

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ  
Кафедра геоэкологии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК  
Заведующий кафедрой  
доктор биологических наук, доцент  
 А.В. Синдирева  
05.07 2023 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
магистерская диссертация

**РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ  
НЕФТЕШЛАМОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО  
АВТОНОМНОГО ОКРУГА - ЮГРЫ**

05.04.06 Экология и природопользование  
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнила работу  
Студентка 2 курса  
очной формы обучения



Клименко Валентина Вячеславовна

Руководитель  
д.б.н., доцент



Синдирева Анна Владимировна

Рецензент  
К.б.н., доцент кафедры  
техносферной безопасности  
ФГБОУ ВО «ТИУ»



Оздобихина Анастасия Олеговна

Консультант  
ассистент



Гурьев Никита Евгеньевич

Тюмень  
2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ .....	1
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» .....	1
ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ.....	1
Кафедра геоэкологии и природопользования.....	1
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА.....	1
магистерская диссертация .....	1
Тюмень.....	1
2023 .....	1
ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	8
1.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ РАДИАЦИОННОЙ ЭКОЛОГИИ .....	8
1.2. ОБЗОР НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	15
1.3. ОБЗОР ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	20
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	22
2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕШЛАМА.....	22
2.2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ .....	26
2.2.1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ.....	26
2.2.2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ .....	27
2.2.3. РЕЛЬЕФ .....	32
2.2.4. КЛИМАТ .....	34
2.2.5. ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА.....	36
2.2.6. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ .....	38
2.2.7. РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ.....	45
2.2.8. ЖИВОТНЫЙ МИР.....	48
2.2.9. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА -ЮГРЫ .....	49
2.3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ .....	54

2.3.1. МЕТОДЫ РАДИАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕШЛАМА .....	54
2.3.1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОТОКСИЧНОСТИ НЕФТЕШЛАМА .....	61
ГЛАВА3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ.....	63
3.1. РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТЕШЛАМА .....	63
3.2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОТОКСИЧНОСТИ НЕФТЕШЛАМА .....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	80
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	87
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	89
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ 7.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ 8.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 9.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ10.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 11.....	96

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность исследования* заключается в том, что север Тюменской области (ХМАО, ЯНАО) является крупным промышленным центром нефти-газодобычи. В процессе добычи углеводородного сырья образуются отходы бурения – шламы, загрязненные нефтепродуктами, различными химическими веществами и соединениями, а также радионуклидами. Опасная концентрация природных радионуклидов, содержащихся в производственных отходах, при добыче углеводородного сырья и при длительном функционировании нефтепромыслов приводит к их накоплению в технологическом оборудовании и шламовых амбарах, откуда продукты их распада оказывают отрицательное ионизирующее действие на персонал месторождений и близлежащего населения, а также на объекты природной среды. Наличие в составе нефтешлама нефтепродуктов, а также макро- и микроэлементов при его накоплении в открытых шламовых амбарах приводит к взаимодействию с факторами внешней среды (атмосферные осадки и кислород), что в свою очередь, запускает химические реакции и приводит к выбросу загрязняющих веществ в атмосферный воздух. В данном случае, вопрос хранения, транспортирования и утилизации нефтешламов становится все более актуальным. Опасность высокого содержания радионуклидов в отходах бурения и проникновения их в природную среду проявляется в связи с длительным периодом полураспада радиоизотопов, что позволяет им долгое время находиться в компонентах окружающей среды и живых организмах, имея при этом высокий потенциал накопления. Высокие концентрации нефтепродуктов, а также макро- и микроэлементов, среди которых в составе нефтешлама чаще встречается ряд распространённых тяжелых металлов (Fe, Zn, Cu, Mg, Саи др. ), могут при определённых условиях оказывать токсическое действие на живые организмы, причём токсический эффект наступает гораздо быстрее, в сравнении с воздействием естественных радионуклидов.

Исследования в области радиационной экологии территорий добычи нефти и газа представляют большой интерес, поскольку данное направление мало исследовано и на сегодняшний день является одним из самых перспективных направлений. Территория Ханты-Мансийского автономного округа – Югры является одной из ведущих областей добычи углеводородного сырья в стране, в силу своих природных особенностей. Также, территория ХМАО интересна с точки зрения исследования изменения природного радиационного фона в процессе разведки и добычи нефти и газа. При разведке нефтяных месторождений используют ядерно-геофизические методы определения залежей углеводородов с применением радий-бериллиевых и плутоний-бериллиевых источников нейтронов, что при непредвиденных обстоятельствах и авариях при разведке приводит к консервации геологоразведывательного оборудования с использованием источника ионизирующего воздействия в пробной скважине. Для пластов нефти и газа, осадочных толщ, горных пород, характерно содержание природных радионуклидов. Повышенная радиоактивность нефтегазоносных отложений способствует тому, что при добыче и транспортировке нефти и газа происходит вынос на дневную поверхность большого количества природных радионуклидов, нефтепродуктов, химических элементов с отходами бурения, такими как нефтешлам и пластовая вода.  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{228}\text{Th}$  являются одними из наиболее важных радиоизотопов, присутствующих в нефтешламах при добыче углеводородного сырья.

