

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка установки для получения раствора радона в воде и органической жидкости

УДК 66.021:546.29:544.355

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4Б	Пластун Сергей Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Надежда Кирилловна	к. ф.-м. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к. ф. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков Пётр Николаевич	к. т. н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Профессиональные компетенции	

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
Р9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
Р10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.
Р11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов

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

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ П.Н. Бычков
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А4Б	Пластуну Сергею Андреевичу

Тема работы:

Разработка установки для получения раствора радона в воде и органической жидкости	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 28.03.2018 №545/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Урановая руда, генератор газа радона-222, установка для получения раствора радона в воде и органической жидкости
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Изучение видов воды, содержащихся в грунте; рассмотреть методы определения остаточной водонасыщенности в пластах и образцах керна, используемые за рубежом и в Российской Федерации; конструирование генератора радоновой воды; провести измерения активности водного раствора радона 222 в зависимости от скорости и времени барботажа.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры ОСГН, к.ф.н. Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	Ассистент ОЯТЦ, к. ф.-м. н. Гоголева Т.С.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.03.2018 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Н.К.	к.ф.-м. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4Б	Пластун Сергей Андреевич		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

Период выполнения осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

14.06.2018 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.03.18	Составление и утверждение технического задания	7
05.04.18	Подбор и изучение материалов по теме	10
11.04.18	Выбор направления исследования	5
28.04.18	Проведение эксперимента	45
16.05.18	Анализ и описание результатов	30
30.05.18	Подготовка к защите ВКР	7

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Н.К.	к.ф. - м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков П.Н.	К. Т. Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А4Б	Пластуну Сергею Андреевичу

Школа	ИЯТШ	Отделение шоклы(НОЦ)	ЯТЦ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2018 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к. ф. – м. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4Б	Пластун Сергей Андреевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А4Б	Пластуну Сергею Андреевичу

Школа	ИЯТШ	Отделение школы(НОЦ)	ЯТЦ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Затраты на амортизацию оборудования и эл./энергию 12141,7 руб. Основная заработная плата исполнителей темы 55886,14 руб. Дополнительная заработная плата исполнителей темы 6706,34 руб. Отчисления во внебюджетные фонды 16962,56 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на промышленную электроэнергию 5,8 за 1 кВт·ч Районный коэффициент города Томска -1,3.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Размер страховых взносов - 30%. Пониженная ставка - 27,1%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Иерархическая структура работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка конкурентоспособности технических решений Матрица SWOT График проведения и бюджет НИ Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2018 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4Б	Пластун Сергей Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 85 с., 20 рис., 21 табл., 17 источников.

Ключевые слова: индикаторный метод радоном, остаточная водонасыщенность, генератор раствора радона в воде, объёмная активность радона в воде.

Цель работы – разработка установки для получения раствора радона в воде и органической жидкости и проведение тестовых испытаний.

В процессе исследования проводились: изучение методики измерения объёмной активности радона в проточной и дистиллированной воде.

В результате исследования была разработана установка для получения раствора радона в воде, и проведены измерения активности водного раствора радона в зависимости от скорости и времени барботажа.

Область применения: радиационная безопасность, геология нефти и газа.

Значимость работы: существующие методы определения остаточной водонасыщенности имеют ряд серьёзных недостатков и обладают низкой точностью. В связи с этим требуется разработка более простых и точных методов определения водонасыщенности на основе радиоактивных индикаторов.

В будущем планируется разработка индикаторного метода радоном для определения остаточной водонасыщенности.

Выпускная квалификационная работа выполнена в «Инженерной школе ядерных технологий» ОЯТЦ ТПУ, измерения проведены в г. Томске.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 с применением пакета Microsoft Excel 2013.

Разработка установки для получения раствора радона в воде и органической жидкости

Оглавление

Введение.....	13
1. Виды воды, содержащиеся в грунтах [3].....	16
1.1 Свободная вода	17
1.2 Связанная вода	17
1.2.1 Прочносвязанная вода.....	18
1.2.2 Слабосвязанная вода	20
2. Методы определения водонасыщенности в образцах керна [6]	22
2.1 Прямой метод (метод Закса) определения водонасыщенности.....	23
2.2 Косвенные методы определения остаточной водонасыщенности ...	24
2.2.1 Метод капиллярного вытеснения(капиллярных давлений)	26
2.2.2 Метод центрифугирования	28
2.2.3 Метод сушки(Мессера).....	30
3. Конструирование генератора радона.....	33
4. Эксперимент	38
4.1. Планирование эксперимента	38
4.2. Оборудование и методики измерения объёмной активности радона в проточной и дистиллированной воде	39
5. Результаты эксперимента.....	44
6. Социальная ответственность	47
6.1. Анализ опасных и вредных факторов.....	47
6.2. Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ.....	49
6.2.1. Организационные мероприятия	49
6.2.2. Технические мероприятия	49
6.2.3. Условия безопасной работы.....	52
6.3. Радиационная безопасность.....	55
6.4. Электробезопасность.....	57

6.5. Пожарная и взрывная безопасность.....	59
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	62
7.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	62
7.1.1. Технология QuaD.....	63
7.1.2. SWOT-анализ	65
7.2.1. Определение трудоемкости выполнения НИОКР	68
7.2.2. Разработка графика проведения научного исследования	69
7.2.3. Календарный план-график в виде диаграммы Ганта.....	71
7.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	72
7.3.1. Расчет материальных затрат НТИ	73
7.3.2. Основная заработная плата исполнителей темы.....	74
7.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	76
7.3.4. Накладные расходы.....	77
7.3.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	78
7.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	79
Заключение	82
Список литературы	84

Введение

В нефтедобывающей промышленности ведутся непрерывные геофизические исследования разрабатываемых и уже разработанных месторождений. Главной целью этих исследований является поиск и максимальная реализация углеродосодержащих пластов. Однако общеизвестные геофизические исследования территорий (электрическая, сейсмическая, магнитная, гравиметрическая, радиоразведка и акустические исследования) и скважин (каротажи) не дают полной картины о содержании в них углеводородов. Для решения данной задачи необходимо определить одну из важнейших характеристик породы-водонасыщенность. Существует множество методов определения водонасыщенности как в самих пластах, так и в образцах керна, отобранных в процессе бурения скважин. Основными методами среди них являются: центрифугирование, метод капиллярного вытеснения и метод сушки с повышением температуры (метод Мессера). Но все эти методы имеют ряд серьёзных недостатков. Центрифугирование не подходит для работы с карбонатными образцами, так как разрушает их, а также требует тщательной настройки скорости и времени вращения центрифуги. Метод капиллярного вытеснения требует высокоточного подбора размера пор полунепроницаемой мембраны для надёжного капиллярного контакта между образцом и мембраной. Метод сушки с повышением температуры обладает низкой точностью. В связи с этим требуется разработка более простых и точных методов определения водонасыщенности на основе радиоактивных индикаторов.

Индикаторный метод радоном (в дальнейшем ИМР), разработанный в 70-х годах прошлого столетия, предполагает использование изотопа эманации радия – радона-222, который не образует химических соединений и не вступает в биохимические реакции. Кроме того, радон-222 обладает периодом полураспада в 3,84 дня, что является достаточным временем для

проведения исследований и очень малым для того, чтобы представлять радиационную опасность. Стоит отметить, что данный изотоп не адсорбируется на поверхности пород и оборудования, по сравнению с другими используемыми радиоактивными изотопами, например, натрием-22 или кобальтом-60. Радон хорошо растворяется в воде (коэффициент растворимости $k=0,25$), а ещё лучше растворяется в органических жидкостях, например, в нефти, спирте, керосине (коэффициент растворимости $k=0,8$). Вышеперечисленные свойства радона-222 определяют его использование в качестве маркера - меченого атома для геофизических исследований, дающих полное представление об углеводородах, содержащихся во всех пластах, контактирующих с буровой скважиной.

В настоящее время в нашей стране в соответствии с нормативными документами по радоновой безопасности допускается использование раствора радона для геофизических исследований. [1] Но появление института лицензирования радоновых лабораторий и многочисленные доклады о негативном влиянии радона на организм человека повлекли сокращение исследований по данному методу, несмотря на статьи о полной безопасности метода.

Цель исследования: разработка установки для получения раствора радона в воде и органической жидкости и проведение тестовых испытаний.

Задачи:

- изучить виды воды, содержащиеся в грунте;
- рассмотреть методы определения остаточной водонасыщенности в пластах и образцах керна, используемые за рубежом и в Российской Федерации;
- сконструировать генератор радоновой воды;

- провести измерения активности водного раствора радона ^{222}Rn в зависимости от скорости и времени барботажа.

1. Виды воды, содержащиеся в грунтах [3]

Вода – вещество, обладающее необычными физическими свойствами и высокой активностью в природных процессах, вследствие чего имеет огромное влияние на ход геологических процессов. В грунтах вода находится в порах, капиллярах и на поверхности в различных фазовых состояниях: твёрдом(лёд), жидком(вода) и газообразном(водяной пар), - которые зависят не только от температуры и давления, но и от характера её связи с твёрдой компонентой грунта. По характеру связи вода в грунтах делится на два основных вида: связанную и свободную(таблица 1).

Таблица 1 классификация жидкой компоненты в грунте

Категория воды	Вид воды		Разновидность воды
Связанная	прочносвязанная	адсорбированная	вода островной адсорбции
			вода полислоевой адсорбции
	слабосвязанная	капиллярная	капиллярно-разобщённая
			подвешенная
			собственно-капиллярная
		осмотическая	
Свободная	иммобилизованная		
	гравитационная		просачивающаяся грунтовых потоков

1.1 Свободная вода

Свободная вода – легко отдаваемая и легко перемещающаяся внутри грунтов вода, которая удерживается за счёт капиллярных(иммобилизованная вода) и гравитационных(гравитационная вода) сил.

Иммобилизованная вода находится в замкнутых порах грунта, под действием капиллярных сил, и не способна к движению под действием гравитационных сил.

Гравитационная же вода движется по капиллярам под действием гравитационных сил. Если гравитационная вода находится выше уровня грунтовых вод, то в основном она движется в вертикальном направлении(просачивающаяся гравитационная вода). Если ниже, то гравитационная вода грунтовых потоков движется в горизонтальном направлении.

Данный вид воды(свободный) не представляет интереса при определении остаточной водонасыщенности, так как любое небольшое воздействие внешних сил на образец керна вытесняет всю свободную воду. Чего не скажешь о следующем виде воды – прочносвязанной.

1.2 Связанная вода

Связанная вода, по подсчётам Ф.А. Макаренко, составляет 42% от всей воды, содержащейся в земной коре [2]. Образуется она на поверхности минералов под действием поверхностных сил(электростатических и молекулярных) и оказывает сильное влияние на контактные взаимодействия между отдельными элементами компоненты грунтов. Поэтому наличие различных видов связанной воды, особенно в тонкодисперсных грунтах, существенно влияет на их свойства.

Разнообразие видов связанной воды вызвано различием физических процессов, связывающих воду с твёрдой компонентой грунта. Преимущественно это процессы адсорбции, капиллярной конденсации и осмотические явления. В связи с этим принято выделять адсорбированную, капиллярную и осмотическую воду. Первый вид воды наиболее прочно удерживается на поверхности минералов за счёт водородных, ион-дипольных и диполь-дипольных взаимодействий и называется прочносвязанной. Вторым и третьим видами воды относятся к слабосвязанной.

1.2.1 Прочносвязанная вода

Прочносвязанная вода – слой воды, которые образуются на поверхности частиц в результате процессов адсорбции молекул воды. Данное название адсорбированная вода получила в ходе экспериментов с её отжатием в конце 70-х годов. Было установлено, что отжатие происходит при давлениях более 10 МПа на 1 см² (рис.1), что говорит о прочной связи адсорбированной воды с частицами минералов, что и послужило к названию прочносвязанной.

