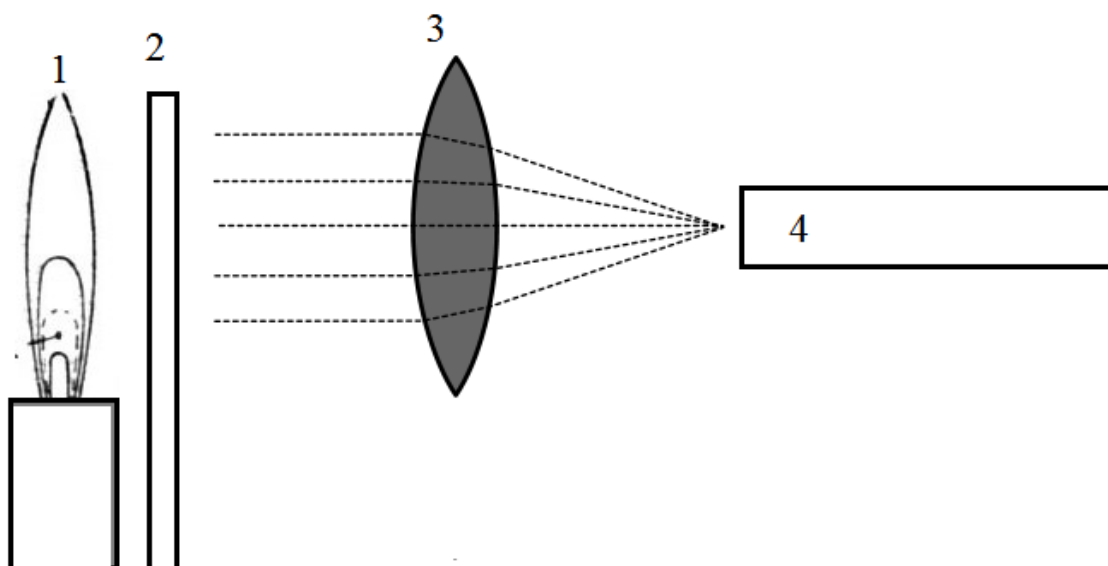


Рисунок 6 – схема улавливания пламени фотометром

Схема состоит из пламени горелки (1) экранированное кожухом с окнами и защитным стеклом (2). Световой поток от пламени горелки проходит через собирающую линзу (3) и параллельным пучком направляется на приемную площадку фотометра (4).

В качестве горючего газа в фотометре используется пропан-бутан.

## 2.2 Спектрометр

Спектрометр – малогабаритный двухкамерный анализатор спектра, имеет в своем составе два смонтированных в едином корпусе спектрографа с отверстием 4.9 мм и фокусным расстоянием 40 мм каждый, это компактный и простой в эксплуатации малогабаритный анализатор спектра. Для работы требуется только подключить его к источнику светового излучения, подключить к USB – порту компьютера и запустить управляющую программу.

Световое излучение с помощью световода разделяется на 2 равнозначных канала и поступает на входной порт каждого из спектрографов. Фокальная плоскость каждого спектрограф, на которой формируется спектр, совпадает с плоскостью фоточувствительных элементов ПЗС линейки, причем длина фокальной плоскости каждого спектрографа равна половине ПЗС – линейки. ПЗС – линейка производит регистрацию спектров двух спектрографов

одновременно, что позволяет, в случае равенства параметров спектрографов, получить спектральное разрешение вдвое выше, чем для аналогичных одноканальных спектрометров.

На первом этапе свет, пройдя оптическое волокно, попадает в спектрометр, а именно, через узкую апертуру, известную как входная щель. Линза виньетирует свет на входе в спектрометр. В большинстве спектрометров рассеянный свет затем коллимируется с помощью вогнутого зеркала и направляется в дифракционную решетку.

Как только свет попадает на детектор, фотоны света преобразуются в электроны, которые затем через порт USB поступают в ПК. Программа производит интерполяцию сигнала в зависимости от количества пикселей в детекторе и линейной дисперсии дифракционной решетки для реализации калибровки, которая позволяет начертить график распределения по длинам волн в спектре. Затем эти данные можно использовать в многочисленных спектральных исследованиях.

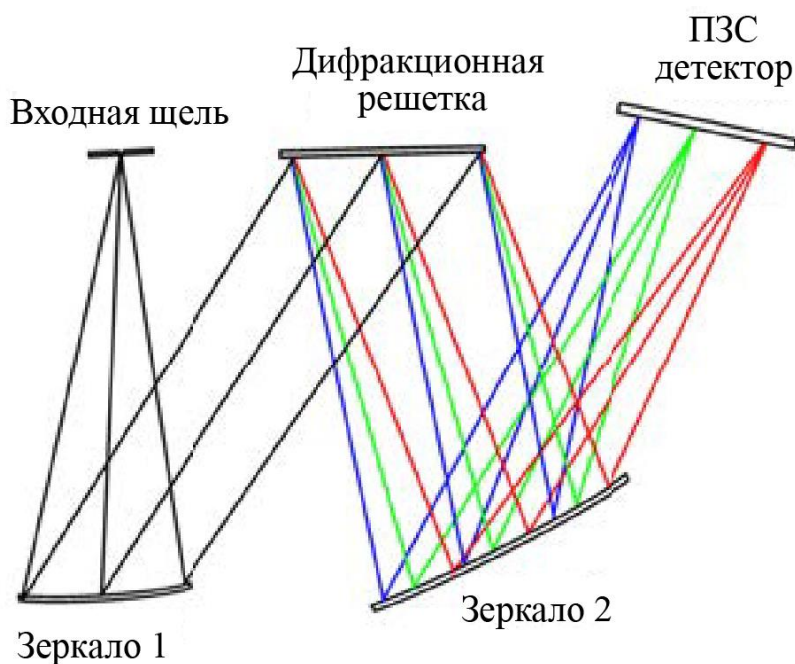


Рисунок 7 – схема развернутого спектрографа

Для дифракционной решетки с угловым значением дисперсии фокусное расстояние двух зеркал можно изменять для получения разных значений линейной дисперсии. Это определяет спектральный диапазон, чувствительность и разрешение системы. Оптимальная геометрия схемы

спектрографа может создавать рассеянное спектральное поле и нормальную точность измерений. Но из-за неосевой геометрии оптическая схема выдает значительное отклонение в расположении изображения, которое способно увеличить ширину изображения из входной щели на несколько десятых микрон.

### 2.3 Обработка результатов

Световое излучение пройдя через линзу, попадает на порт спектрометра и после чего производится чтение, и обработка полученных спектров. Для того чтобы спектр прочесть, необходимо пользоваться специальной программой по чтению и обработке спектров – VisionPro. Пример обработки одного из спектров представлен на рисунке 14.

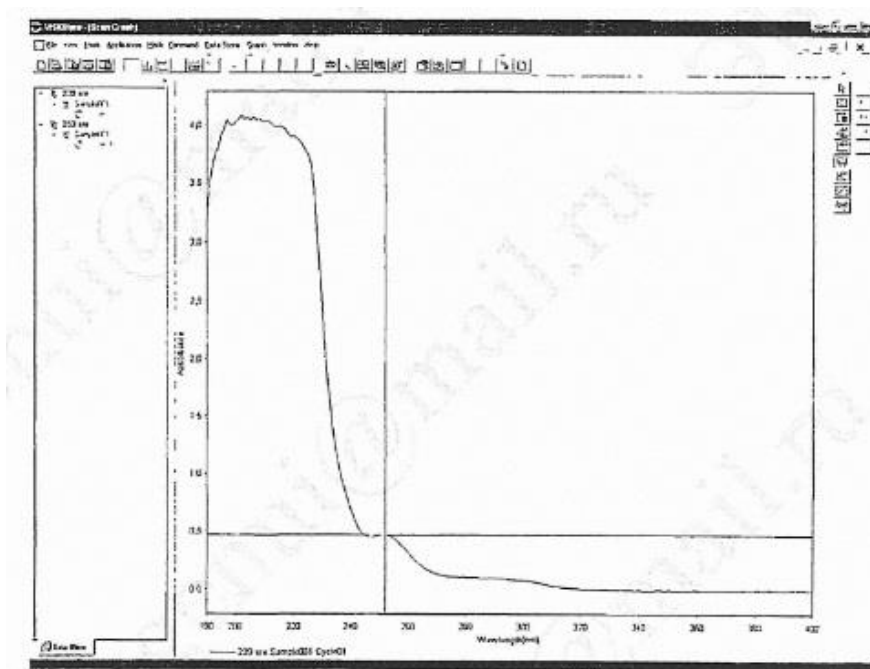


Рисунок 8 — Пример обработки спектра поглощения раствора с помощью программы VISIONpro

По кривым для растворов с известной концентрацией строился калибровочный график, исходя из которого определялись относительные концентрации катионов стронция. Вид отснятых для калибровки графиков приведен на рисунке 15.

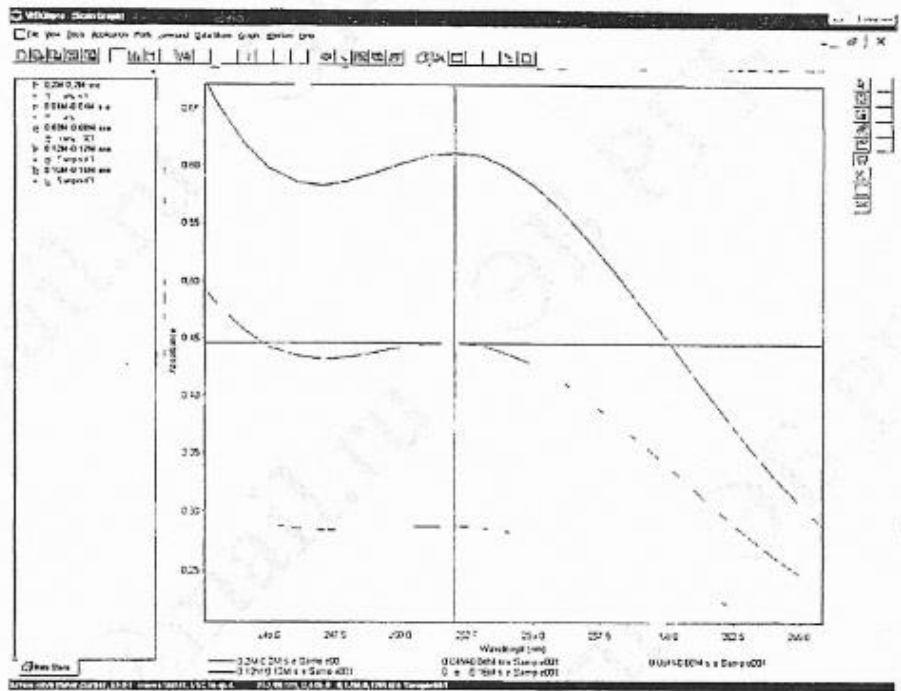


Рисунок 9 — Пики, соответствующие катионам стронция в спектрах поглощения при различных концентрациях в растворах

После того, как значения относительных концентраций стали известны в программе Excel строились графики на неподвижном и подвижном растворе (рисунок 16,17).