**Целью исследования** является радиационно-экологическая оценка безопасности нефтешламов месторождений ХМАО-Югры, посредством определения содержания естественных радионуклидов и анализа его фитотоксичности.

**Задачи исследования:**

- описать физико-географическую характеристику и радиационную обстановку ХМАО-Югры;
- сбор, анализ и описание методик исследования;

- провести анализ содержания естественных радионуклидов ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ );
- выполнить аналитическую обработку полученных результатов и определить категорию опасности анализируемого нефтешлама.
- определить фитотоксичность нефтешлама путем проведения опыта с использованием тест – объектов.
- интерпретировать полученные результаты опыта и оценить степень токсичности нефтешлама.

**Объект исследования:** нефтешлам месторождений, расположенных на территории Ханты Мансийского Автономного Округа; тест-культура, используемая для оценки фитотоксичности (редис розовый с белым кончиком).

**Предметом исследования** является содержание естественных радионуклидов ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) в нефтешламе месторождений Ханты Мансийского Автономного Округа, а также, степень фитотоксичности нефтешлама.

**Научная новизна:** Для территории нефтегазодобычи ХМАО-Югры ранее не проводились комплексная оценка радиационно – экологической безопасности нефтешлама, включающая определение содержания ЕРН и МЭД, химических элементов и токсических веществ и степени его фитотоксичности.

**Теоретическая и практическая значимость:** Полученные в ходе исследования данные позволили установить невысокое содержание естественных радионуклидов, пределы содержания в нефтешламе химических элементов и нефтепродуктов. Данные могут быть использованы как государственными органами исполнительной власти (Росприроднадзор, Роспотребнадзор, Ростехнадзор, Департамент недропользования и природных ресурсов ХМАО-Югры и др.), в качестве сведений учёта и контроля геохимической и радиационной обстановки региона, так и высшими учебными заведениями, в качестве информационного ресурса для

лекционных, практических и семинарских занятий по дисциплинам: радиационная экология, геоэкология, экология, геохимия для студентов бакалавриата и магистратуры.

***Основные положения, выносимые на защиту:***

1. Невысокое содержание естественных радионуклидов ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) в нефтешламах месторождения ХМАО-Югры соответствует региональным особенностям территории, позволяет отнести данный отход к I категории производственных отходов предприятий нефтегазового комплекса.
2. Химический состав нефтешлама оказывает влияние на степень его фитотоксичности, которая определяется в пределах от стимуляции до высокой токсичности.

***Апробация:*** Материалы исследования по содержанию естественных радионуклидов в пробах нефтешлама и определение его класса опасности были представлены и опубликованы в Сборнике «Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения» по материалам XIV Международной ландшафтной конференции, Воронеж, 2023 г. Статья: Гурьев Н.Е., Клименко В.В. Радиационно-экологическая оценка нефтешламов месторождений ХМАО-Югры.

***Личный вклад:*** Сбор и анализ литературного материала и нормативно-правовой базы по теме исследования, подготовка проб к анализу на содержание естественных радионуклидов и определение их активности, проведение анализа на лабораторном оборудовании «УСК- Гамма Плюс», аналитическая обработка и интерпретация материалов, полученных в ходе лабораторного анализа по содержанию ЕРН и расчёт их удельной эффективной активности, анализ, обработка и интерпретация данных лабораторного исследования фитотоксичности нефтешлама.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Обзор литературных данных по теме исследования включает в себя анализ сведений радиационной экологии, как научного направления, нормативно-правовой базы в области обеспечения радиационной безопасности РФ и ХМАО-Югры, анализ зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования.

### 1.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ РАДИАЦИОННОЙ ЭКОЛОГИИ

**Радионуклиды** – представляют собой радиоактивные изотопы химических элементов с разным количеством массовых чисел. Они нашли широкое применение во многих областях хозяйства, промышленности, медицины, науки и т.д. По происхождению и свойствам радионуклиды делятся на две группы: а) естественные (природные) радиоактивные изотопы; б) искусственные радиоактивные изотопы [Портал Neftegaz.Ru.URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/ngk/147982-radionuklid>. Дата обращения 12.12.2021 г.].

К группе **искусственных радиоактивных** изотопов относятся радиоактивные элементы, которые не встречаются в природе, а были получены в середине XX века, как результат деятельности человека, представляющий собой продукт деления радиоизотопов, используемых при ядерных взрывах и управляемых ядерных реакциях [Старков В.Д, Мигунов В.И. 66 с.].

Исследования данной научной работы направлены на изучение естественных радионуклидов, их содержания, поведения и воздействие на окружающую среду.

**Естественные радиоактивные изотопы** представляют собой группу радиоактивных элементов, встречающихся в природе. Основная их часть –

это тяжелые металлы, порядковый номер которых измеряется в пределах от 81 до 96, образующих или входящих в состав радиоактивного ряда/ семейства [Старков В.Д, Мигунов В.И. 45 с.].