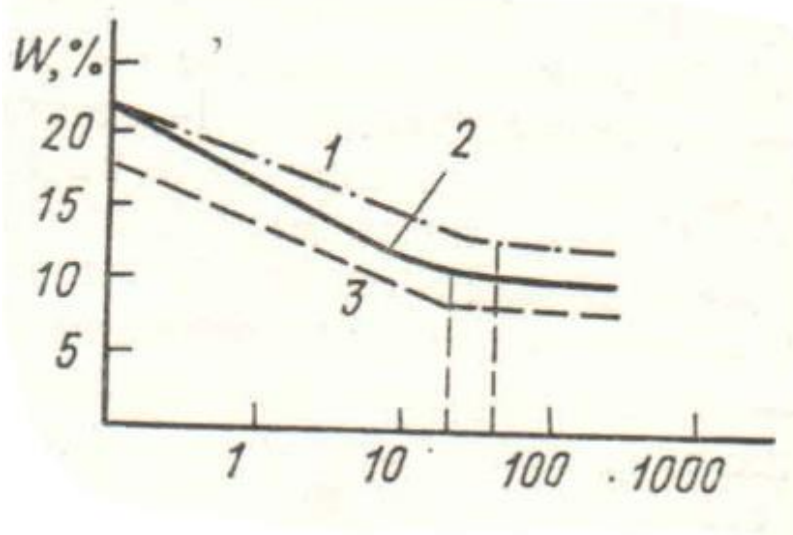


Рис.1 зависимость влажности грунтов от давления

- 1 – глина полимерного состава;
- 2 – каолиновая глина;
- 3 – средний полимерный суглинок.

Прочносвязанная вода неоднородна и подразделяется на два вида, различающиеся по энергии связи с поверхностью минералов: вода островной и полислоистой адсорбции.

Вода островной адсорбции адсорбируется наиболее активными адсорбционными центрами поверхности, в качестве которых зачастую выступают участки с разорванными валентными связями на границах кристаллической решётки. При этом возникают ион-дипольные связи с высокой энергией взаимодействия (40-130 кДж/моль).

Вода островной адсорбции составляет 10-20% от всей воды, содержащейся в керне, и образуется при малой относительной влажности воздуха 20-30%, что соответствует начальной стадии гидратации образцов. Молекулы воды при этом адсорбируются и соединяются вместе на адсорбционных центрах, но не образуют сплошного гидратного покрова. Дальнейшая гидратация образцов приводит к образованию сплошной плёнки воды и к появлению второго вида прочносвязанной воды – воды полислоистой адсорбции.

Вода полислоистой адсорбции образуется при относительной влажности воздуха 30-90% и удерживается на поверхности минералов за счёт сил молекулярного взаимодействия «дальнего» порядка, поэтому энергия её связи с частицами гораздо ниже (0,4-40 кДж/моль), чем у воды островной адсорбции.

Данный вид воды представляет наибольший интерес среди всех видов воды, содержащихся в грунте, и фактически приравнивается к остаточной водонасыщенности в образцах керна. Но максимальное содержание прочносвязанной воды в грунте достигается при относительной влажности воздуха, примерно равной 90%, что подтверждается многочисленными экспериментами по адсорбции воды грунтами (рис.2).

Дальнейшее увеличение относительной влажности воздуха ведёт к образованию следующего вида воды, который незначительно, но влияет на значение остаточной водонасыщенности – слабосвязанная вода.

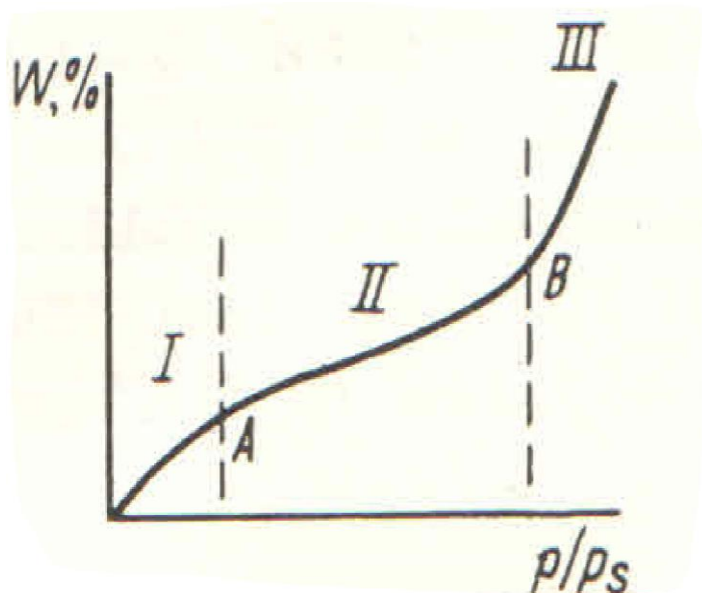


Рис.2 обобщённая изотерма адсорбции воды грунтами. Зависимость влажности грунтов от относительной влажности воздуха

I – вода островной адсорбции;

II – вода полислойной адсорбции;

III – слабосвязанная вода.

Точке A соответствует относительная влажность воздуха 0,3

Точке B соответствует относительная влажность воздуха 0,92

1.2.2 Слабосвязанная вода

Слабосвязанная вода – промежуточный вид воды между прочносвязанной и свободной. К данному виду относится вода, образующаяся при капиллярной конденсации и осмотических процессах [2].

Капиллярная вода в свою очередь подразделяется на подвешенную, собственно капиллярную и капиллярно-разобцённую. Капиллярно-разобцённая обычно образуется в местах соприкосновения частиц и суженных участков пор. Данные участки пор изолированы друг от друга и занимают незначительное пространство по отношению ко всему объёму пор (3-5% в алевролитах, 4-7% в супесях).

С увеличением влажности грунта капиллярные поры целиком заполняются водой. В зависимости от того, соединяется грунт с уровнем

грунтовых вод или нет, образуется собственно-капиллярная или подвешенная вода соответственно.

Собственно-капиллярная вода поднимается вверх от уровня грунтовых вод, и в случае внутригрунтового испарения имеет возможность восполнять воду. Передвижение собственно-капиллярной воды зависит от размера капилляров (0,1-10 мкм - медленно, но высоко; 0,01-1 мм – быстро, но не высоко) и от количества прочносвязанной воды.

Подвешенная вода характерна для алевритов, но не образуется в грубозернистых песках. Образуется она на границе разных по гранулометрическому составу участках при промачивании как однородных, так и слоистых толщ сверху. Подвешенная вода не связана с грунтовой водой и при испарении не восстанавливается.

Осмотическая вода образуется в результате различия в концентрации ионов, находящихся в поровом растворе и вблизи грунтовых частиц. Выравнивание концентрации ионов приводит к образованию воды, молекулы которой связаны с катионами диффузного слоя ионов и, таким образом, удерживаются вблизи частиц. Этот вид воды обладает малой энергией связи ($< 0,4 \text{ кДж/моль}$) и слабо связан с поверхностью частиц. Практический интерес представляет только при работе с глинистыми грунтами, так как образование осмотической воды продолжается и при влажности, значительно превышающей максимальную молекулярную влагоёмкость.

2. Методы определения водонасыщенности в образцах керна [6]

Остаточной водой принято называть её суммарное содержание в объёме пор породы как в физически связанном состоянии (в капиллярах с радиусом 20-30 нм) и капиллярно-удержанном состоянии (удержание происходит капиллярным давлением в углах пор и тупиковых пор с радиусом 30-500нм). Данное содержание характеризуется коэффициентом остаточного водонасыщения:

$$k_{в.о} = \frac{V_{в.о}}{V_{п}}, \quad (1)$$

где $V_{в.о}$ -объём остаточной воды; $V_{п}$ -объём пор.

В петрофизических лабораториях для определения коэффициента остаточной водонасыщенности используют несколько способов, которые можно разделить на две группы. К первой группе относится только прямой метод(метод Закса), которым определяют количество воды в образце породы, извлечённого из продуктивного коллектора скважиной с раствором на нефтяной основе(в дальнейшем РНО), являющейся нефилтующейся промывочной жидкостью [4]. При реализации метода Закса необходимо сохранение всех флюидов, заполняющих поры образца в пластовых условиях, до начала проведения эксперимента.

Ко второй группе относят косвенные способы определения остаточной водонасыщенности, которые различаются условиями моделирования остаточной воды в образце. Схожим для всех способов этой группы является экстрагирование из образца углеводородов и солей, растворённых в пластовой воде и заполняющих его поры в естественном залегании.

2.1 Прямой метод (метод Закса) определения водонасыщенности

Для определения остаточной водонасыщенности прямым методом необходимо выполнить следующие условия:

- Изучаемые образцы керна должны быть извлечены из продуктивного коллектора скважиной с РНО при сплошном отборе в заданном интервале разреза;
- Образцы керна, после извлечения из коллектора, обязаны консервироваться для сохранения в них пластовых флюидов;
- Образец, подлежащий исследованию, расконсервируется и экстрагируется спирто-бензольной смесью в аппарате Закса(рис.3), где извлекаемая из образца при экстракции вода подает в специальную ловушку для воды.

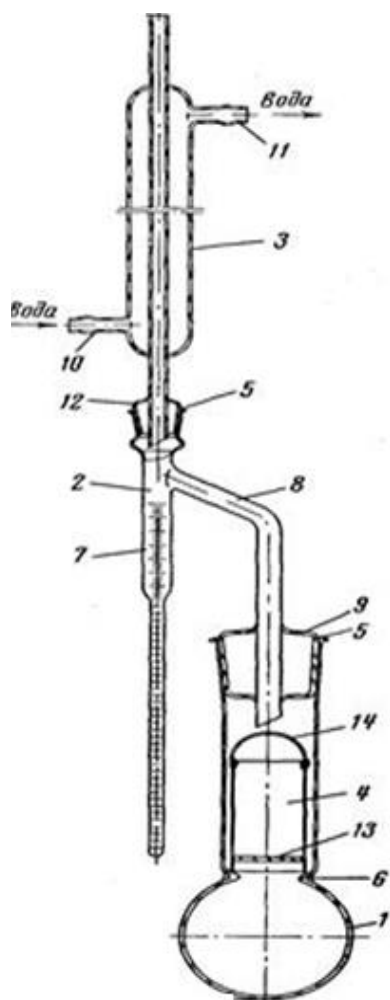


Рис.3 аппарат Закса(ВН-2)

Принцип работы: в колбу(1) наливают спирто-бензольную смесь, в стаканчик(4) кладут заранее взвешенный исследуемый образец. Затем прибор устанавливается на печи, открывается циркуляция воды по патрубкам(10-входящий, 11-выходящий) для работы обратного холодильника(3). Печь включается и спирто-бензольная смесь начинает кипеть при 111°C , его пары проходят по трубке(8) в холодильник(3), где конденсируются и стекают в градуированную часть приёмника(7), по заполнению которой через трубку(8) попадает в стаканчик(4). В стаканчике(4) горячая спирто-бензольная смесь промывает исследуемый образец, растворяя нефть, битум и вымывая и частично испаряя содержащуюся в нём воду. Вода, попавшая в колбу(1) вместе со спирто-бензольной смесью, испаряется и поступает в холодильник(3), где конденсируется и попадает в градуированную часть приёмника снизу, вытесняя за счёт большего удельного веса спирто-бензольную смесь. Этот процесс продолжается до полного испарения воды из исследуемого образца [4].

Выполнив все условия, выделенная из образца керна в ходе экстракции в аппарате Закса и попавшая в градуированную ловушку вода замеряется, что является объёмом остаточной воды $V_{в.о}$. Зная объём образца и коэффициент пористости k_p , вычисляют объём пор V_p и рассчитывают коэффициент водонасыщенности по формуле (1).

Прямой метод считается эталонным для определения остаточной водонасыщенности, так как даёт представление о реальных значениях водонасыщенности в пластовых условиях для изучаемого геологического объекта, несмотря на ряд недостатков. Основным недостатком является потеря жидкости за счёт испарения при консервации образца. Особенно это заметно при консервации рыхлых(легко осыпавшихся) образцов песчаника, где потеря жидкости составляет 5, 10, 15 и 20% от объёма пор соответственно через 20, 40, 60 и 100 минут после извлечения образца. Второй недостаток связан с возможными грубыми ошибками при экстракции образца керна, особенно рыхлой(легко осыпавшейся), глинистой или плотной солесодержащей породы, в аппарате Закса. Вызвано это с потерей массы породы в процессе опыта и удалением из скелета породы солей спирто-бензольной смесью, которые при расчётах могут быть приняты за остаточную нефть [4].