### **3 Распределение ионов стронция под действием асимметричного электрического поля**

Для проведения исследования по распределению концентраций водного раствора стронция под действием асимметричного электрического поля необходимо определить резонансную частоту, на которой будет наблюдаться эффект селективного электро-индуцированного дрейфа. Для такого исследования были выбраны 2 разделительные ячейки, на подвижном и неподвижном растворах.

#### **3.1 Исследования распределения концентраций ионов стронция в неподвижном растворе**

Для проведения исследования использовалась установка, которая состояла из электрооборудованного блока формирования сигнала и разделительной ячейки.

Основной частью электрооборудования установки является устройство формирования асимметричного сигнала высокого напряжения. Ее главная задача – это формирование электрического сигнала с необходимыми параметрами. Установка состоит из источника синусоидального электрического сигнала переменной частоты, предварительного усилителя (1), повышающего трансформатора (2) с коэффициентом усиления равным 90,9 и устройства формирования сигнала ассиметричной формы (3). Сигнал сформированный электрической частью установки подается на изолированный (от раствора) центральный электрод (4) разделительной ячейки (5). Устанавливались такие параметры сигнала на генераторе, чтобы на центральном электроде (4) сигнал был в интервале частот от 30Гц до 180Гц и амплитудой напряжения 1000В. Внешний электрод (5) соединялся с землей. Измерение параметров и наблюдение за сигналом производилось с помощью осциллографа через резистивный делитель напряжения понижающий его в 80 раз.



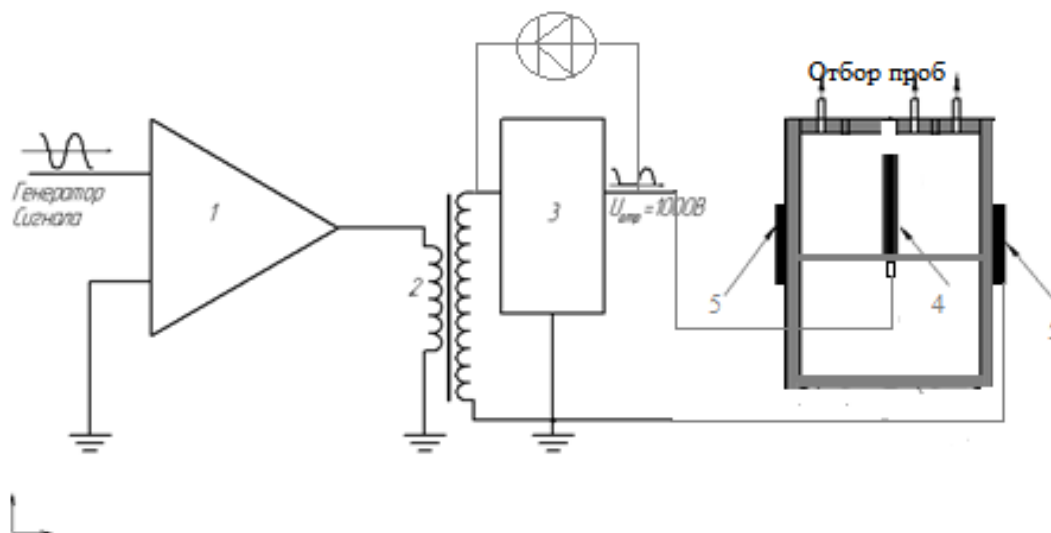


Рисунок 10 – Блок-схема экспериментального комплекса

В центре разделительной ячейки был расположен цилиндрический электрод (4) диаметром 6 мм и длиной 176 мм, изготовленный из стали и изолированный от рабочего раствора термоусадкой толщиной 0,5 мм. Второй, заземленный (5), металлический электрод плоской формы также был изолирован от рабочего раствора корпусом ячейки.

В ячейку подавался раствор 6-ти водного хлорида стронция, который был разбавлен дистиллированной водой, с концентрацией 1г(Sr)/л. Дистиллированная вода была получена электрическим аквадистиллятором АЭ – 10 МО.

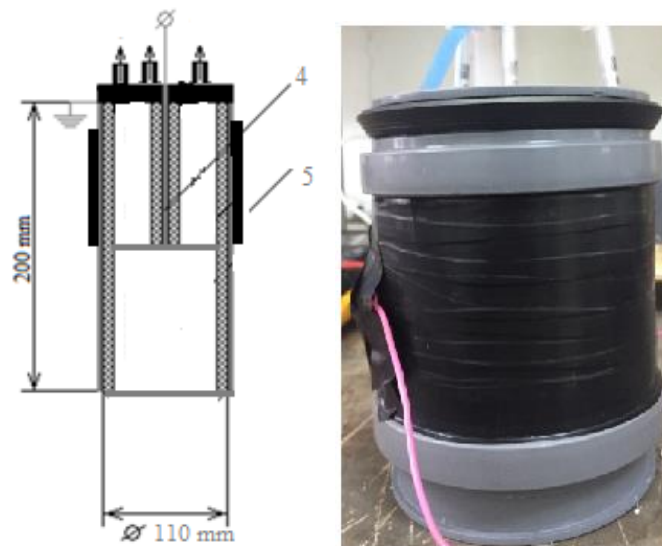


Рисунок 11 – Фотография и схематическое изображение опытной установки во фронтальном разрезе ячейки на неподвижном растворе

После подачи асимметричного сигнала на раствор, необходимо было ожидать 4 часа, для того чтобы реализовался эффект селективного электроиндуцированного дрейфа. Для создания сигнала асимметричной формы на изолированные от раствора электроды генератор подавалось напряжение:

$$U(t) = U_0(1 - 2\sin[\omega t] - \sin[2\omega t]),$$

где  $U_0$  – амплитуда внешнего электрического поля, подаваемого на изолированные электроды, В;  $\omega$  – циклическая частота внешнего электрического поля;  $t$  – время, с.

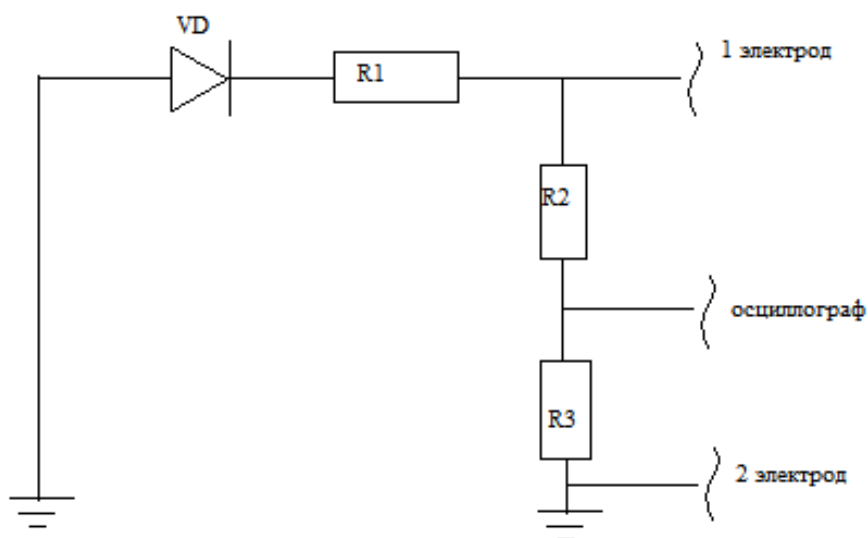


Рисунок 12 – Схема формирования сигнала асимметричной формы

Напряженность электрического поля при этом определяется согласно выражению:

$$E_0(r,t) = \frac{U(t)}{\frac{\varepsilon_2 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} + \varepsilon_3 \cdot \ln \frac{R_3}{R_2} + \varepsilon_4 \cdot \ln \frac{R_4}{R_3}} \cdot \frac{1}{r}, |R_2 \leq r \leq R_3.$$

После прохождения синусоидального сигнала, через устройство формирования сигнала асимметричной формы, он принимает следующий вид (рисунок 14)

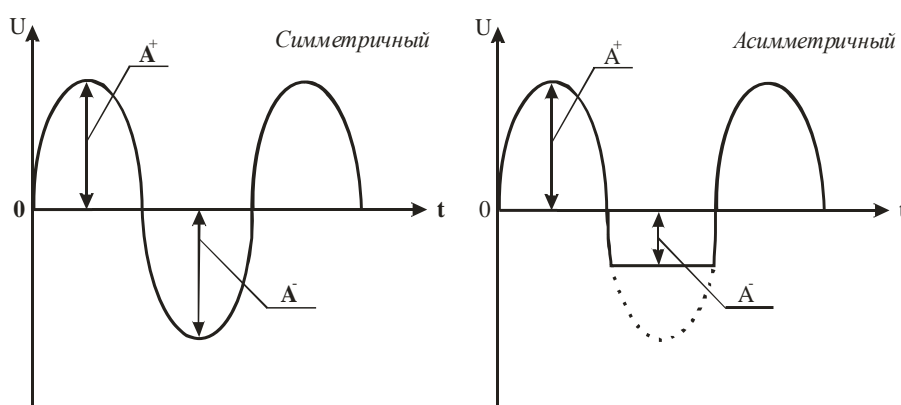


Рисунок 13 – Формы сигналов.  $A^+$  и  $A^-$  - амплитуды положительного и отрицательного полу периодов.

При проведении эксперимента устанавливались параметры, которые представлены в таблице 4.

Таблица 3

#### Параметры установки

Параметр	Значение
Концентрация	1 г/л
Частота электрического поля, Гц	30-180
Температура окружающей среды, °С	22
Напряжение, В	1000
Время воздействия электрического поля на раствор, ч	4

Отбор проб.

Отбор проб является первым и самым важным шагом на пути получения корректных результатов анализа. Пробы брались одновременно с 3 шприцов, объемом 1 мл и помещались в специальные емкости, для дальнейшего проведения анализа. Даже самый точный метод анализа не может исправить

ошибки, полученные при отборе образца. Целью проведения процедуры отбора образца является получение пробы с типичным составом. Наиболее важным предварительным условием для получения типичного образца является определение подходящего места отбора проб. Здесь исследуемый раствор может иметь различную концентрацию в различных местах в различное время. В большинстве случаев истинная картина среднего состава образца может быть получена только при сборе нескольких отдельных образцов. Для отбора проб подходят чистые пластиковые емкости объемом 20мл. Они должны быть промыты несколько раз, при сильном встряхивании, водой, которая будет использоваться для исследования, затем заполнены без пузырей воздуха и немедленно плотно закрыты. Контейнеры необходимо защищать от воздействия воздуха и нагревания и использовать для проведения дальнейших аналитических этапов как можно скорее. В исключительных случаях могут быть применены следующие способы хранения в виде краткосрочного хранения в холодильнике от +20С до +50С.