2.2 Косвенные методы определения остаточной водонасыщенности

При использовании любого из косвенных методов определения остаточной водонасыщенности исследуемый образец породы, извлечённый из скважины при бурении на глинистом растворе и содержащий в порах фильтрат промывочной жидкости и не вытесненные пластовые флюиды, экстрагируют в аппарате Сокслета(рис.4), используя для этого спирто-

бензольную смесь или же другие органические растворители: хлороформ и

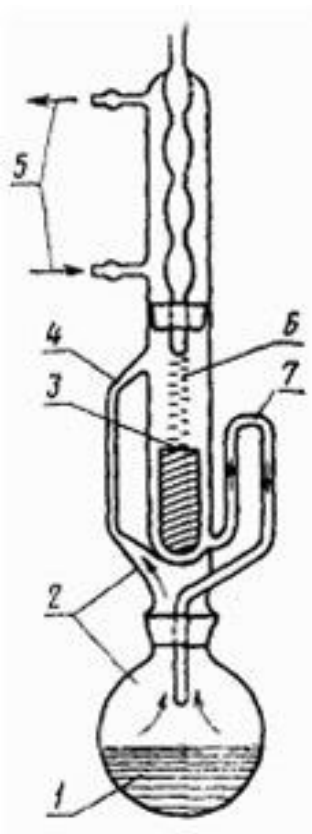


Рис.4 аппарат Сокслета

Принцип работы: в колбу(1) наливается экстрагент(спирто-бензольная смесь), которая нагревается до температуры кипения, пары спирто-бензольной смеси(2) поднимаются по трубке(4) в обратный холодильник(5), охлаждаемый циркулирующей водой. Пары смеси конденсируются и стекают в гильзу(3), где находится исследуемый образец. Пока гильза(3) заполняется растворителем, происходит процесс экстракции. После заполнения гильзы(3), раствор через сифон(7) снова поступает в колбу(1) и цикл повторяется.

толуол [4].

После экстрагирования образец подвергается сушке при постоянной температуре в 100-105°C до постоянной массы в сушильном шкафу и потом взвешивается для определения коэффициента пористости породы. Затем образец насыщают в зависимости от вида косвенного метода пластовой или дистиллированной водой, которую впоследствии удаляют из образца, определяя остаточное содержание воды.

В лабораторной практике применяются следующие косвенные методы: центрифугирования, метод ЯМР, сушки при изменении температуры и с сохранением её постоянной(изометрическая сушка), влагоёмких сред, капиллярного вытеснения, вытеснения воды углеродосодержащей жидкостью, - которые различаются способом удаления воды из образца. Из

всех вышеописанных методов широко применяют только три метода: капиллярного вытеснения, сушки и центрифугирования [5].

2.2.1 Метод капиллярного вытеснения(капиллярных давлений)

Метод капиллярного вытеснения является самым распространённым и точным косвенным методом, так как в исследуемом образце искусственно воспроизводится пластовое состояние равновесия, осуществляемое с помощью малопроницаемой перегородки, содержащей однородные по размеру поры. Размер пор $r_{пр}$ определяется из формулы:

$$r_{пр} = \frac{2\sigma \cos\theta}{\Delta P}, \quad (2)$$

где σ -поверхностное натяжение на границе воздух-вода; θ -контактный угол, значения которого берут в пределах $0 < \theta < 45^\circ$, чаще полагают $\theta=0^\circ$; ΔP -создаваемый максимальный перепад давления на образце.

Для определения остаточной водонасыщенности изучаемый образец, полностью насыщенный водой, помещают в специальную ячейку, которую устанавливают на полунепроницаемую мембрану. Осуществив надёжный капиллярный контакт между мембраной и исследуемым образцом, в ячейке создают небольшой перепад давления ΔP , не превышающий 0,15-0,2Мпа. Максимально допустимый перепад давления $\Delta P_{макс}$, подбирается так, чтобы значения остаточной водонасыщенности по данным прямого и капиллярного методов были наиболее близкими для всей коллекции образцов коллектора при изменении коэффициентов проницаемости и пористости в широком диапазоне. Таким образом, воздух под давлением, являющийся вытесняющей фазой, выдавливает воду из образца до тех пор, пока величина суммарного капиллярного давления P_K в поровых каналах не уравнивает давление

вытеснения ΔP . В образце остаётся только то количество воды, которое удерживается капиллярными силами в состоянии равновесия P_K и ΔP .

В процессе опыта остаточную водонасыщенность $k_{в.о}$ определяют из формулы (3) и строится график зависимости $P_K=f(k_{в.о})$ (рис.5).

$$k_{в.о} = \frac{(V_{п}-V_{в.выт})}{V_{п}}, \quad (3)$$

где $V_{в.выт}$ -объём вытесненной из образца воды; $V_{п}$ -объём пор.

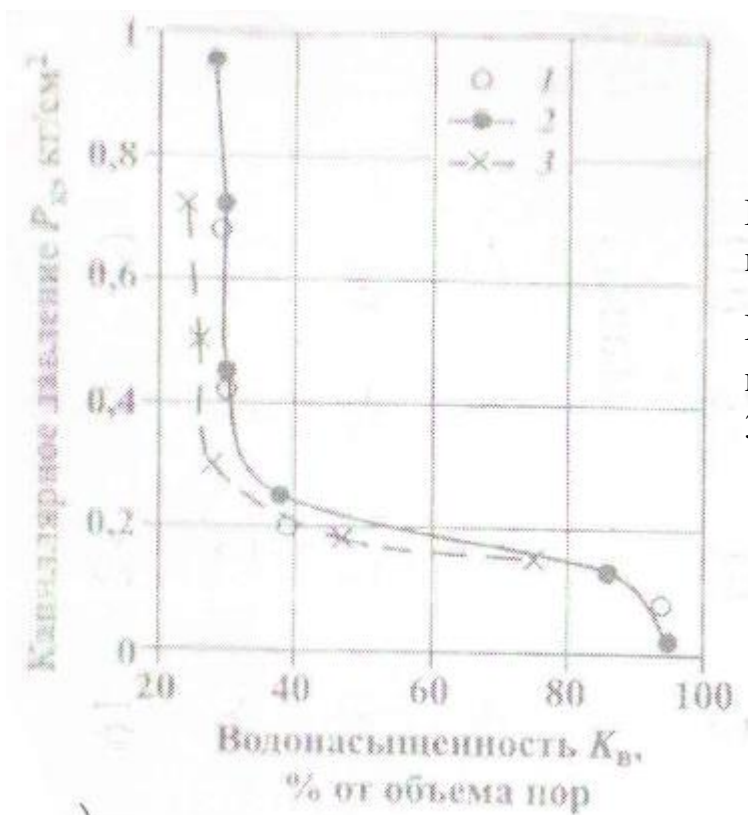


Рис.5 зависимость капиллярного давления от водонасыщенности

Песчаники мелкозернистые, $K_{пр}$ -проницаемость $мкм^2$. 1 – $17 \cdot 10^{-3}$, 2 – $87 \cdot 10^{-3}$, 3 – $555 \cdot 10^{-3}$

Однако значения остаточной водонасыщенности, полученные при использовании воздуха в качестве вытесняющей фазы, целесообразно использовать только для изучения газоносных коллекторов. Для определения остаточной водонасыщенности нефтеносных коллекторов в качестве вытесняющей фазы выступает углеродосодержащая жидкость, например керосин или модель пластовой нефти изучаемого геологического объекта.

Формула для определения остаточной водонасыщенности соответственно принимает следующий вид [5]:

$$k_{в.0} = 1 - \frac{(m_2 - m_3)\delta_в}{(m_2 - m_1)(\delta_в - \delta_н)} , \quad (4)$$

где m_1 , m_2 , m_3 - соответственно массы образцов сухого, насыщенного водой и после завершения опыта; $\delta_в$ и $\delta_н$ - плотности воды и нефти.

При условии выполнения необходимых методических требований метод капиллярного вытеснения может приниматься за стандарт, результаты которого необходимо сопоставлять с результатами других методов для убеждения в правильности полученных данных. Однако данный метод имеет несколько недостатков, главным из которых является продолжительность опыта, которая составляет не менее 2 недель. Вторым недостатком является высокоточный подбор давления вытеснения ΔP , которое зависит от проницаемости и пористости породы. Соответственно, под давление вытеснения ΔP необходимо создать полунепроницаемую мембрану с размером пор, который обеспечит надёжный капиллярный контакт между образцом и мембраной. Всё это привело к разработке косвенного метода с использованием центрифуги.

2.2.2 Метод центрифугирования

Метод центрифугирования предполагает использование центрифуги со стробоскопом. Полностью водонасыщенный образец, прошедший ту же подготовку, что и перед исследованием капилляриметрическим методом, помещают в ячейку ротора центрифуги, на конце которой располагается полунепроницаемая мембрана. Мембрана выравнивает давление на границе двух фаз и устраняет «концевые эффекты». Далее образец центрифугируют в течение некоторого времени с заданной частотой вращения n и вычисляют остаточную водонасыщенность $k_{в.0}$ по формуле (3) .

Физической основой данного метода является достижение больших разностей давления на границе двух фаз в образце водонасыщенной породы под действием значительного ускорения, создаваемого в центрифуге. Вытеснение воды из пор образца происходит при наличии перепада давления ΔP , превышающего капиллярное давление P_K в самых крупных порах, на торцах образца.

Перепад давления ΔP рассчитывается по уравнению:

$$\Delta P = (p_1 - p_2) \cdot g \cdot h, \quad (5)$$

где p_1, p_2 – плотности фаз, г/см³; g – ускорение свободного падения, равное 981 см/с²; h – высота образца, см.

Расчёт величины капиллярного давления P_K производится из следующего уравнения:

$$P_K = 1,11 \cdot 10^5 \cdot (p_1 - p_2) \cdot n^2 \cdot r \cdot h, \quad (6)$$

где n – число оборотов в минуту; $r = \frac{r_1 + r_2}{2}$ – средний радиус вращения образца, см; p_1, p_2 – плотности фаз, г/см³; h – высота образца, см.

В ходе применения данного метода было установлено, что, приступая к определению остаточной водонасыщенности образцов, следует провести исследования оптимального времени центрифугирования и скорости вращения ротора, необходимых для преодоления соответствующих капиллярных давлений в породах различных проницаемостей. Частота и продолжительность вращения выбираются такими, чтобы получаемые значения остаточной водонасыщенности были наиболее близки к значениям остаточной водонасыщенности на тех же образцах, установленным прямым или капилляриметрическим методами. Для этого подбирается коллекция образцов, представительная по отношению к изучаемому объекту, и на них

определяется остаточная водонасыщенность центрифугированием и капилляриметрией [4].

Как отмечалось выше, частота и продолжительность вращения зависят от проницаемости образца. Их значение устанавливается тем большим, чем ниже коэффициент проницаемости $k_{пр}$ образца. Например, для образцов с $k_{пр} > 100 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ обычно используют $n \leq 4000 \text{ мин}^{-1}$ при времени вращения до 30 минут. С уменьшением значения коэффициента проницаемости время вращения доводится до 1 ч, а частота вращения до 6000 мин^{-1} . Таким образом, режим центрифугирования подбирается таким, чтобы обеспечить вытеснение прочносвязанной воды из капилляров с размером пор $r > 0,5 - 1 \text{ мкм}$ подобно капилляриметрическому методу [4].

Метод центрифугирования обладает одним очевидным преимуществом по сравнению с капилляриметрическим методом – значительно меньшая продолжительность проведения эксперимента. Однако обладает существенными недостатками. Главным из них является невозможность проведения исследований карбонатных пород, так как под действием центробежной силы разрушается их структура. Вторым недостатком служит необходимость тщательной настройки режима центрифугирования, основываясь на данных капилляриметрии, и низкая точность определения остаточной водонасыщенности.

2.2.3 Метод сушки(Мессера)

Метод сушки был предложен Е.Мессером в 1950г. Он дал теоретическое и физическое обоснования применения испарения как простейшего косвенного метода для определения остаточной водонасыщенности образцов породы. Физическая основа метода – различная скорость испарения свободной и связанной воды при постоянной температуре.

Методика определения остаточной водонасыщенности образцов породы заключается в следующем. Образец породы, насыщенный моделью пластовой воды, помещают в термостат с температурой 100-105°C с смонтированным на стойке комнатным вентилятором. Вентилятор имеет специальное приспособление для поворота и фиксирования лопастей в

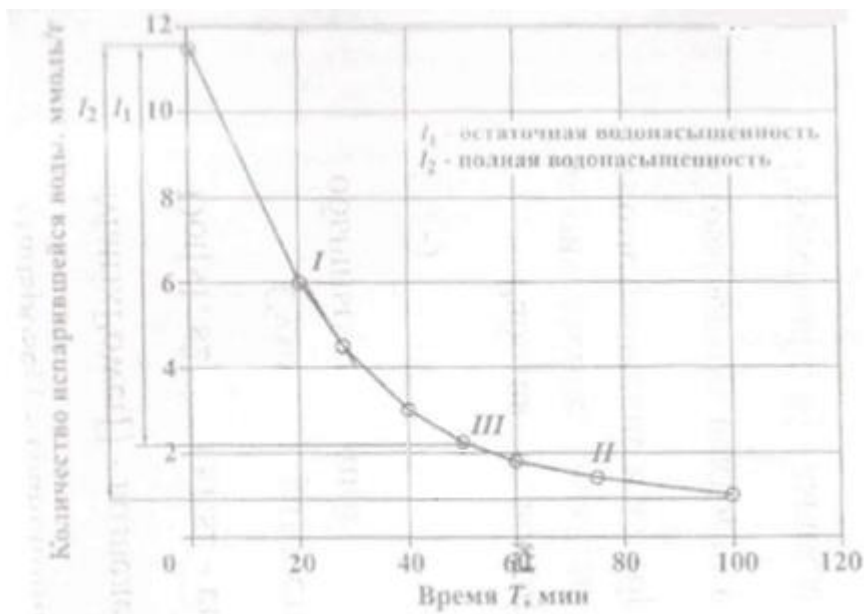


Рис.6 зависимость водонасыщенности от времени для глинистого песчаника

I_1 – остаточная водонасыщенность

I_2 – полная водонасыщенность

Точки перегиба I-III-II

T – время сушки

определённом положении. Образец периодически обдувают воздухом от вентилятора в течение 0,5-1 мин и взвешивают. Продолжительность полного цикла взвешиваний, производимых на автоматических весах, составляет несколько минут. Опыт продолжается до достижения постоянной массы в течение нескольких циклов обдувки. В процессе опыта строится график зависимости водонасыщенности образца от времени высушивания (рис.6), а ордината точки перегиба кривой (т. III) соответствует остаточной водонасыщенности.

Таким образом, суть метода заключается в измерении скорости испарения воды из полностью насыщенного образца до тех пор, пока масса образца в течение некоторого промежутка времени не станет практически постоянной.

Метод сушки является самым простым косвенным методом для определения остаточной водонасыщенности. Однако он рассчитан на удаление лишь физически связанной воды, которая является частью прочносвязанной воды, определяющей значение остаточной воды в образце породы. Поэтому точность измерения остаточной водонасыщенности методом сушки крайне низкая.

3. Конструирование генератора радона

Индикаторный метод радоном(ИМР) подразумевает использование раствора радона-222. Для его получения было необходимо создать стабильный и высокоактивный источник(генератор) радона. С этой целью были изучены существующие и используемые в России и Европе генераторы радона [7,8]. Оказалось, что в России и Европе используются генераторы радона одного типа, основанные на источнике из солей радия-226(рис.7).

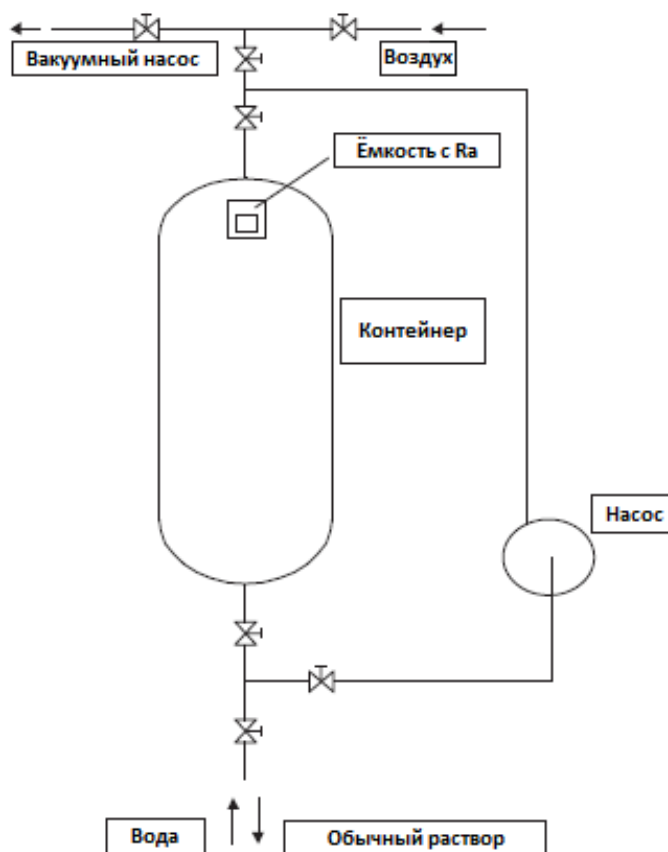


Рис.7 генератор радона с источником из солей радия

Однако при использовании и хранении источника из солей радия возникает ряд существенных проблем. Основная проблема – окисление поверхности источника, взаимодействующей с любой агрессивной средой. Окисление приводит к значительному изменению активности и стабильности источника, а его чистка требует достаточно больших усилий и временных

затрат. Поэтому в качестве источника радона было решено взять урановую руду, не имеющую таких проблем.

Урановая руда – природное минеральное образование, содержащее уран. В нашем случае это было 45кг кремниевых и кварцевых пород, имеющих характерные металлические вкрапления урана-238(рис.8)



Рис.8 урановая руда

Уран-238 имеет большой период полураспада $T_{1/2} = 4,4 \cdot 10^9$ лет, а его радиоактивный ряд содержит радий-226, что делает его идеальным долгоживущим источником радона-222(рис.9)

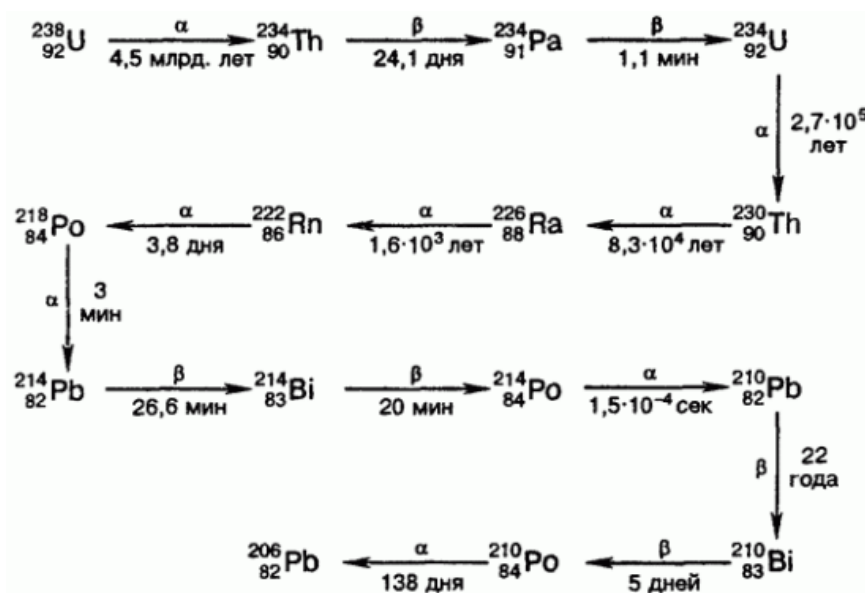


Рис.9 радиоактивный ряд урана-238

Для получения более высокой активности урановую руду было решено раздробить на более мелкие фракции 15...30мм. Дробление руды проведено в вакуумной камере с помощью молотков. При этом использовали средства индивидуальной защиты(СИЗ) - «лепесток», две пары перчаток, прорезиненные фартук и налокотники, халат и чепчик(рис.10).



Рис.10 дробление урановой руды

Дроблённую руду для удобства поместили в пластмассовые контейнеры объёмом 2,2л(150мм высота и 165мм диаметр), в крышках которых по схеме «паутины»(рис.11) были проделаны отверстия диаметром 2мм для обеспечения выхода газа радона-222(рис.12 и 13). Пластмассовые контейнеры поместили в герметичную стальную бочку объёмом 200л(860мм высота и 590мм диаметр) с толщиной стенок 1,4мм и со съёмным верхним

дном, внутреннюю поверхность которой покрасили в два слоя гидрофобным покрытием на основе битума(рис.13).

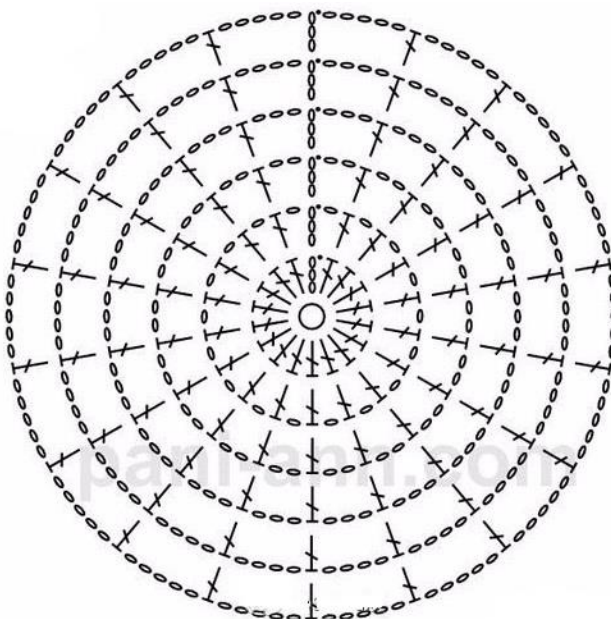


Рис.11 схема «паутина» для отверстий в крышках контейнеров



Рис.12 пластмассовый контейнер



Рис.13 пластмассовые контейнеры с урановой рудой в стальной бочке

Для забора радона, скапливающегося в бочке, а также для замыкания системы, в нижней части и в крышке бочки были поставлены штуцера(рис.14).



Рис.14 генератор радона

4. Эксперимент

Создав генератор радона на основе урановой руды, дальнейшим шагом являлось планирование и проведение эксперимента по получению раствора радона в воде.

4.1. Планирование эксперимента

Эксперимент по получению раствора радона в воде было решено спланировать следующим образом:

1. Определить место расположения генератора радона.
2. Измерить зависимость объёмной активности радона в бочке от времени герметизации.
3. Разработать схему установки для получения раствора радона в воде и органической жидкости(рис.15), включив все необходимые элементы(генератор радона, вакуумный насос, расходомер, осушитель и радиометр). Провести измерения объёмной активности радона в воде.