Отобранные пробы были проанализированы 2 приборами, пламенным фотометром и спектрометром. По данным из таблицы 3 был построен график, где было показано как влияет частота асимметричного сигнала на ионы стронция (см. рисунок 15).

Для того чтобы рассчитать коэффициенты разделения, необходимо знать пиковые концентрации данных проб.

На данной ячейке были зафиксированы следующие пиковые относительные концентрации:

$$R_1=1,1;$$

$$R_2=1,06;$$

$$R_3=0,92.$$

Тогда коэффициент разделения на неподвижном растворе равен:

$$\alpha = \frac{R_1}{R_3} = \frac{1,1}{0,92} = 1,195$$

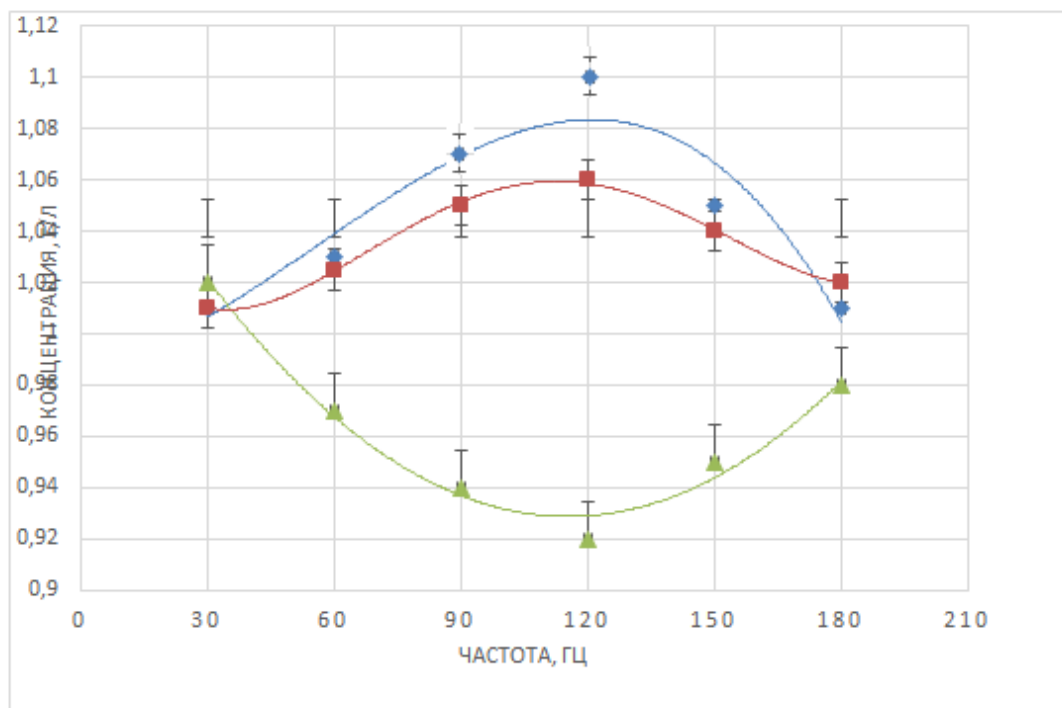


Рисунок 14 – Влияние частоты на содержание ионов стронция в зонах разделения

На раствор было подано асимметричное поле, с напряжением 1000 В и на расстоянии 5, 10 и 50 мм от центрального электрода, были взяты пробы. Возле центрального электрода было замечено самое большое повышение концентрации. Это объясняется тем что ионы стронция, под влиянием определённой частоты начинают концентрироваться возле центрального электрода. Тем самым объясняется наличия эффекта селективного электроиндуцированного дрейфа.

### 3.2 Изучение распределения концентраций ионов стронция в подвижном растворе

Электрическая часть электрооборудования установки было точно такое, как и у установки на неподвижном растворе.

Следует отметить, что с помощью осциллографа наблюдалась положительная полуволна исходного синусоидального сигнала и объёмы растворов внутренней и наружной зон подвергались воздействию только положительного потенциального поля синусоидальной формы. За счет этого

обеспечивалось скачкообразное перемещение положительно заряженных сольватированных катионов к электроду с нулевым зарядом от потенциального положительно заряженного электрода.

В центре разделительной ячейки был расположен цилиндрический потенциальный электрод диаметром 2 мм и длиной 276 мм, изготовленный из нержавеющей стали и изолированный от рабочего раствора поливинилхлоридной трубкой толщиной 1 мм. Второй, заземленный, стальной электрод цилиндрической формы также был изолирован от рабочего раствора полиэтиленовой плёнкой толщиной 4 мм. Внутренний объём разделительной ячейки разделён на две одинаковые по размерам зоны (внутреннюю, наружную) полиэтиленовым перфорированным цилиндром. Перфорация цилиндра выполнена в виде продолговатых вертикальных отверстий площадью  $10 \text{ см}^2$ , расположенных азимутально симметрично вдоль образующих цилиндра по всей его поверхности. Наличие отверстий позволяет ионам перемещаться из одной зоны разделения в другую, при этом не происходит гидродинамического смешивания слоев жидкости расположенных в разных зонах.

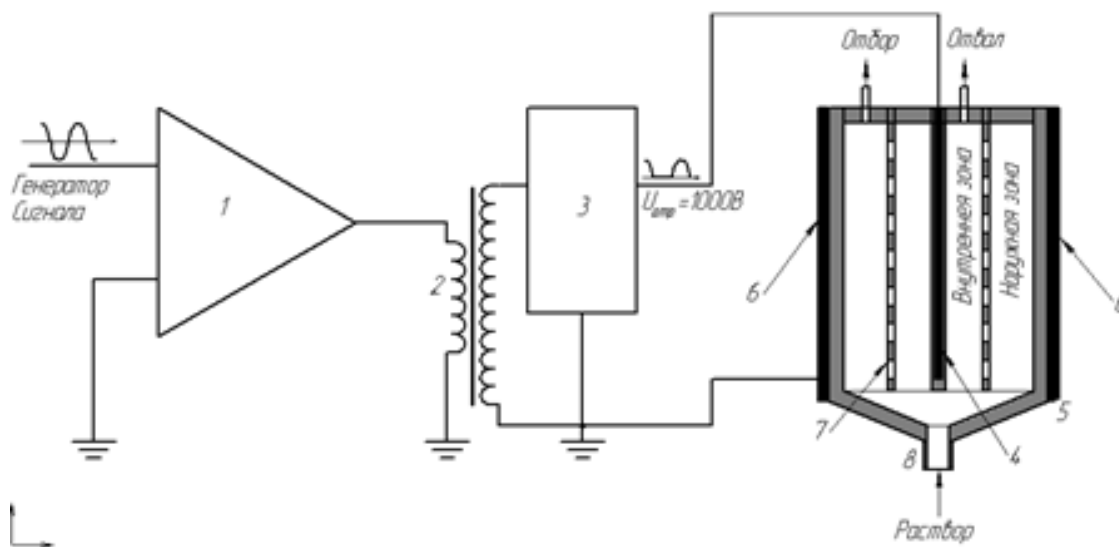


Рисунок 15 – Блок схема установки на проточной ячейке

В нижней части ячейки располагается штуцер. Через него происходит подача потока питания, для того чтобы раствор двигался вверх по обеим зонам с одинаковой линейной скоростью. Во всех опытах характер движения растворов соответствовал ламинарному режиму течения жидкости, а линейная скорость раствора составляла не более 4см/мин. Потоки отбора и отвала

отбирались в верхней части установки через штуцеры с отводными шлангами, на которых располагались зажимы Гофмана. С помощью этих зажимов проводилось регулирование потоков, как во внутренней, так и в наружной зоне ячейки. При этом скорость движения раствора во внутренней зоне на 4-7% превышала скорость движения раствора в наружной зоне.

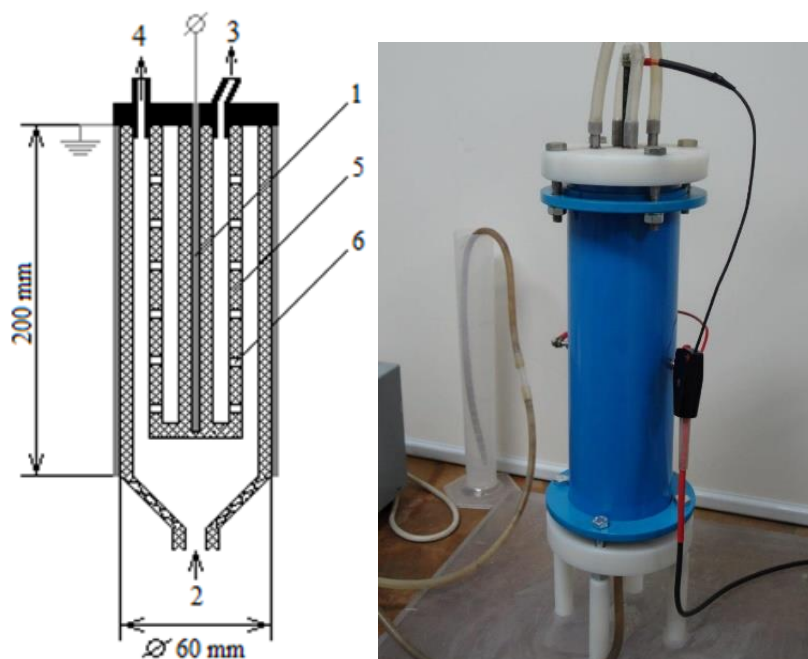


Рис 16 – Фотография и схематическое изображение опытной установки во фронтальном разрезе

При проведении эксперимента на проточной ячейке устанавливались параметры, которые представлены в таблице 5.

Таблица 4

Параметры установки

Параметр	Значение
Концентрация	1 г/л
Частота электрического поля, Гц	30-180
Температура окружающей среды, °С	22
Напряжение, В	1000
Время воздействия электрического поля на раствор, ч	4
Объемная скорость подачи раствора, л/ч	3

В течение опытов через определённые промежутки времени брались пробы растворов, вытекающих как из внутренней, так и из наружной зон обрабатываемого раствора.

Основная задача заключалась в том, чтобы в определённом диапазоне частот обнаружить изменение концентраций катионов стронция в растворах внутренней и наружной зон. Такой факт свидетельствовал бы о селективном переносе одного типа катионов из наружной зоны во внутреннюю. С тем, чтобы обеспечить вынужденный переход катионов из наружной зоны во внутреннюю, линейная скорость перемещения раствора в ней должна быть несколько выше. Подобный режим движения раствора устанавливался с помощью зажимов. Ранее было показано, что эффекты изменения концентраций ионов в разбавленных растворах при наложении на них асимметричных электрических полей наблюдались в диапазоне частот в сотни герц. Учитывая это обстоятельство, в данной работе исследования проводились в диапазоне частот от 30 до 180 Гц.

Анализ проб проводился на тех же приборах и также было показано влияние частоты асимметричного сигнала на ионы стронция (см. рисунок 18).

Пробы брались как из внутренней, так и из наружной зон обрабатываемого раствора. Рисунок свидетельствует о селективном переносе одного типа катионов из наружной зоны во внутреннюю.

Пиковые концентрации равны:

$$R_1=1,17;$$

$$R_2=0,9.$$

Тогда коэффициент разделения на подвижном растворе равен:

$$\alpha = \frac{1,17}{0,9} = 1,333.$$



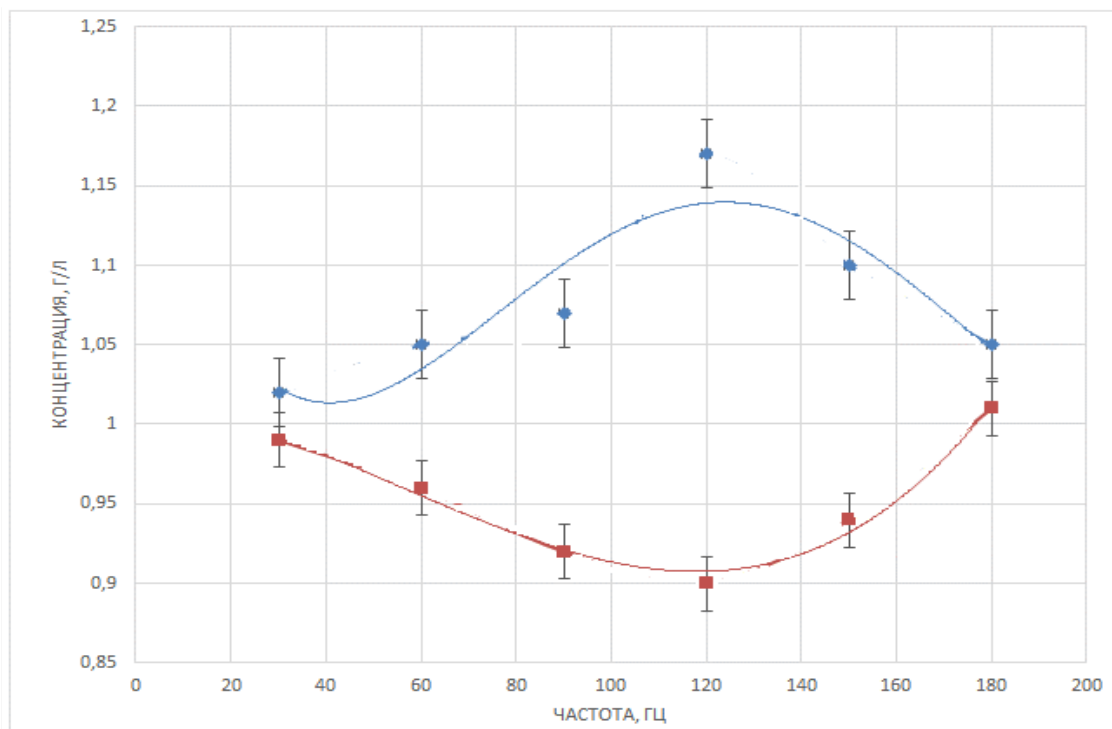


Рисунок 17 – Влияние частоты на содержание ионов стронция в зонах разделения на подвижном растворе

Показано, что коэффициент разделения на подвижном растворе выше, потому что влияние эффекта селективного электро-индуцированного дрейфа действует по всей высоте колонны, тем самым каждый раз обогащая внутреннюю зону ячейки ионами стронция. Данный эксперимент говорит о том, что на проточной ячейке лучше всего проводить эксперименты по выделению химических элементов из раствора.

Для объяснения максимума, который проявляется в интервале частот от 110 до 120 Гц было предположено, что при воздействии на раствор электрического поля в определенном интервале частот происходят резонансные взаимодействия в растворе, которые вызывают разделение сольватированных ионов.

Максимальное значение концентраций наблюдается в точке отбора с частотой 120 Гц, а минимальное значение присутствует ниже на такой же частоте. По значениям, полученным в экспериментах, были рассчитаны значения коэффициентов разделения. За «отбор» была взята максимальная точка, в которой наблюдается максимальная разность в концентрациях катионов стронция.

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

### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Целью выпускной квалификационной работы является изучение распределения концентраций солей стронция в водных растворах под действием асимметричного электрического поля.

В результате переработки раствора, содержащего стронций, получается некая смесь, которую необходимо проанализировать и выявить из нее редкоземельный металл. Она содержит примерно от 1 до 20% Sr, а также значительные количества редкоземельных элементов.

Конечные продукты очистки должны быть пригодными для дальнейшей переработки и использования в ядерной технике и медицине.

В данном расчете по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению необходимо определить себестоимость технологического процесса обнаружения явления электроиндуцированного селективного дрейфа ионов металлов, а именно стронция, в водных растворах, с учетом заработной платы всех рабочих и затрат на технологические нужды.

Данная технология, по выделению металлов и редкоземельных элементов, разработана для:

- АЭС, которые являются источником радиоактивных отходов;
- научных исследований в ТПУ, в том числе и обучению студентов.

В данном разделе приведен расчет прямых затрат на обнаружение и производство стронция на 2019 год, а именно затрат на вспомогательные материалы, энергоресурсы и заработную плату.

Для сравнения могут быть взяты два метода получения изотопа стронция: селективно электроиндуцированный дрейф и электролиз.

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

Таблица 5

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений  
(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1. Надежность	0,03	4	4	0,12	0,12
2. Долговечность	0,07	5	4	0,35	0,28
3. Экологическая безопасность	0,1	5	5	0,5	0,5
4. Техничность при изготовлении и монтаже оборудования	0,2	3	4	0,6	0,8
5. Безопасность	0,15	5	4	0,75	0,6
6. Простота в эксплуатации	0,05	5	3	0,25	0,15
7. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,1	5	4	0,5	0,4
8. Энергоэкономичность	0,1	5	3	0,5	0,3
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	2	4	0,1	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	2	5	0,06	0,15
3. Цена	0,12	5	3	0,6	0,36
<b>Итого</b>	<b>1</b>			<b>4,33</b>	<b>3,86</b>

Веса показателей в сумме составляют 1. Баллы по каждому показателю оцениваются по пятибалльной шкале.

Конкурентоспособность конкурента К

$$K = \sum V_i B_i$$

где  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Одним из важных направлений повышения эффективности производства является безопасность, простота в эксплуатации, а также энергоемкость исследуемого в данной работе метода. Итоговый балл по критерию «конкурентоспособности продукта» относительно мал, потому что данная установка предназначена для небольшого сегмента пользователей. Проект только запустили в разработку, и перспективы на рынке оценить довольно сложно, так как на заводах уже используется конкурирующее с предлагаемым методом электродиализное оборудование [14].

### **4.3 SWOT-анализ**

SWOT – анализ состоит из трех этапов. В первом этапе мы анализируем сильные и слабые стороны исследовательской работы (внутренняя среда), а также возможности и угрозы (внешняя среда). Описание выполняется с помощью факторов, не имеющих количественной оценки. Описание выполняется с помощью факторов, не имеющих количественной оценки.

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.

**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 (см. Приложение А, А1).

SWOT анализ показал, что для повышения спроса необходима наглядная демонстрация возможностей и преимуществ метода селективного электроиндуцированного дрейфа, а также разработка проекта применения данного метода для переработки РАО (в котором содержатся редкоземельные элементы), с помощью данной установки.

Также следует уделить внимание проблеме финансирования проекта, для того чтобы иметь возможность доработать и компенсировать слабые стороны научно-исследовательского проекта.

#### 4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 6

Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	2
3	Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	3
6	Проведена оценка интеллектуальной собственности	5	2
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на	4	2

	рынок		
10	Разработана стратегия реализации научной разработки	4	2
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	5	1
12	Проработаны вопросы использования услуги инфраструктуры поддержки	2	2
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	3
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	60	41

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации определяется по формуле

$$B_{\text{сумм}} = \sum B_i$$

$B_{\text{сумм}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так как  $B_{\text{сумм}}$  разработки научного проекта лежит в интервале от 60 до 75, то разработку можно считать перспективной.

У разработчика же  $B_{\text{сумм}}$  лежит в интервале от 44 до 30, что говорит средней перспективности. Для того что бы поднять уровень перспективности, необходимо проработать вопросы о финансировании научного проекта, а также разработать бизнес план и вопросы о выходе на зарубежный рынок.

## 4.5 Инициация проекта

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

Таблица 7

### Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
АЭС, государство	Переработка РАО, выделение нужных компонент, для дальнейшего использования
Научно-исследовательские институты	Получение, проверка, переработка необходимых данных. Использование для научных статей

## Цели и результаты проекта

Цели проекта	Изучить распределение концентраций солей стронция в водных растворах под действием асимметричного электрического поля.
Ожидаемые результаты проекта	Внедрение на производство метода селективного электроиндуцированного дрейфа, а в перспективе использование для получения редкоземельных элементов и переработки РАО.
Критерии приемки результата проекта	Степень разработанности метода
	Дизайн, внешний вид установки
	Ресурсоэффективность
	Себестоимость
	Габариты
Требования к результату проекта	Параметры работы установки
	Экономически обоснованный
	Соответствовать современным критериям и стандартам в ядерной области
	Соотношение цены и качества
	Наличие квалифицированного персонала

## 4.5.1 Организационная структура проекта

## Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час
1	Тимченко Сергей Николаевич, НИ ТПУ, к.т.н.	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта	2400
2	Ушаков Иван Алексеевич, НИ ТПУ, инженер	Эксперт проекта	Автор установок, обладает специальными знаниями и опытом	2400
3	Болгов Степан Юрьевич, НИ ТПУ, студент (магистр)	Исполнитель проекта	Выполняет отдельные работы по проекту	600
ИТОГО				5400



#### 4.6 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.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

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

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.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 15 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

#### 4. 7 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – 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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округлены до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 72 - 0} = 1,246,$$

Все рассчитанные значения сведены в таблицу.

## Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, дипломник
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Проведение патентных исследований	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, дипломник
	7	Построение моделей и проведение экспериментов	Руководитель, дипломник
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, дипломник
	9	Анализ и обработка полученных результатов	Руководитель, дипломник
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник
	11	Определение целесообразности проведения ВКР	Дипломник

Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ожг}$ , чел-дни			
1	3	7	4,8	Руководитель	4,8	6
2	10	20	14,4	Руководитель, дипломник	7,2	9
3	5	10	7,2	Руководитель	7,2	9
4	5	10	7,2		7,2	9
5	3	6	4,8	Дипломник	4,8	6
6	15	25	19,2	Руководитель, дипломник	9,6	12
7	15	25	19,2		9,6	12
8	6	10	7,6		3,8	5
9	8	14	10,4		5,2	7
10	3	5	4,3	Дипломник	4,3	5
11	3	5	4,3		4,3	5
Итого:			100,4		68	82

Календарный план-график в виде диаграммы Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

#### 4.8 Организация труда и заработной платы

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 НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб (в качестве месячного оклада дипломника выступает стипендия, которая составляет 2225(?) руб и 23000(?) руб для доцента, кандидата наук);

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. [13].