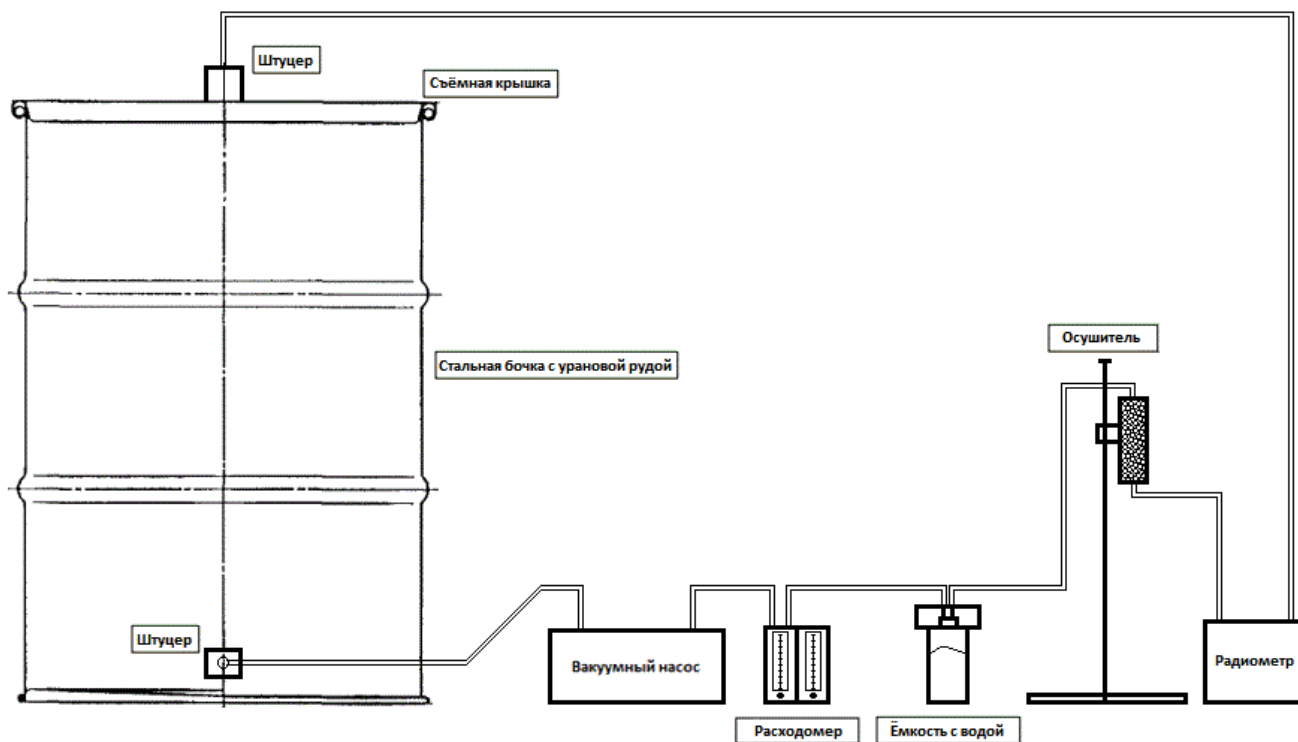


Рис.15 схема установки для получения раствора радона в воде

5. Используя расходомер, подобрать оптимальную скорость и время прокачки вакуумным насосом для получения наибольшей объёмной активности раствора радона в воде.

4.2. Оборудование и методики измерения объёмной активности радона в проточной и дистиллированной воде

В качестве измерительного оборудования было решено взять американский радиометр Rad7(рис.16), который обладает достаточно хорошими техническими характеристиками(табл.2) и необходимой методикой измерения объёмной активности радона в воде.



Рис.16 радиометр Rad7

Таблица 2 технические характеристики радиометра Rad7 [9]

Точность измерений	+/-5% абсолютной точности, 0% – 100% RH(влажность)
Чувствительность	SNIFF режим, 0.25 мкР/ч/(пКи/л), 0.0067 мкР/ч /(Бк/м ³) NORMAL режим, 0.5 мкР/ч /(пКи/л), 0.013 мкР/ч /(Бк/м ³)

Диапазон измерений	0.1 – 80,000 пКи/л (4 – 300,000,000 Бк/м ³)
Внутренний фон	0.005 пКи/л (0.2 Бк/м ³) или меньше
Время восстановления	Остаточная активность в режиме Sniff снижается в 1000 раз за 30 минут
Рабочие диапазоны	Температура: 32° – 113°F (0° – 45° C) Влажность: 0% – 100%, без конденсации
Цикличность	Пользовательское количество циклов, от 1 до 99 до неограниченного, за раз Пользовательское время цикла, от 2 минут до 24 часов

Для проточной воды использовалась система Rad Aqua [10], которая состоит из сосуда для распыления воды с температурным регистратором данных, вакуумного насоса Drystik, предохранителя, осушителя, пассивного осушителя, обратного клапана и радиометра Rad7(рис.17)

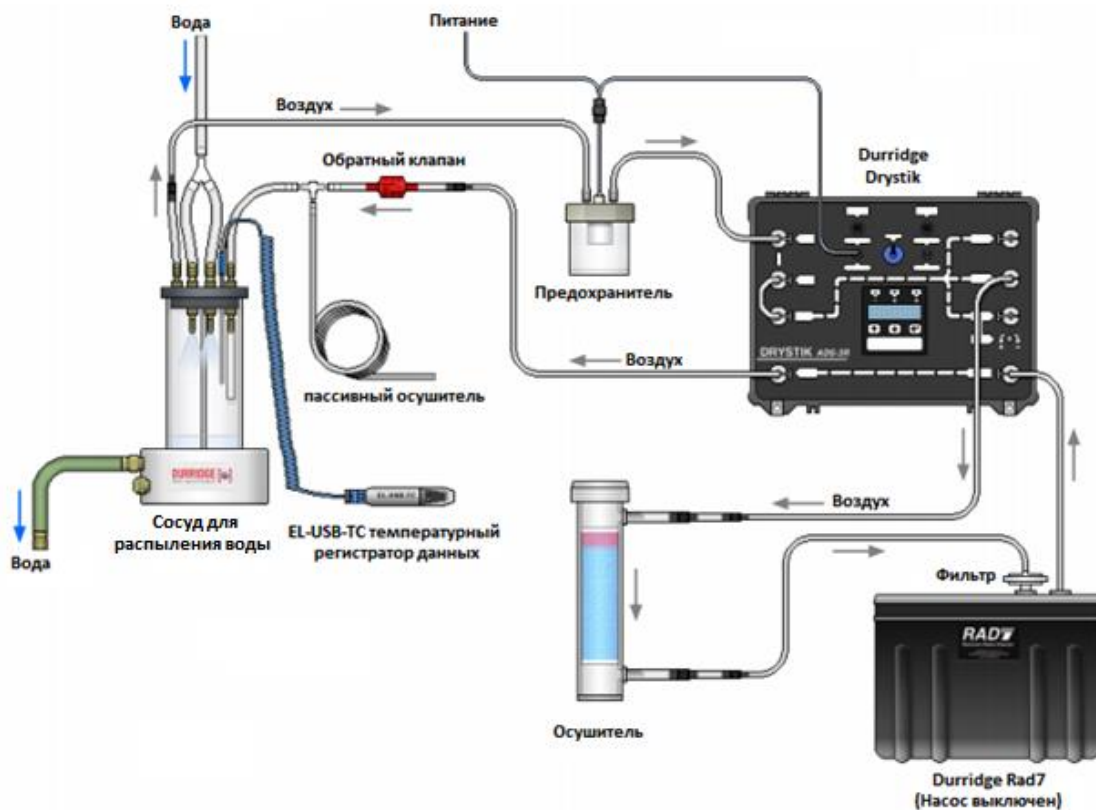


Рис.17 система Rad Aqua в сборе
40

Методика заключается в распылении проточной воды, скорость подачи которой регулируются одним из трёх предлагаемых ниппелей: WL025 – скорость распыления 0,68л/мин, рекомендуется для продолжительного мониторинга в течение 7 дней; WL1 – скорость распыления 4,1л/мин, рекомендуется для непродолжительного мониторинга в течение 1 дня; WL4 – скорость распыления 10,98л/мин, рекомендуется для краткосрочного мониторинга в течение 1ч. Далее вакуумный насос забирает воздух из сосуда для распыления воды и пропускает его через предохранитель, в качестве которого выступает система «поплавок»(вода поднимает поплавок, пока тот не разомкнёт цепь и насос отключится). Воздух проходит через осушитель и нейлоновый фильтр, попадая в ионизационную камеру Rad7, где в зависимости от выбранного цикла(времени на одно измерение) и режима чувствительности производит подсчёт объёмной активности радона в воде. Затем воздух, проходя через обратный клапан, конденсирует влагу(если пары воды ещё содержатся в нём), которая попадает в пассивный осушитель. А остальная часть воздуха попадает в сосуд для распыления воды, замыкая систему. Излишняя проточная вода, уже распылённая в объёме Rad Aqua и скапливающаяся на дне, удаляется с помощью клапана [10].

Для дистиллированной воды использовалась методика Rad H₂O(3D Printed Aerotor Cap) [11], которая состоит из вакуумного насоса Drystik, осушителя, обратного клапана, ёмкости 250мл из стекла с винтовой резьбой под крышку и со стеклянным барботёром, специальной крышки, распечатанной на 3D принтере и радиометра Rad7(рис.18)