Баланс рабочего времени

	<b>Элементы рабочего времени</b>	<b>Время</b>
1.	Календарное число дней	365
2.	Количество нерабочих дней	
	- выходные дни	72
	- праздничные дни	4
3.	Потери рабочего времени, дней	
	- очередные и дополнительные отпуска	49
	- по болезни	7
	- по разрешению администрации	5
	- прогулы	-
	Итого невыходов, дней	61
4.	Явочный фонд, дней	232
5.	Установленная средняя продолжительность рабочего дня, часов	6
	- внутрисменные простои	-
	- сверхурочная работа	-
	- перерывы	0,75
6.	Фактическая продолжительность рабочего дня, часов	5,25
7.	Эффективный годовой фонд рабочего времени, часов	12185

#### 4.9 Расчет численности рабочих, служащих, ИТР и МОП

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб. (для доцента  $Z_{тс}$  составляет 23000 руб.);

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс} = 6690$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{тс}$ );

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице

## Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	З <sub>тс</sub> , руб.	$k_{нр}$	$k_d$	$k_p$	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	T <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель		23000	0,3	-	1,3	38870	1610,54	5	8052,7
Инженер		8000	0,3	-	1,3	13520	560,2	28	15685,35
Итого З <sub>осн</sub>									23738,05

В таблице приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

## Заработная плата исполнителей НИР

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата, руб	8052,7	15685,35
Итого по статье С <sub>зн</sub> , руб	23738.05	

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

Дипломная работа выполнялась с 12.02.2019 по 2.06.2019. С 01.01.2010 страховые взносы осуществляются в государственные внебюджетные фонды. На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

Таким образом, выплаты в страховые фонды составят:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,27 * 23738,05 \text{руб.} = 6409,27$$

#### **4.11 Контрагентные расходы**

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями.

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками.

Так как при проведении научно-технических исследований все подготовительно-отладочные работы, технологические операции и расчеты были осуществлены на базе кафедры № 23 ФТИ ТПУ с имеющимся оборудованием и расходными материалами только научным руководителем и дипломником без привлечения сторонних организаций, то в данном случае можно говорить, что контрагентные расходы отсутствуют.

#### **4.12 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.

Рассчитаем затраты на электроэнергию.

$$N = 0,35 \frac{\text{кВт}}{\text{ч}} \cdot 28 \cdot 6 \cdot 5,8 \frac{\text{руб}}{\text{кВт}} = 341,04 \text{руб.}$$

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

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



производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице

Если оборудование специально для проекта не покупается, тогда рассчитывается амортизация оборудования на время проекта. В таблице 18 «Расчет бюджета затрат НТИ» учитывается только амортизация

Таблица 15

Стоимость необходимого оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования тыс. руб.	Общая стоимость оборудования тыс. руб.
1	Монитор	1	5000	224000
2	Процессор		14000	
3	Мышь		500	
4	Клавиатура		1000	
5	Стул		2500	
6	Спектрограф		100000	
7	Фотометр		100000	
Итого				

Так как это оборудование стоит в течение 5 лет, то расчет на доставку и монтаж не берется.

#### 4.13 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

На основании выше сказанного составим бюджет затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения, приведен в таблице

Таблица 16

Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
	Исполнители	
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	23738,05	
2. Затраты на оборудование	24000	
3. Отчисления во внебюджетные фонды	6409,27	
4. Контрагентские расходы	-	
5. Накладные расходы	341,04	

#### Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Таблица 17

Сравнительная характеристика

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Электролиз	Газо-центрифужное
1. Энергосбережение	0,5	5	5
2. Надежность	0,2	5	4
3. Используется для получения необходимого продукта	0,1	5	5
4. Базовые знания о методе получения изотопов	0,2	5	5
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>		

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 = 5;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 = 4,8.$$

#### 4.14 Расчет научно-технического эффекта

В последнее время для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности планируемых и выполняемых госбюджетных и хоздоговорных работ, получил распространение метод бальных оценок. Бальная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям или рассчитывают по формуле. На этой основе делается вывод о целесообразности ВКР. Сущность этой методики состоит в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент научно-технического эффекта ВКР по формуле:

$$H = \sum_{i=1}^3 k_i \cdot n_i,$$

где  $H$  - показатель НТУ,

$k$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака НТУ,

$n$  – оценка (в баллах)  $i$ -го признака.

Оценки и весовые коэффициенты по каждому из признаков НТУ сведены в таблицу 23, как и баллы, соответствующие данной ВКР.

Согласно таблицы 23 показатель НТУ равен:

$$H = 0,6 \cdot 5 + 0,4 \cdot 6 + 0,2 \cdot (10 + 4) = 8,2,$$

Оценка уровня проводится по следующей шкале:

- 1...4 балла - низкий НТУ
- 5...7 баллов - средний НТУ
- 8...10 баллов - высокий НТУ

По этой шкале НТУ приведенной научно-технической работы соответствует сравнительно высокому уровню.

## Оценка НТУ

Признак НТУ	Весовой коэфф.	Балл	Характеристика разработки	Выбранный Балл
Уровень новизны	0.6	8...10 5...7 2...4 0	Принципиально новая Новая Относительно новая Не обладает новизной	5
Теоретический уровень результатов	0.4	10 8 6 2 0.5	Установление закона Глубокая разработка проблемы Разработка способа (программы, устройства) Элементарный анализ Изложение опыта	6
Возможность реализации	0.2	Время реализации		10
		10	В течение первых лет	
		4	От 5 до 10 лет	
		2	Свыше 10 лет	
			Масштаб реализации	4

Целью раздела по финансовому менеджменту, ресурсо-эффективности и ресурсосбережению было определение себестоимости технологического процесса обнаружения явления электроиндуцированного селективного дрейфа ионов металлов, а именно стронция, в водных растворах, с учетом заработной платы всех рабочих и затрат на технологические нужды. Данная цель исследования была полностью достигнута.

Мы пришли к следующим выводам:

- затраты на оборудование оказались минимальными;
- проект соответствует современным критериям и стандартам в области ядерной энергетики;
- проект экономически обоснован с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

## 5 Социальная ответственность

Одно из основных направлений профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда. Одновременно должно осуществляться последовательное повышение качества и эффективности всех средств коллективной и индивидуальной защиты от вредных и опасных производственных факторов, увеличение объема их производства до полного удовлетворения потребностей народного хозяйства и рациональное их использование.

В основе Законодательства Российской Федерации об охране труда лежит Конституция Российской Федерации и Трудовой кодекс Российской Федерации.

Обязанности по обеспечению *безопасных условий и охраны труда* в организации возлагаются на **работодателя**. Согласно Федеральному закону от [15] 17 июля 1999 г. №181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации"[с изменениями от 20 мая 2002 г., 10 января 2003 г., 9 мая, 26 декабря 2005 г.]. Поясним некоторые понятия.

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно – технические, санитарно – гигиенические, лечебно – профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [16]

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника [16]

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию [17]

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме [18]

Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено

либо уровни их воздействия не превышают установленные нормативы.

Рабочее место – место, в котором работник должен находиться или в которое ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.

Сложность поставленных задач требует использования достижений многих научных дисциплин, прямо или косвенно связанных с задачами создания безопасных условий труда. При разработке требований производственной санитарии используются результаты исследований ряда медицинских и биологических дисциплин.

Успех в решении проблем охраны труда в большой степени зависит от качества подготовки специалистов в этой области, от их умения принимать правильные решения в сложных и изменчивых условиях современного производства.

Правила по охране труда и техники безопасности являются обязательными для исполнения рабочими, служащими, инженерно – техническими работниками и руководящим составом.

### **5.1 Ответственность за нарушение законодательства по охране труда**

В соответствии с Основами законодательства о труде, виновные в нарушении законодательства о труде и правил по охране труда, в невыполнении обязательств по коллективным договорам и соглашениям по охране труда или в воспрепятствовании деятельности профсоюзов, несут ответственность: общественную, дисциплинарную, административную, уголовную [19].

Все рабочие и служащие, не являются должностными лицами, за невыполнение своих обязанностей по охране труда подвергаются дисциплинарным взысканиям в соответствии с Основами законодательства.

Дисциплинарная ответственность состоит в наложении на должностных лиц в порядке подчиненности следующих взысканий: замечание, выговор, увольнение по соответствующим основаниям (ст. 192 "Трудового кодекса РФ"

от 30.12.2001 г №197-ФЗ).

К административной ответственности привлекаются должностные лица, нарушившие законодательство по охране труда, на них органами государственного надзора налагаются штрафы.

Материальная ответственность выражается во взыскании с должностных лиц полностью или частично сумм, выплаченных предприятием потерпевшему от несчастного случая или профессионального заболевания органами социального страхования и социального обеспечения, а также незаконно уволенным работникам за вынужденный прогул.

## 5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Научно – исследовательская работа происходила на кафедре технической физики. Исследования велись на спектрографе и ПЭВМ. Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, психофизиологические.

В таблице 5.2 приведены основные вредные и опасные факторы, которые могут случится при выполнении дипломной работы.

Таблица 19

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обработка данных на ПЭВМ. Работа со спектрографом.	–	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие электромагнитного излучения (ВЧ,УВЧ,СВЧ и т.д.)	Пожарная опасность	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к

			ПЭВМ и организация работы» ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность
Работа с газовыми баллонами.	–	Утечка газа, взрыв	Инструкция по охране труда при хранении и эксплуатации газовых баллонов [22]

Кроме того, на работника лаборатории, проводящего экспериментальные исследования, могут воздействовать следующие факторы:

Физические:

- температура и влажность воздуха;
- температура оборудования;
- статическое электричество;
- электромагнитное поле низкой частоты;
- освещённость;
- наличие излучения;
- работа с газами баллонами.

Психофизиологические:

- физические перегрузка (статическая, динамическая);
- нервно-психические перегрузки (умственные перегрузки, перегрузки анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки) [17].

Анализ вредных и опасных факторов приводится на основе нормативных документов (табл. 22.), подробное описание присутствует в следующем разделе.





- 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:

- 1) Дисплей размещается в зоне, а (в центре);
- 2) Клавиатура в зоне г/д;
- 3) Системный блок размещается в зоне б (слева);
- 4) Принтер находится в зоне а (справа);
- 5) Документация: в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

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

Рабочее кресло должно быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглубленным передним краем [21].

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.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

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

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели[18].

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов).

При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

### **5.2.3 Условия безопасности работы**

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

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 ГОСТ 30494-2011 и приведены в таблице 19.

## Оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

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

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м<sup>3</sup> на человека не менее 30 м<sup>3</sup> в час на человека; при объёме помещения более 40 м<sup>3</sup> на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция [22].

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность 40%, скорость движения воздуха 0,1 м/с, температура летом 20-25 °С, зимой 13-15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне.

Экран и системные блоки 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 быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц – 2кГц – 25В/м;
- в диапазоне частот 2кГц – 400кГц – 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц – 2кГц – 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц – 400кГц – 25нТл.