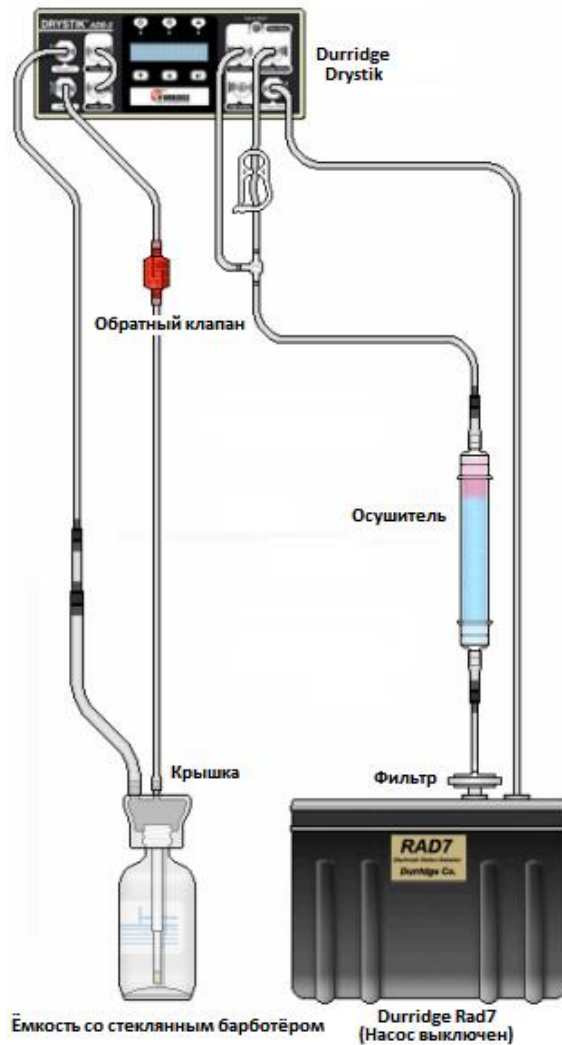


Рис.18 система H₂O в сборе

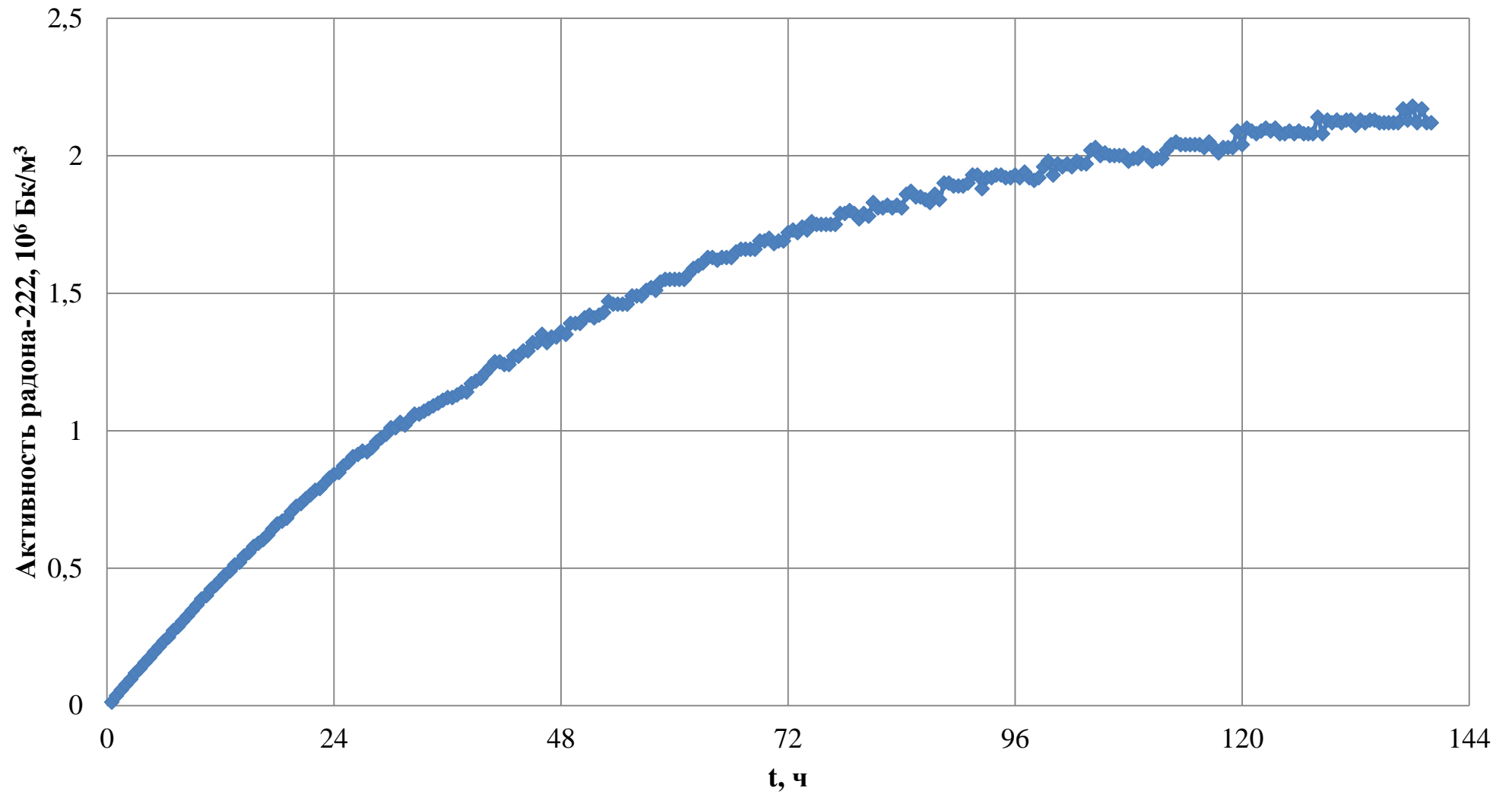
Методика заключается в дегазации воды, находящейся в ёмкости, с помощью стеклянного барботёра. Скорость прокачки выбирается исходя из размера и количества пузырьков воздуха, барботирующих воду. Пузырьков должно быть много, а размер достаточно мал относительно масштаба ёмкости. Газ, выделившийся из воды, откачивается вакуумным насосом. Далее, проходя через осушитель и нейлоновый фильтр, попадает в ионизационную камеру Rad7, где в зависимости от выбранного цикла(времени на одно измерение) и режима чувствительности производит подсчёт объёмной активности радона в воде. Затем воздух проходит через

обратный клапан и попадает в ёмкость со стеклянным барботёром, замыкая систему [11].

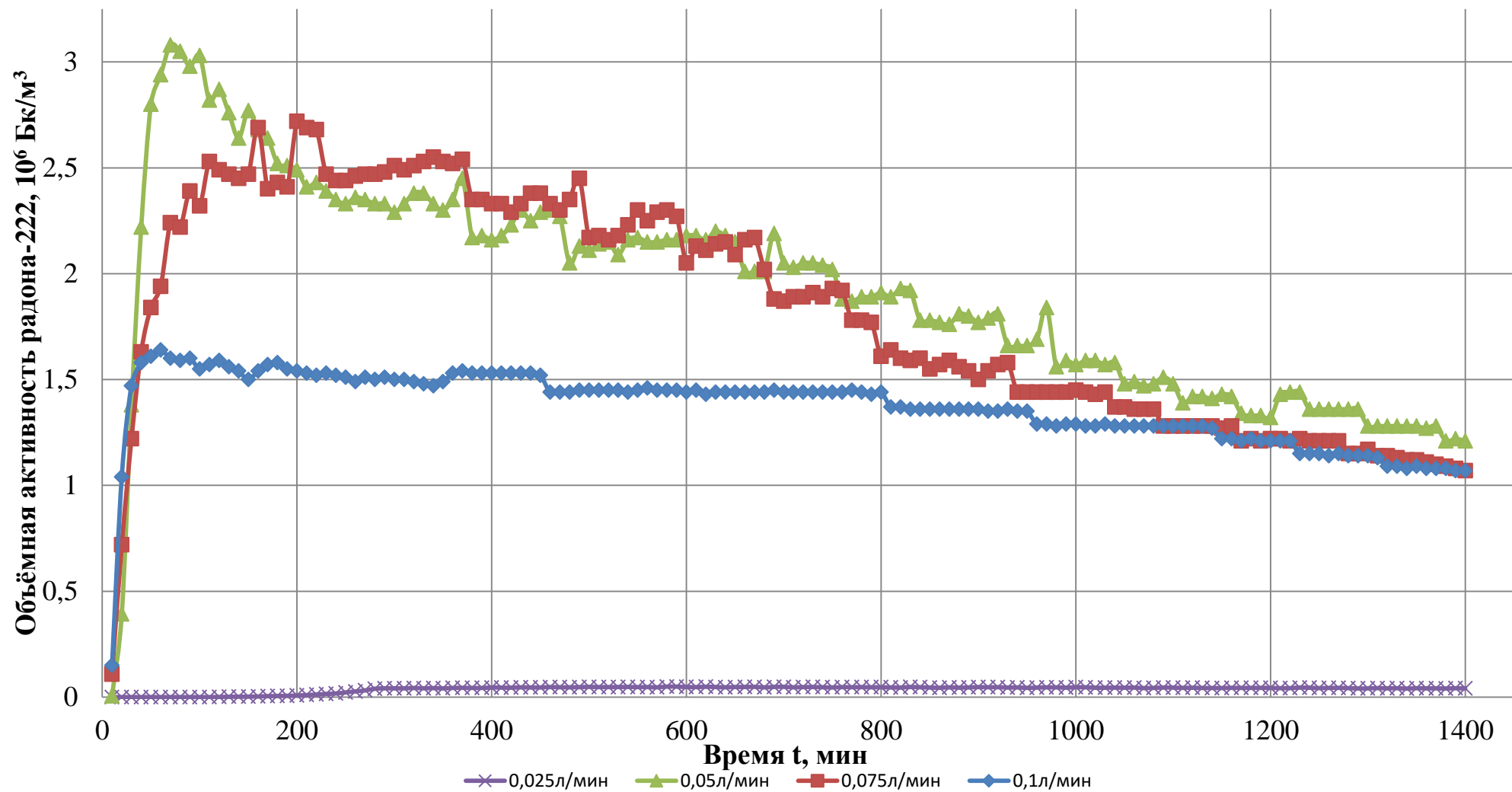
5. Результаты эксперимента

В ходе эксперимента было отработано две методики измерения объёмной активности радона в воде – системой Rad Aqua и H_2O ; отработка проходила на проточной и дистиллированной воде. Измерения показали, что объёмная активность радона в проточной воде составляет 5,2Бк/л, в дистиллированной воде – 0,25Бк/л. Так как в будущем предстоит работать с минерализованными породами(керном), то было решено использовать дистиллированную воду с подходящей для неё методикой измерения – H_2O .

Зависимость объёмной активности радона-222 в воздухе бочки от времени герметезации



Объёмная активность радона-222 в воде в зависимости от скорости прокачки воздуха из генератора радона



6. Социальная ответственность

Охрана труда - это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека во время труда.

Полностью безопасных и безвредных производств не существует. Задача охраны труда — свести к минимуму вероятность поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда. Реальные производственные условия характеризуются, как правило, наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов.

Опасным производственным фактором согласно [12] называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

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

6.1. Анализ опасных и вредных факторов

Дипломная работа была выполнена в инженерной школе ядерных технологий ОЯТЦ ТПУ. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при написании дипломной работы представлены в таблице 3.

Таблица 3 – 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	
Экспериментальные исследования с генератором радона на урановой руде; обработка данных на ПК в лаборатории 121	Повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне		Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СП 2.6.1.2523-09.
		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.)		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
		Пожароопасность	ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

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

На инженера, который работает на компьютере, воздействуют следующие факторы:

- физические: температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой частоты; освещённость; наличие излучения; психофизиологические.
- психофизиологические опасные и вредные производственные факторы делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

6.2. Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на персонал

6.2.1. Организационные мероприятия

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

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.

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

6.2.2. Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости изображены на рисунке 19.

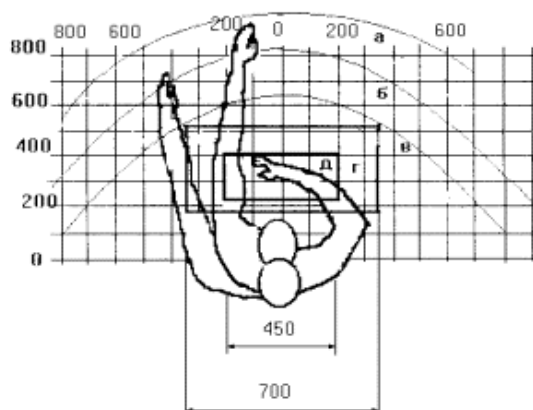


Рисунок 19 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования:

- высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800мм;
- 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.

Организация рабочего места показана на рис. 20.

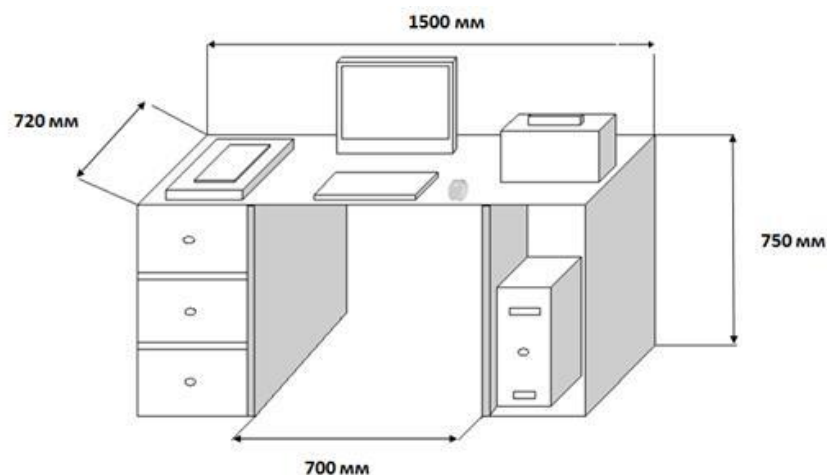


Рисунок 20 – Схема организации рабочего места

Рабочее кресло должно быть подъёмно-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 заглаблённым передним краем.

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

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

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

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

поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

6.2.3. Условия безопасной работы

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

Микроклимат – комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающий влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата и приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Оптимальные параметры микроклимата

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

Таблица 5 – Допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже допустимо	Диапазон выше допустим		Для диапазона ниже	Для диапазона выше
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Тёплый	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

Температура – степень нагретости воздуха в рабочем помещении. По закону при восьмичасовом рабочем дне температура воздуха в офисном помещении должна составлять 23-25°C в теплое время года и 22-24 °С в холодное (при относительной влажности 40-60%). Отклонение от нормы разрешено лишь на 1-2 °С. Допустимое колебание температуры во время рабочего дня – не больше 3-4 °С [13].

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. При объеме помещения до 20 м³ в него должно подаваться, не менее 30 м³/ч наружного воздуха на одного человека. В случае объема помещения более 40м³ на одного человека допускается естественная циркуляции, но с учетом отсутствия выделения вредных веществ.

В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что подача приточного воздуха идет в помещения без предварительной очистки и подогрева.

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.

В работе [13] приведены следующие значения уровня шума в помещениях офисов, проектных и научно-исследовательских организаций:

- допустимый уровень – 45 дБ;
- максимальный уровень – 60 дБ;

- оптимальный уровень – 50 дБ.

При выполнении работы на ЭВМ уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [13] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

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

Плотность магнитного потока должна быть не более:

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

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

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

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 мкбэр/час. По нормам [13] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м 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.

В производственном помещении применяется общее равномерное освещение с помощью люминесцентных ламп.

Согласно требованиям [14] освещенность рабочих поверхностей должна быть не менее 200 лк.

6.3. Радиационная безопасность

Главная цель радиационной безопасности – охрана здоровья людей от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиационной безопасности.

Главным документом по радиационной безопасности при организации работ с источниками ионизирующих излучений является “Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений”.

В ходе работы были проведены измерения объемной активности радона в воздухе генератора и в воде. Содержащаяся в бочке урановая руда и газ радон являются источниками ионизирующего излучения.

Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить торможение функции кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям и др. Необходимо применять защитные меры, которые должны предотвращать радиоактивное загрязнение воздуха, поверхности рабочих помещений, кожи и одежды персонала.

Существуют допустимые уровни доз, которые может получить человек. Уровни разделяются в соответствии с категорией по нормам радиационной безопасности.

Персонал (группа А) – лица, работающие с техногенными источниками, ионизирующими излучением, или находящиеся по условиям

работы в сфере их воздействия (группа Б). Население – все лица, включая персонал вне работы. Пределы допустимых доз для персонала группы А и населения приведены в табл. 6.

Таблица 6 – Пределы допустимых доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал группы А	Население
Эквивалентная доза	20мЗв	1мЗв
Эквивалентная доза за год:		
В хрусталике	150мЗв	15мЗв
в коже	500мЗв	50мЗв
в кистях и стопах	500мЗв	50мЗв

Пределы доз и допустимые уровни для персонала группы Б равны 1/4 от группы А.

Значения проектной мощности эквивалентной дозы для стандартной продолжительности пребывания в помещениях и на территориях персонала и населения приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Мощность эквивалентной дозы используемой при проектировании защиты

Категория облучаемых лиц		Назначение помещения	Продолжительность облучения, ч/год	Проектируемая мощность дозы, мкЗв/ч
Персонал	гр.А	Постоянное пребывание	700	6,0
		Временное пребывание	850	12
	гр.Б	Помещение организации и территория С.З.З., где нах-ся. пер.гр.Б	2000	1,2

Продолжение таблицы 7

Население	Любое другое помещение и территория	8800	0,06
-----------	-------------------------------------	------	------

Для защиты от мелкодисперсной радиоактивной пыли при измельчении урановой руды на более мелкие фракции все работы проводились в вакуумной камере. Кроме того использовались средства индивидуальной защиты: маска «лепесток», две пары перчаток, прорезиненные фартук и налокотники, халат и чепчик. Работы с рудой и измерениями объёмной активности радона в воздухе генератора или в воде проводились без превышения мощности эквивалентной дозы для персонала группы Б, а значит данные измерения проводились в условиях радиационной безопасности для человека.

6.4. Электробезопасность

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

Влияние электрического тока на организм человека носит разносторонний характер, и может привести как к легкому, так и к тяжелому исходу.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое и биологическое действия:

- нагрев тканей вплоть до ожогов;
- разложение крови и плазмы – нарушение физико - химического состава;
- возбуждение тканей организма (судороги).

Действие тока может привести к электрической травме.

Таким образом, действие тока на организм человека может быть местным и общим. Общее (рефлекторное) поражение – электрический удар, представляет для человека наибольшую опасность: нарушается работа центральной нервной и сердечно – сосудистой систем, что приводит к фибрилляции и параличу сердца, а также к остановке дыхания.

Степень опасности и исход поражения электрическим током зависят от ряда причин. Основными из них являются: величина тока, проходящего через организм; путь прохождения тока; продолжительность действия тока; частота тока и сопротивление человека в момент соприкосновения с токоведущими частями, которые, в свою очередь, зависят от состояния окружающей среды (температура, влажность воздуха и т.д.).

Безопасной для человека является величина переменного тока – 10мА, постоянного – 50мА, безопасное напряжение 12В.

Помещение, в котором проводится работа, относится к группе помещений без повышенной опасности: сухое (влажность воздуха не превышает 75%), не жаркое (температура не превышает 28°С), с токонепроводящими полами, без токопроводящей пыли и химически активной среды. Все провода, подводящие напряжение к электрооборудованию, электроизолированы и находятся в заземленной металлической оплетке. Рубильник распределительного щитка имеет пластмассовый кожух. Также имеются отключающие автоматы. Выполнен контур защитного заземления из стальной полосы сечением 30 мм² по периметру помещения. Все электрические приборы в лаборатории заземлены.

Согласно [15] заземляющее устройство должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,4 Ом.

Для предотвращения появления статического электричества и защиты от его влияния в помещении необходимо использовать нейтрализаторы и

увлажнители, а полы должны иметь антистатическое покрытие. Конструкция пола в помещении обеспечивает сток и отвод статического электричества. Покрытие пола выполнено из гладких, прочных, обладающих антистатическими свойствами материалов.

6.5. Пожарная и взрывная безопасность

Согласно [16], 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. Помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, так как содержит твердые сгорающие вещества.

Возможные причины загорания:

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

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 относятся: 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);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;
- 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.

В помещении с электрооборудованием, во избежание поражения электрическим током, целесообразно использовать углекислотные или порошковые огнетушители. Данные огнетушители предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, электроустановок под

напряжением до 1000 В, горючих жидкостей. Химические и пенные огнетушители не допустимы.

Огнетушители следует располагать на защищаемом объекте в соответствии с требованиями [17] таким образом, чтобы они были защищены от воздействия прямых солнечных лучей, тепловых потоков, механических воздействий и других неблагоприятных факторов (вибрация, агрессивная среда, повышенная влажность и т. д.). Они должны быть хорошо видны и легкодоступны в случае пожара. Предпочтительно размещать огнетушители вблизи мест наиболее вероятного возникновения пожара, вдоль путей прохода, а также около выхода из помещения. Огнетушители не должны препятствовать эвакуации людей во время пожара.

Согласно требованиям пожарной безопасности, на этаже находится 2 огнетушителя ОП-3 – огнетушители переносные порошковые, лестничные пролеты оборудованы гидрантами, имеется кнопка пожарной сигнализации.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководству (дежурному);
- позвонить в аварийную службу или МЧС;
- принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Научно-исследовательские работы (НИР) – это работы научного характера, связанные с научным поиском, проведением исследований с целью получения научных обобщений, изыскания принципов и путей создания (модернизации) продукции, они включают в себя:

- 1) фундаментальные исследования, выполняемые с целью расширения научных знаний, явлений и закономерностей их развития безотносительно к их конкретному практическому применению;
- 2) поисковые исследования, выполняемые с целью нахождения путей использования выявленных явлений и закономерностей в конкретной области науки и техники для создания принципиально новых изделий, материалов и технологий;
- 3) прикладные исследования, направленные на решение научных проблем, совершенствование методов с целью получения конкретных результатов, используемых в опытно-конструкторских разработках при создании научно-технической продукции (в том числе технических средств обучения).

7.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования является установка для получения раствора радона в воде и органической жидкости. Эта установка будет полезной при разработке индикаторного метода радоном для определения коэффициентов остаточной водо- и нефтенасыщенности, которые используют для оценки целесообразности выработки нефтяного месторождения.

Сегментировать рынок услуг можно по следующим критериям: оценка целесообразности выработки, разработка новых технологий.

Таблица 8 - Карта сегментирования рынка услуг

		Организации	
		Нефтегазодобывающие компании	Научно - исследовательские институты
Область применения	Оценка целесообразности выработки		
	Разработка новых технологий		

Из карты сегментирования услуг видно, что целевым рынком данного исследования будут нефтегазовые компании и научно-исследовательские институты.

7.1.1. Технология QuaD

В основе технологии лежит нахождение средневзвешенной величины групп показателей. Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i B_i = 73,55 \quad (8)$$

где P_{cp} – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,1	70	100	0,7	7
2. Помехоустойчивость	0,1	50	100	0,5	5
3. Надежность	0,12	50	100	0,8	6
4. Безопасность	0,11	95	100	0,9	10,45
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,09	70	100	0,7	6,3
6. Простота эксплуатации	0,18	90	100	0,8	16,2
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность продукта	0,07	70	100	0,6	4,9
8. Цена	0,08	90	100	0,9	7,2
9. Финансовая эффективность научной разработки	0,09	70	100	0,3	6,3
10. Наличие сертификации разработки	0,06	70	100	0,1	4,2
Итого	1				73,55

Таким образом, средневзвешенное значение показателя качества и перспективности данной научной разработки получилось приблизительно равным 76, что позволяет говорить о том, что исследование является эффективным, так как обеспечивает приемлемую точность и качество результатов. Дальнейшее инвестирование данной разработки можно считать целесообразными.

7.1.2. SWOT-анализ

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

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

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

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

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

SWOT-анализ данного научно-исследовательского проекта представлен в таблице 10.

Таблица 10 — SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Простота в использовании 2) Высокая точность измерений 3) Относительная дешевизна 4) Минимальные затраты времени на получение результата 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Облучение персонала при применении метода 2) Необходимость оборудования специальных лабораторий
Возможности:		
<ol style="list-style-type: none"> 1) Появление спроса на новый метод в связи с уменьшением запасов доступной нефти 	<p>V1 – C1...C5 – повсеместное внедрение данного метода для лабораторных исследований</p>	<p>V1 – C1, C2 – дополнительное финансирование на оборудование лабораторий, снабжения персонала новейшими средствами защиты, разработка методического материала использования метода, проведение дополнительных дозиметрических изысканий.</p>
Угрозы:		
<ol style="list-style-type: none"> 1) Существование сан. - пин. надзора 2) Конкуренция в научной среде 3) Радиофобия 4) Отсутствие финансирования на разработку 	<p>U2 – C1...C5 – разработка метода, который будет проще, точнее, дешевле и т.д.</p>	<p>U1, U3 – C1, C2 – запрет/ограничение использования данного метода.</p> <p>U2 – C1, C2 – разработка другого метода без вышеизложенных недостатков</p> <p>U4 – C2 – полное отсутствие развития</p>

Из SWOT-анализа видно, что для реализации данной работы необходимо получить дополнительное инвестирование (получение грантов, субсидий, премиальных и т.д.).

7.2. Планирование научно-исследовательской работы

Научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки разбиваются на этапы в соответствии с ГОСТ 15.101-98, (для НИР) ГОСТ Р 15.201-2000 (для ОКР). В зависимости от характера и сложности НИОКР ГОСТ допускает разделение этапов на отдельные виды работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться от 3 до 15 человек. В рамках данной работы была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли:

- руководитель;
- студент.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению НИР, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Определение направления исследования и изучение технической литературы	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Разработка установки для получения радоновой воды	6	Разработка схемы установки	Студент
	7	Конструирование установки	Студент

Продолжение таблицы 11

Экспериментальные исследования	8	Измерение зависимости объёмной активности радона в бочке от времени герметизации	Студент
	9	Измерения объёмной активности радона в воде в зависимости от времени и скорости прокачки воздуха из бочки	Студент
Анализ полученных результатов	10	Анализ, обработка и описание полученных результатов	Студент
Оформление отчета по НИР	11	Проверка полученных результатов	Руководитель
	12	Составление пояснительной записки	Студент

7.2.1. Определение трудоемкости выполнения НИОКР

Следующим этапом является определение трудоемкости выполнения НИОКР. Трудоемкость выполнения НИОКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{майi}}{5}, \quad (9)$$

где $t_{ожi}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, (чел.-дн.); $t_{минi}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), (чел.-дн.); $t_{майi}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), (чел.-

дн). Вычисление трудоемкости проводится следующим образом с использованием вышеприведенной формулы:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1.8. \quad (10)$$

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 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (11)$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, (раб. дн.); $t_{\text{ож}i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, (чел.-дн.); $Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, (чел.). В ходе данной работы количество человек, выполнявших каждую из работ на каждом из этапов, равняется одному.