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.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкр/час. По нормам конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05м от экрана не более 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света [23].

#### **5.4 Электробезопасность**

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля

и статического электричества.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ПЭВМ или другими электрическими приборами и установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта электрических приборов;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электро-установок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы;
- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпус электропоражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей).
- применение средств защиты [24].

Электрозщитные средства – это переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги [25]. Эти средства

должны обеспечивать высокую степень защиты и удобство при эксплуатации. Их выбирают с учетом требований безопасности для данного вида работ. В первую очередь безопасность обеспечивается применением средств коллективной защиты, а затем, если она не может быть обеспечена, применяют средства индивидуальной защиты [29]

К средствам индивидуальной защиты от поражения электрическим током относятся:

- оградительные устройства, которые могут быть стационарными и переносимыми. Ограждения могут быть заблокированы с устройствами, отключающими рабочее напряжение при снятии;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления, зануления и защитного отключения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства и др.

## **5.5 Пожарная и взрывная безопасность**

В зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение лаборатории по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий [30].

Возможные причины загорания и взрыва:

- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей;
- работа с газовыми баллонами

### 5.5.1 Пожарная безопасность

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;



- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении пожара сообщить руководителю, органам противопожарной безопасности предприятия и приступить к тушению пожара огнетушителем [30].

### **5.5.2 Пожаровзрывобезопасность при работе с газовыми баллонами**

Многие газы поступают в лаборатория в сжатом, сжиженном или растворенном виде в стальных баллонах.

По своим свойствам газы разделяются на три группы:

- 1) горючие и поддерживающие горение (ацетилен, водород, пропан — бутан, кислород и т. д.);
- 2) ядовитые (фосген, оксид углерода (II), сероводород, хлор, сернистый газ, аммиак и др.);
- 3) негорючие (азот, аргон, гелий, диоксид углерода).

Опасность работы с газовыми баллонами связана не только с горючестью, взрывоопасностью и ядовитостью содержащихся в них газов, но также с высоким давлением газа в баллоне (до 15 МПа).

При транспортировке, установке и хранении газовых баллонов необходимо придерживаться следующих правил:

1. При транспортировке и установке баллонов следует оберегать их от нагревания, толчков, ударов, падения. При силовом ударе баллон может взорваться.

2. Транспортировать баллоны можно только на специальных тележках или носилках. При перестановке баллонов внутри лабораторного помещения их осторожно перекачивают вручную в наклонном положении. Вентили при транспортировке должны быть обязательно защищены стальными или чугунными предохранительными колпаками, навинчивающимися на горловину баллона. Запрещается переносить баллоны на руках, на плечах или на спине.

3. Баллоны устанавливают в специальных стойках либо прикрепляют их к рабочему столу или стене железными хомутами или цепью.

4. Место для установки баллонов должно быть удалено от источников тепла (электроприборов, батарей парового отопления, газовых горелок); баллон следует предохранять от нагревания солнечными лучами.

5 Запрещается устанавливать непосредственно в рабочих помещениях баллоны вместимостью свыше 12 л с горючими и поддерживающие горение, а также ядовитыми газами. Для их установки выделяют либо специальные подсобные помещения, либо металлические будки, расположенные во дворе рядом с лабораторным корпусом.

Подвод газов от баллонов до рабочего места монтируется работниками соответствующих служб по специальным правилам с помощью медных или стальных трубок.

Рядом с рабочим местом допускается установка баллонов с инертными газами и диоксидом углерода, однако по возможности их также рекомендуется размещать вне лабораторного помещения.

Приводим правила работы с газовыми баллонами.

1. Перед началом работы с баллоном следует внимательно осмотреть вентиль, проверить, не повреждена ли резьба бокового штуцера, нет ли утечки газа, не забито ли отверстие.

2. Перед присоединением редуктора к боковому штуцеру необходимо ослабить регулировочный винт, поворачивая его влево

3. Отбор газа из баллона без редуктора запрещается.

4. Не реже одного раза в год редукторы необходимо сдавать на проверку в службу контрольно-измерительных приборов предприятия (КИП). Не разрешается пользование просроченными или неисправными редукторами.

5. Присоединив редуктор, следует до начала отбора газа убедиться в отсутствии течи. Для этого места соединений смазывают мыльной пеной.

6. При обнаружении течи необходимо, если это возможно, ликвидировать ее — подтянуть резьбовые соединения (предварительно закрыв вентиль), сменить прокладку накидной ганки редуктора и т. п. Самостоятельно

ремонттировать вентиль запрещается. В случае неисправности вентиля баллон подлежит возврату с надписью: «Полный, неисправен вентиль».

7. Отбор газа из баллона осуществляют с помощью регулировочного винта редуктора, медленным вращением его по часовой стрелке до тех пор, пока не установится нужный ток газа по счетчику пузырьков. В качестве счетчика используют склянку

8. Стекланный прибор, в который подают газ из баллона, обязательно должен иметь сообщение с атмосферой. Если не предусмотреть выход газа из прибора, давление внутри последнего быстро возрастет, что может привести к взрыву.

9. По окончании работы закрывают вентиль баллона, дают снизиться давлению, что проверяют по манометру высокого давления редуктора, после чего ослабляют регулировочный винт редуктора, вращая его против часовой стрелки. Запрещается оставлять баллон в нерабочем состоянии с незакрытым вентилем или с неослабленным регулировочным винтом редуктора.

10. Нельзя выпускать весь газ из баллона. При достижении в баллоне остаточного давления 0,1 — 0,15 МПа (1 — 1,5 атм) необходимо прекратить работу, плотно закрыть вентиль, снять редуктор, навернуть заглушку на штуцер вентиля, надеть колпак на баллон, после чего отправить баллон на перезарядку, сделав на нем надпись мелом: «Пустой» [30].

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

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

## Заключение

Таким образом, в ходе диссертационных исследований был обнаружен эффект селективного электро-индуцированного дрейфа ионов стронция. Показано, что эффект обусловлен возбуждением вращательно-поступательного движения надмолекулярных образований, которые формируются из полярных молекул воды вокруг центральных ионов растворенной соли.

Было установлено что на неподвижном и подвижном растворах на частоте 120 Гц происходит эффект разделения. При этом коэффициенты разделения принимают следующие значения:

на подвижном  $\alpha = 1,33$ ;

на неподвижном растворе  $\alpha = 1,195$ .

В результате проделанной работы были проведены серии экспериментов на подвижном растворе, которые показали, что при наличии движения в растворе можно добиться увеличения эффекта разделения. Наличие движения раствора позволило незначительно увеличить коэффициент разделения, но для существенного увеличения коэффициента разделения необходимо провести дополнительные исследования по оптимизации. Кроме того, можно увеличить эффект разделения при помощи каскада, состоящих из проточных разделительных ячеек.

Предложенный метод может найти широкое применение для элементного, а также изотопического обогащения растворов солей.

Таким образом данная методика может быть использована для выделения ионов стронция, что может быть пригодна для получения РФП на основе этого элемента

## Список литературы

1. Захарова Н.С. Особенности получения радиофармацевтических препаратов и их применение: Научное сообщество студентов XXI столетия. – Москва, 2017. – Т.1. – С. 35–40.
2. Способ получения радиоактивного изотопа  $^{89}\text{Sr}$ : учебное пособие/ Абалин С.С., Верещагин Ю.И., Григорьев Г.Ю., Павшук В.А., Пономарев-Степной Н.Н., Хвостюнов В.Е., Чувиллин Д.Ю.– М.: «РНЦ» Курчатовский институт, 2000. – 215 с.
3. Бурштейн К.Я. // Журнал структурированной химии, 1987. Т. 28, №2. С. 179-182.
4. Абрамов А.А., Бадун Г.А. Методическое руководство к курсу «Основы радиохимии и радиоэкологии». Баку: Филиал Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 2011
5. Танганов Б.Б., Сячинова Н.В., Славгородская М.В. Методы выделения и определения (экстракция и хроматография): Учебное пособие /, – Улан-Удэ, из-во ВСГТУ 2004. – 104с.
6. Бусев А. И. Аналитическая химия молибдена. М.: Издательство АН СССР, 1962, - 300с
7. Василенко И.Я., Василенко. О.И. Василенко. “Стронций радиоактивный.” // Энергия: экономика, техника, экология. 2002, N 4, С. 26–32.
8. Пивоваров, Ю.П. Радиационная экология: Учебное пособие студ. вузов по спец. "Экология" [Текст] / Ю.П. Пивоваров. – М.: Академия, 2004. - 240 с.
9. Жерин И.И., Амелина Г.Н. Основы радиохимии, методы выделения и разделения радиоактивных элементов: учебное пособие. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 196 с.
10. Дунин А.В., Нерозин Н.А., Тогаева Н.Р., Хамьянов С.В., Шаповалов В.В. Выделение  $^{82}\text{Sr}$  – сырьё для получения радиофармакологических препаратов. – Обнинск: Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского, 2014

11. Казарян М.А., Ломов И.В., Шаманин И.В. Электрофизика структурированных растворов солей в жидких полярных диэлектриках. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 192 с.
12. Родионова О.Е. Интервальный метод обработки результатов многоканальных экспериментов: М., 2008. 272 с.
13. Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»
14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
15. Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» от 21.11.1995 г. № 170-ФЗ.
16. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 г. № 3-ФЗ.
17. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ.
18. Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ.
19. Федеральный закон «Трудовой кодекс РФ» от 21.12.2001 г.
20. Федеральный закон «Об охране окружающей природной среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г.
21. ГОСТ-15484-81. Излучение ионизирующее и их измерения (термины и определения).
22. ГОСТ 27212-87. Источники ионизирующего излучения радионуклидные закрытые. Общие технические условия.
23. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации радиоизотопных приборов. Санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.1015-01.

24. Ионизирующее излучение. Радиационная безопасность. Обеспечение радиационной безопасности при радионуклидной дефектоскопии. СП 2.6.1.1284-03.

25. «Общие положения обеспечения безопасности радиационных источников» (НП-038-11), утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 05.03.2011 г. № 104.

26. О перечне медицинских противопоказаний и перечне должностей, на которые распространяются данные противопоказания, а также о требованиях к проведению медицинских осмотров и психофизических обследований работников объектов использования атомной энергии, утверждено постановлением Правительства РФ от 01.03.1997 г. № 233

27. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). СП 2.6.1.2612-10.

28. Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность

29. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность..

30. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».

## Приложение А

Таблица А1.

### Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Компактность технологии. Малогабаритность самой установки по дрейфу раствора	Сл1. На раствор подается высокое напряжение.
С2. Наличие необходимого оборудования для проведения исследования	Сл2. Недоработки вспомогательного оборудования.
Возможности	Угрозы
В1. Внедрение на предприятия по разделению изотопов.	У1. Сильная конкуренция с другими разработками.
В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.	У2. Отсутствие спроса.
В3. Использование метода для переработки РАО	У3. Несвоевременное финансовое обеспечение.