Вычисление продолжительности каждой работы проводится следующим образом с использованием вышеприведенной формулы:

$$T_{pi} = \frac{1.8}{1}. \quad (12)$$

Результаты расчётов трудоёмкости представлены в таблице 11.

7.2.2. Разработка графика проведения научного исследования

Затем был разработан календарный план работ. В ходе данной работы был построен ленточный графика проведения НИР в форме диаграмм Ганга. 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 календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (13)$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения одной работы, (кален. дн.); T_{pi} - продолжительность одной работы, (раб. дн.); k - коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Расчёт коэффициента календарности производится по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} = 1.22, \quad (14)$$

где, $T_{кг}$ - количество календарных дней в году ($T_{кг} = 365$ дн.); $T_{вд}$ - количество выходных дней в году ($T_{вд} = 52$); $T_{пд}$ - количество праздничных дней в году, ($T_{пд} = 14$). Расчетную величина продолжительности работ T_{ki} была округлена до целых чисел. Вычисление длительности этапов в календарных днях проводится следующим образом с использованием вышеприведенной формулы:

$$T_{ki} = 1,8 \cdot \frac{365}{365 - (52 - 14)} = 2. \quad (15)$$

Расчетные данные сведены в таблице 12, на основании которой был построен календарный план-график.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

i	Исполнитель	$t_{min i}$	$t_{max i}$	$t_{ож i}$	Ψ_i	T_p , раб.дн	T_k , кал.дн.
1	Руководитель	1	3	1,8	1	1,8	2

Продолжение таблицы 12

2	Студент	3	6	4,2	1	4,2	5
3	Руководитель	1	2	1,4	1	1,4	2
4	Руководитель	2	4	2,8	1	2,8	3
5	Руководитель	4	7	5,2	1	5,2	6
6	Студент	2	4	2,8	1	2,8	3
7	Студент	31	35	32,6	1	32,6	40
8	Студент	6	7	6,4	1	6,4	8
9	Студент	4	5	4,4	1	4,4	5
10	Студент	5	7	5,8	1	5,8	7
11	Руководитель	1	2	1,4	1	1,4	2
12	Студент	5	7	5,8	1	5,8	7
Итого		65	89	74,6	-	74,6	90

7.2.3. Календарный план-график в виде диаграммы Ганта

На основании полученных данных был построен план-график в виде диаграммы Ганта. График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Календарный план-график выполнения данной дипломной работы представлен ниже.

Таблица 13 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Исп	T _к ^к кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Март			Апрель			Май					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Р	2												
2	С	5												

Продолжение таблицы 13

3	Р	2										
4	Р	3										
5	Р	6										
6	С	3										
7	С	40										
8	С	8										
9	С	5										
10	С	7										
11	Р	2										
12	С	7										

 - студент;  - руководитель.

7.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;

- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

7.3.1. Расчет материальных затрат НИИ

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 14.

В данной дипломной работе в качестве спецоборудования на протяжении 20 дней использовался радиометр с внешним вакуумным насосом. Его ориентировочная стоимость составляет 2 млн. рублей, а срок службы 10 лет.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{аморт}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot t}{T} = \frac{2000000 \cdot 20}{10 \cdot 365} = 10958,9 \text{ руб.} \quad (16)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования в рублях;

t – время эксплуатации оборудования, в количестве дней;

T – срок службы, в количестве дней.

Таблица 14 — Амортизационные отчисления

Наименование	Единица измерения	Количество, дней	Цена за ед., руб.	Затраты на амортизацию, руб.
Радиометр с внешним вакуумным насосом	1 шт.	20	2000000	10958,9
Итого:				10958,9

7.3.2. Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (17)$$

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (18)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (19)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5 -дневная неделя; • при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца,

6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 15)

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный доклад работника с учетом районного коэффициента для Томска $k_p = 1,3$, вычисляется:

$$Z_m = Z_{TC} \cdot 1,3. \quad (20)$$

Данные и результаты расчета основной заработной платы приведены в таблице 16. Например для руководителя расчет основной заработной платы, зная, что его оклад 33664 руб./месяц, проводится следующим образом:

- находим месячный должностной оклад:

$$Z_m = 33664 \cdot 1,3 = 43763,2 \text{ руб./месяц}; \quad (21)$$

- рассчитываем среднедневную заработную плату:

$$Z_{дн} = \frac{43763,2 \cdot 10,4}{251} = 1813,3 \text{ руб./день}; \quad (22)$$

- рассчитываем основную заработную плату:

$$Z_{осн} = 1813,3 \cdot 12,6 = 22847,58 \text{ руб.} \quad (23)$$

Такой же расчёт был проведён и для вычисления основной заработной платы студента.

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{гс}$, руб.	k_p	Z_m , руб./месяц	$Z_{дн}$, руб./день	$T_{p,раб. дн.}$	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33664	1,3	43763,2	1813,3	12,6	22847,58
Студент	9893	1,3	12860,9	532,88	62	33038,56
Итого $Z_{осн}$						55886,14

7.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (24)$$

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

На 2015 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%.

$$k_{внеб} = k_{пф} + k_c + k_{пн}, \quad (25)$$

где $k_{пф}$ - коэф. отчисления в пенсионный фонд; k_c - коэф. отчисления страховых взносов; $k_{пн}$ - коэф. отчисления в подоходный налог.

$$k_{\text{внеб}} = 0,271. \quad (26)$$

Таким образом отчисления во внебюджетные фонды от затраты на оплату труда руководителя вычисляются следующим образом:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot (22847,58 + 2741,71) = 6934,7 \text{ руб.} \quad (27)$$

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Студент
Основная заработная плата, руб.	22847,58	33038,56
Дополнительная заработная плата	2741,71	3964,63
Коэффициент дополнительной заработной платы	0,12	0,12
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
Сумма отчислений	6934,7	10027,86
Итого	16962,56	

7.3.4. Накладные расходы

В данную статью входят прочие расходы организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т.д.

При выполнении работы использовался компьютер со средней мощностью 0,5 кВт и радиометр с внешним вакуумным насосом со средней мощностью 0,1 кВт. Затраты на электроэнергию компьютера рассчитываются по формуле:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} = 5,8 \cdot 0,5 \cdot 35 = 104,4 \text{ руб.}, \quad (28)$$

где $C_{эл}$ — тариф на промышленную электроэнергию (5,8 руб. за 1 кВт·ч); P — мощность оборудования, кВт (мощность компьютера 0,5 кВт); $F_{об}$ — время использования оборудования, ч.

Затраты на электроэнергию радиометра с внешним вакуумным насосом составили:

$$C = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об} = 5,8 \cdot 0,1 \cdot 480 = 278,4 \text{ руб.} \quad (29)$$

Кроме того для получения радоновой воды использовалась дистиллированная вода в количестве 20 литров. Затраты на приобретение воды составили 800 руб.

Таблица 18 – Затраты на электроэнергию и воду

Наименование	Единица измерения	Количество, ч/литров	Цена за ед.,руб.	Затраты на электроэнергию и воду, (З _м), руб.
Электроэнергия (радиометр и ПК)	кВт·ч	515	5,80	382,8
Дистиллированная вода	л	20	40	800
Итого:				1182,8

7.3.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	10958,9
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	55886,14
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6706,34
4. Отчисления во внебюджетные фонды	16962,56
5. Накладные расходы	1182,8
Бюджет затрат НТИ	91696,74

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп. } i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (30)$$

где $I_{\text{финр.}}^{\text{исп. } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{43911}{43911} = 1. \quad (31)$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (32)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 20).

Таблица 20 – Оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,20	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5
3. Помехоустойчивость	0,15	4
4. Энергосбережение	0,20	4
5. Надежность	0,25	4
6. Материалоемкость	0,05	5
ИТОГО	1	

$$I_{pi} = 4 \cdot 0.2 + 5 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.20 + 4 \cdot 0.25 + 5 \cdot 0.05 = 4.2$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (33)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл. 21) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (34)$$

Таблица 21 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.2
3	Интегральный показатель эффективности	4,2

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Но так как задача имеет довольно строгие условия, решение имеет лишь один вариант.

Заключение

В ходе дипломной работы было проделано следующее:

- изучены виды воды, содержащиеся в грунтах;
- рассмотрены методы определения остаточной водонасыщенности в пластах и образцах керна, используемые за рубежом и в Российской Федерации;
- сконструирован генератор радона на урановой руде;
- изучены методики и оборудование для измерения объёмной активности радона-222 в воде;
- получено 280 точек измерения объёмной активности радона-222 в воздухе генератора радона в зависимости от времени герметизации;
- проведено 4 серий измерений – получено 560 точек (140 точек на каждую серию) активности водного раствора радона -222 при скоростях барботажа в диапазоне 0,025...0,1л/мин;
- проведён анализ полученных результатов.

На основе проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- сконструированная установка за время генерации около 6 дней позволяет получить объёмную активность радона в воде свыше 2кБк/л;
- полученная зависимость объёмной активности радона в воздухе бочки от времени герметизации описывается, как и следовало ожидать, законом сложного радиоактивного распада;
- при малых временах прокачки (до 2,5ч) объёмная активность радона в воде резко возрастает при увеличении скорости прокачки до 0,05л/мин. При дальнейшем увеличении скорости прокачки до 0,1л/мин, объёмная активность радона в воде падает;

- при временах прокачки свыше 2,5 часов, при скорости прокачки 0,05л/мин и 0,075л/мин объёмная активность радона в воде примерно одинакова;
- при временах прокачки свыше 8 часов объёмная активность радона в воде почти не зависит от скорости прокачки;
- максимальная объёмная активность радона в воде 3кБк/л достигается при скорости барботажа 0,05л/мин за 70мин.

Список литературы

1. Киляков В.Н, Солодовников Ю.И. Геоэкологическая оценка радонового индикаторного метода для исследований нефтегазовых скважин // Промышленная безопасность. – 2006. - №6.
2. Злочевская Р.И. Классификация видов воды в грунтах. – М.: МГУ, 2005. – 320 с.
3. Грунтоведение / Учебник под ред. Е.М Сергеева. 5-е изд. – М.: МГУ, 1983. – 392 с.
4. Лабораторная работа по определению остаточной водонасыщенности горной породы. – Режим доступа:
<https://studfiles.net/preview/5334665/page:6/>
5. Вендельштейн Б.Ю., Добрынин В.М., Кожевников Д.А. Петрофизика(физика горных пород). – М.: Нефть и газ, 2004. – 368 с.
6. Гудок Н.С. Изучение физических свойств пористых сред. – М.: Недра, 1970. – 208 с.
7. Havelka M, Radon-in-water standard // Applied Radiation and Isotopes Volume 67, Issue 5, May 2009, Pages 860-862.
8. Solodovnikova L.N, Tarasov V.A, Sizova N.D, A standard radon-222 source for the system of high-accuracy monitoring of radon-hazardous facilities in Ukraine // Functional Materials Volume 25, Issue 1, 2018, Pages 193-199.
9. Компания – производитель Rad7 - DurrIDGE. – Режим доступа:
<http://durrIDGE.com/products/rad7-radon-detector/>
10. Компания – производитель Rad7 - DurrIDGE. – Режим доступа:
<https://durrIDGE.com/documentation/RAD%20AQUA%20Manual.pdf>
11. Компания – производитель Rad7 - DurrIDGE. – Режим доступа:
<https://durrIDGE.com/documentation/RAD%20H2O%20Manual.pdf>
- 12.ГОСТ 12.0.002-80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.

13. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ Опасные и вредные факторы. Классификация. – М.: ИПК: Изд-во стандартов, 1997 г.
14. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78)
15. ГОСТ 12.1.030-81, Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
16. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. 31 окт. 1995 г.
17. ГОСТ 12.4.009-83, Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.