Таблица А2

### Соответствие сторон

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экономичность С2. Наличие необходимого оборудования С3. Безопасность	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Сильная конкуренция с другими разработками. Сл2. Слабый дизайн и внешний вид установки
<b>Возможности:</b> В1. Внедрение на предприятия по разделению изотопов. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.	Возможность пройти на большой рынок, в случае заинтересованности предприятий	Для того чтобы заинтересовались разработкой, нужно пригласить людей, с заводоуправления и наглядно продемонстрировать им данную разработку
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на установку из-за малой известности метода. У2. Несвоевременное финансовое обеспечение.	Так как пока спрос на данную установку очень низок, то он может не найти себя на целевом рынке	Незаинтересованность квалифицированными специалистами данной разработкой



## Приложение Б

№	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность в						
				февраль		март				
				15-20	20-28	1-10	11-20	21-31	1-10	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	6							
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	9							
3	Выбор направления исследований	Дипломник	9							
4	Проведение патентных исследований	Дипломник	9							
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник	6							
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, дипломник	12							
7	Построение моделей и проведение экспериментов	Руководитель, дипломник	12							
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Дипломник	5							
9	Анализ и обработка полученных результатов	Руководитель, дипломник	7							
10	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник	5							
11	Определение целесообразности проведения ОКР	Дипломник	5							

## Приложение В

(справочное)

### Study of the concentration distribution of strontium salts in aqueous solutions under the action of an asymmetric electric field

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM71	Болгов С.Ю.		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тимченко С.Н.	к.т.н.		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Преподаватель	Шайкина О.И.			

## Introduction

Russia is one of the world's largest isotope producers and suppliers. Global trends show that the market of isotope products is increasing annually. In 2017, the figures “Revenue (excluding VAT)” and “Cost” increased by 42.3% and 51.4% respectively, which was caused by the growth in sales volumes in the areas of foreign economic activity, isotope products for medical and general industrial use [1]. One of the main consumers of isotopically modified products is nuclear medicine, where isotopes are used to produce radiopharmaceuticals (RFP), diagnose various types of diseases, treat and study oncology. The basis of radiopharmaceuticals includes the following isotopes:

- molybdenum 99;
- iodine 131;
- samarium 153;
- carbon 14;
- technetium 99m.

In modern nuclear medicine, more than 80% of diagnostic procedures are carried out using  $^{99m}\text{Tc}$ , a daughter isotope of  $^{99}\text{Mo}$ . Radiopharmaceuticals based on sodium pertechnetate with  $^{99m}\text{Tc}$  are used for scintigraphy of the brain, thyroid and salivary glands, radionuclide angiocardiology and ventriculography, as well as for selective examination of the liver, lungs, bones, kidneys [1]. Interest in Sr and Y based drugs is also growing.

$^{89}\text{Sr}$  is one of the most modern and effective therapeutic radioisotopes. It is used in oncology for anesthesia, allowing you to give up drugs. The drug containing  $^{89}\text{Sr}$  is injected into the body, is sorbed and spreads through bone metastases, providing a long-lasting analgesic effect, as a result of which there is no need for frequent drug administration, saving the patient from the effect of addiction [2].

Strontium is obtained by irradiating U and Pu in a nuclear reactor, and also known is the reactor method for producing the  $^{89}\text{Sr}$  radioisotope, which consists in irradiating natural strontium with neutrons. In this method, a target of metallic strontium is irradiated in the neutron flux of a nuclear reactor with a thermal

spectrum of neutrons. As a result of the radiation capture reaction on one of the strontium  $^{88}\text{Sr}$  ( $n, \gamma$ )  $^{89}\text{Sr}$  isotopes in the target, the target radioisotope  $^{89}\text{Sr}$  is formed. The method is convenient in that it is implemented in a conventional research nuclear reactor. However, the cross section ( $n, \gamma$ ) of the reaction is only  $6 \cdot 10^{-27} \text{ cm}^2$ , which limits the performance of this method [32]

$^{90}\text{Y}$  is one of the most popular radioisotopes in nuclear medicine and is the product of  $^{90}\text{Sr}$  decay.  $^{90}\text{Y}$  is obtained by the generator method. Radioactive isotope generators are systems of two related isotopes, in which a long-lived parent radioisotope forms a daughter with a lower half-life. In such generators,  $^{90}\text{Y}$  is obtained by radioactive decay of the maternal isotope  $^{90}\text{Sr}$ .

A radioisotope generator is usually a column placed in a special protective container filled with material on which the parent isotope is fixed. It can be delivered to its destination without significant loss of activity and there, many times, as needed, using simple chemical procedures to isolate and use the corresponding target short-lived isotope [2].

The main method for isolating strontium from an irradiated target is the extraction method. It can be extracted from perchlorate, iodide, or rhodanide solutions with tributyl phosphate [3]. However, this method has several disadvantages:

- increased waste;
- long process time;
- complexity.

Therefore, an urgent task is the selection of a method for the isolation of Sr from a solution, in particular by selective drift.

In the NFSI, a selective drift method is being studied, the main task of which was to detect, in a certain frequency range, a change in the concentrations of strontium cations in solutions of the inner and outer zones. This fact would indicate the selective transfer of one type of cations from the outer to the inner zone. In order to ensure the forced transition of cations from the outer to the inner zone, the linear velocity of the movement of the solution in it should be somewhat higher. The main

advantage of this method was that it was reagentless, which means it does not form additional waste.

The purpose of the SRS is to study the distribution of the concentrations of strontium salts in aqueous solutions under the action of an asymmetric electric field.

To achieve the goal it is necessary to solve the following tasks:

- to study the method of selective drift;
- to assemble the separation cell;
- to conduct a series of experimental studies;
- make the appropriate conclusions.

## 1.1 Selective drift

To study the process of selective drift in an asymmetric electric field, we used a solution of a mixture of salts of elements with similar chemical properties. It is also advisable to use salts formed by one acid and obtained in identical technological processes. For example, at the initial stage, the parameters of the drift of solvated  $\text{Sr}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$  cations in an aqueous solution of a mixture of  $\text{SrCl}_2$  and  $\text{CaCl}_2$  salts were studied. The use of elements similar in chemical properties undoubtedly complicates the task, but at the same time it makes it possible to exclude from consideration the influence of the differences in chemical properties on the process under study.

The main difficulty is to analyze the samples for the quantitative content of a cation. In the case of studying a solution of a mixture of salts of  $\text{SrCl}_2$  and  $\text{CaCl}_2$ , X-ray fluorescence analysis was selected as the method for analyzing the samples taken. This method allows to estimate the quantitative content of an element by the intensity of lines of an element in the characteristic spectrum.

## 1.2 experiment

In the course of the experiments, measurements were made of the electric current produced by the potential difference of a solution located in different sections of the cell. Current measurements were carried out every 20 minutes by quickly immersing and extracting inert electrodes from the volume of the sections. In the measurements used a multimeter Protek 506.

Figures 1.1, 1.2 show the time dependences of the current induced by the potential difference of the solution in different sections of the cell, which, in turn, is caused by the action of an asymmetric electric field. Circulation is absent (pump off). After 6–7 hours of action of an asymmetric electric field, the value of the induced current stabilizes at a value of  $(1.8 \pm 0.2) \mu\text{A}$ . When the generator is switched off, the current stops, but the grid potential between 5 and 6 sections relative to the grounded grid is  $(0.58 \pm 0.02) \text{V}$ . After 18 hours, the potential disappears. At the time of generator disconnection, the sample from the 6th section paints phenolphthalein in

raspberry - red. After 18 hours, phenolphthalein does not stain - the solution becomes normal. If the ambient temperature decreases by 10 °C, the accumulated excess concentration of cationic aquacomplexes at the potential grid is maintained for 24–26 hours. This is due to a decrease in the intensity of chaotic thermal motion and, consequently, an increase in the relaxation time.

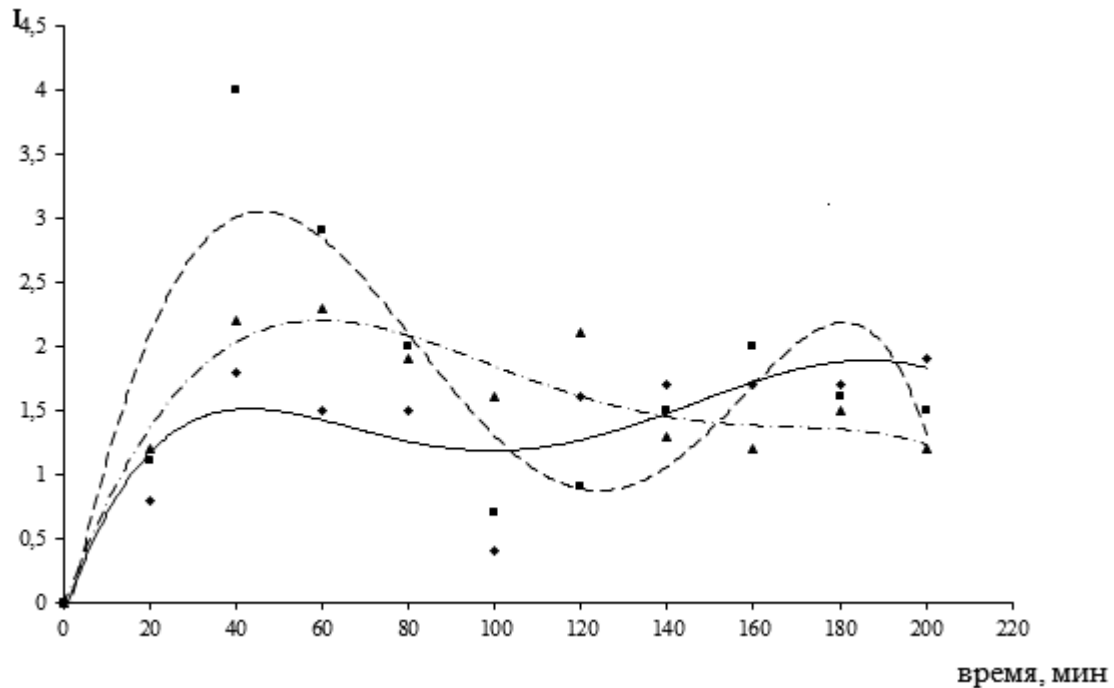


Figure 1.1 – Current induced when an asymmetric electric field is applied,  $\mu\text{A}$  ( $E = 2\text{V} / \text{cm}$ ;  $\nu = 40\text{ kHz}$ ; asymmetry factor 0.75; approximation by a polynomial of the 5th degree)

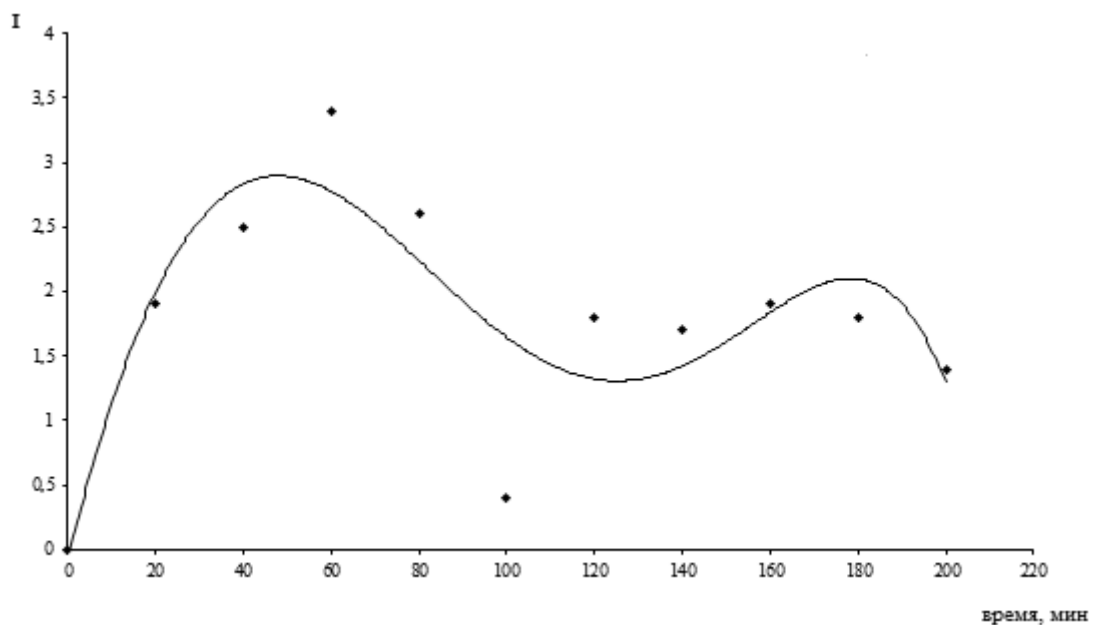


Figure 1.2 - Current induced when an asymmetric electric field is applied,  $\mu\text{A}$  ( $E = 2\text{ V/cm}$ ;  $\nu = 40\text{ kHz}$ ; asymmetry factor 0.75; approximation by a 5th degree polynomial)

Experiments have shown that under the action of an asymmetric electric field, the solvated cations drift. When an asymmetric electric field is applied to a salt solution, a selective drift of oppositely charged aquacomplexes is induced: cationic and anionic. In this case, there is a separation of the directions of drift: toward the grounded and toward the potential of the electrodes. Thus, the electrophysical properties of the solution at the electrodes differ: a normal solution at one of the electrodes acquires alkaline, and at the other - acidic properties. The solution accumulates electrical energy.

In order to determine the spatial distribution of solvated cations with different inertial properties in the volume of the solution placed between two parallel flat electrodes, a more complex experimental design was developed. The experiments were carried out in the cell shown in Figure 1.2. The experimental setup used (Fig. 1.3) is a set of identical sections (height — 135 mm, length — 150 mm, width — 35 mm) placed between potential electrodes.

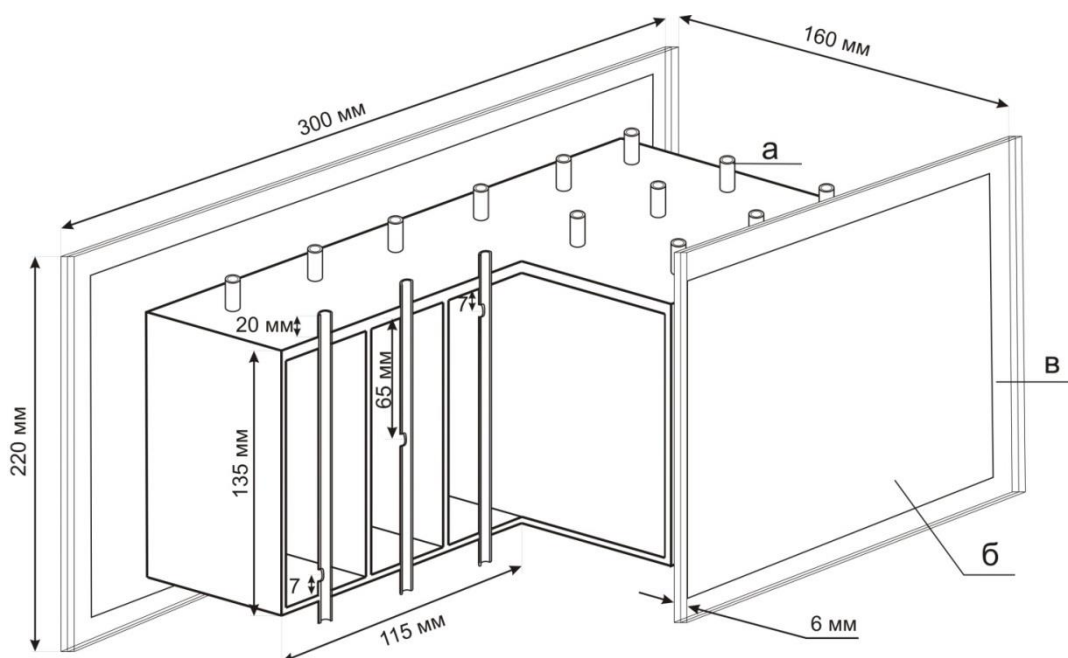


Figure 1.3 - Experimental installation: a - pipes for the selection of the solution; b - flat copper electrode; B - electrode insulation (polymethyl methacrylate)



Sections are separated by impenetrable partitions. The electrodes, which are copper foil, are outside the sections and insulated with polymethyl methacrylate. Due to the fact that one of the section sizes is much smaller than the others, the distribution of cations is analyzed in the experiments only in a plane perpendicular to the electrodes (Fig. 1.3). Samples from the volume of the experimental setup must be taken at nine points (see Fig. 1.3). In order to minimize the disturbance introduced into the cation distribution during sampling, samples were taken from three sections operating under identical conditions: three from the upper part, three from the central part and three from the lower part (see Figure 1.4).

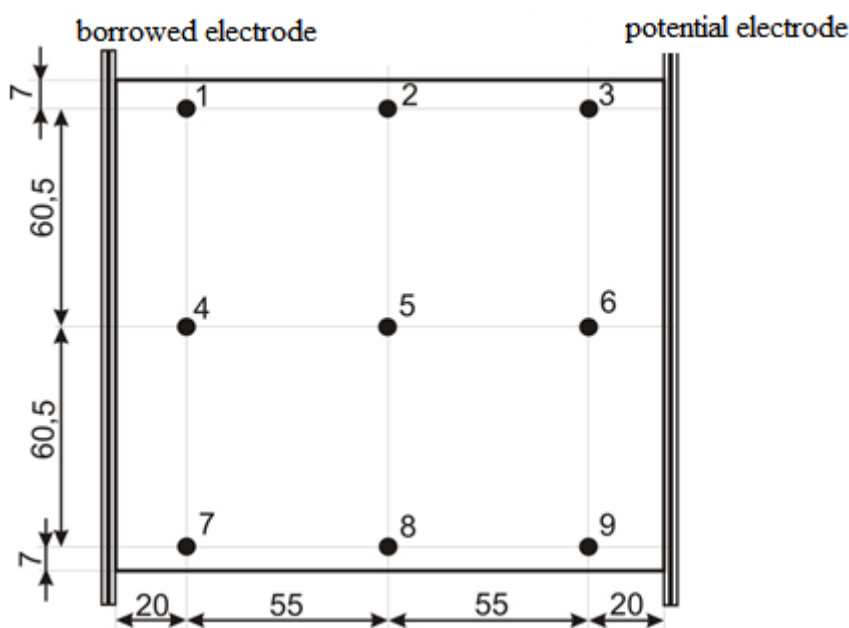


Figure .1.4– Scheme of the experimental section

Sampling was carried out by gravity from rigidly fixed plastic capillaries (nozzles) placed in three different positions in each section. As a result, the distribution parameters of metal cations in the plane perpendicular to the plane of the electrodes were determined (homeotropic geometry). Experiments on the excitation of the phenomenon of selective drift of solvated ions under the action of an external “asymmetric” electric field on a circulating salt solution were carried out on a complex of devices and devices. The block diagram of the complex is shown in Figure 1.5.

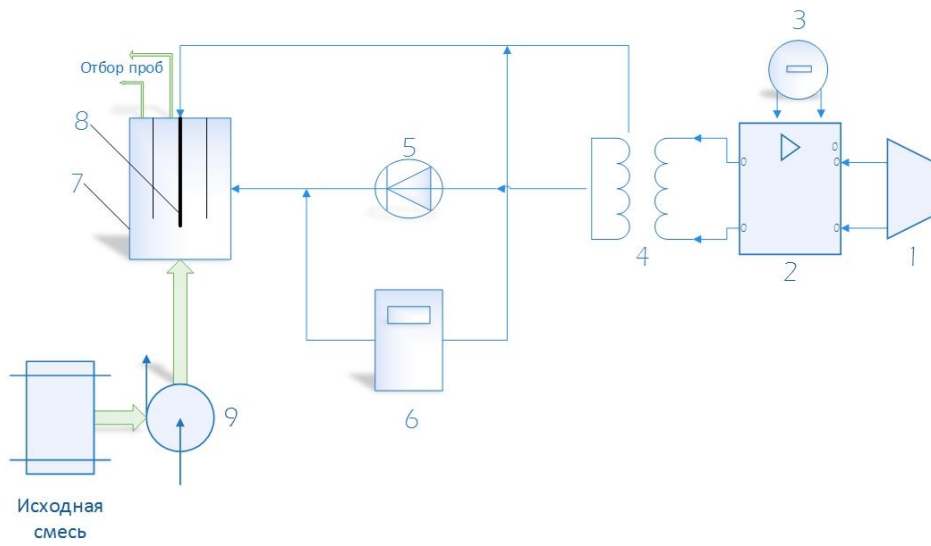


Fig. 1.5 Block diagram of the experimental complex

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Electroinduced drift of solvated ions in salt solution of Ce and Ni [Electronic resource] / H. Li [et. al] // Journal of Chemical Sciences. — 2018. — Vol. 130, iss. 8. — [111, 6 p.]. — Title screen.

2. Separation of Ba and Sr by the method of electrically induced drift [Electronic resource] / Yu. S. Maslennikov [et al.]; scientific hands S. N. Timchenko // Isotopes: technologies, materials and application: materials of the V International Scientific Conference of Young Scientists, graduate students and students, Tomsk, November 19-23, 2018 / National Research Tomsk Polytechnic University (TPU). - Tomsk: Graphics, 2018. - [S. 90]. Electrode

3. Hydraulic and Separation Characteristics of an Industrial Gas Centrifuge Calculated with Neural Networks [Electronic resource] / V. G. Butov [et al.] // AIP Conference Proceedings. — 2018. — Vol. 1938 : Isotopes: Technologies, Materials and Application (ITMA-2017). — [020019, 5 p.]. — Title screen.