Традиционно в науке выделяют четыре радиоактивных семейства: урана-радия; тория; актиния; нептуния. Каждый радиоактивный ряд «возглавляет» родоначальник семейства, как правило – это элемент, характеризующийся большим периодом полураспада. Каждому семейству радиоактивных естественных изотопов присущи следующие общие особенности:

1. Большие периоды полураспада родоначальников каждого из семейств, которые измеряются в пределах от  $10^8$  до  $10^{10}$  лет;
2. Каждому семейству присущ изотоп элемента, группы благородных газов, располагающийся в середине цепи превращений;
3. В каждом семействе, в цепочке, после радиоактивного газа следуют твердые короткоживущие элементы;
4. Изотопы каждого семейства распадаются путем альфа – и бета – распада, при этом, с образованием разветвлений рядов с присутствием сразу двух форм распада на короткоживущих рядах семейств;
5. Каждый ряд заканчивается стабильным изотопом свинца 206 (ураново-радиевый), 208(ториевый) и 207 (актиниевый).

Каждый радиоактивный элемент подвергается процессу, который именуется как радиоактивный распад (радиоактивность). Данный процесс представляет собой самопроизвольное превращение нестабильных атомных ядер в другие, сопровождаясь при этом, испусканием лучей особого рода. Превращение тяжелого радиоактивного элемента в более легкий сопровождается выделением большого количества энергии [Старков В.Д, Мигунов В.И. 45-53 с.].

Распад половины исходного количества ядер называется – периодом полураспада, протекающий за определенное время (T) [Старков В.Д, Мигунов В.И. 19 с.].

Количество энергии, испускаемое при радиоактивном распаде, называется ионизирующим излучением. Ядра каждого радиоактивного элемента испускают  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучи, которые обладают ионизирующей способностью. Выделяют три типа ионизирующего излучения:

– *первичная ионизация* – возникает в том случае, когда облучаемая среда частично ионизируется поглощенными лучами, взаимодействующие при этом с атомами облучаемого вещества, что приводит к возбуждению атомов и выбиванию отдельных ионов из электронных оболочек. Как результат данного процесса, мы имеем отрицательно заряженный ион – выбитый из атома электрон и положительно заряженный ион – оставшаяся часть атома. В следствие данного процесса, происходит ионизация атома;

– *вторичная ионизация* – возникает при взаимодействии выбитых электронов со встречными атомами;

– *удельная ионизация* – процесс, сопровождающийся созданием в веществе ионизирующими лучами числа пар ионов на единице длины пробега (расстояние, которое проходит ионизирующая частица от места образования до места потери энергии).

Каждый испускаемый луч обладает разной ионизирующей способностью. Самая высокая способность к испусканию характерна для  $\alpha$ -лучей, для  $\beta$ -лучей характерна более низкая ионизирующая способность, а самой низкой способностью обладают  $\gamma$ -лучи, однако, для них характерна высокая проникающая способность [Старков В.Д, Мигунов В.И. 23-24 с.].

В силу возможностей анализируемого оборудования, при данном исследовании анализ проводится на гамма - тракте УСК- Гамма Плюс, с определением ионизирующей способности гамма-лучей.

**Гамма лучи ( $\gamma$ )** - представляют собой ионизирующее коротковолновое электромагнитное излучение различной природы. Они возникают при альфа- и бета- распаде, посредством испускания радионуклидами. Для гамма- лучей характерным является то, что они не обладают электрическим зарядом, но

обладают строго определенной энергией, которая зависит от энергии возбужденных состояний ядер. Энергия гамма – лучей сопоставима с энергией светового излучения, однако они имеют разные длины волн, также, энергия гамма-лучей в тысячи и даже миллионы раз превосходит энергию фотонов света, что позволяет им проходить большие расстояния и глубоко проникать в вещества и живые ткани. Энергия гамма-лучей определяется в пределах от 10 кэВ до 10 МэВ. Естественные радиоактивные элементы обладают энергией от 0,05 до 3 МэВ. Таким образом, в силу своей высокой проникающей способностью гамма – лучи представляют наибольшую опасность, поскольку могут оказывать разрушающее действие при нахождении источника радиации внутри организма, так и вне его. Также, гамма – лучи не отклоняются в магнитном поле, в отличии от альфа- и бета – лучей [Старков В.Д, Мигунов В.И. 28 с.].

В науке принято два типа измерения радиоактивности: а) измерение активности источника излучения; б) измерение дозы излучения.

**Активность** – представляет собой количество ядер, которые распадаются за единицу времени. Существует несколько единиц измерения активности: *беккерель (Бк)*, *кюри (Ки)*, *удельная активность*, *«плотность потока частиц»* [Старков В.Д, Мигунов В.И. 40 с.].

**Беккерель (Бк)** – традиционно считается основной единицей измерения активности, в силу своей простоты, доступности к пониманию для быстрого вычисления.  $1\text{Бк} = 1\text{распаду/с}$ . У данной единицы измерения также существует второе название, принятое согласно международной системе СИ – обратная секунда ( $1\text{с}^{-1}$ ).  $1\text{с}^{-1} = 1\text{Бк}$  [Старков В.Д, Мигунов В.И. 40 с.].

**Кюри (Ки)** – является внесистемной единицей измерения активности, от традиционной единицы беккерель она отличается более усложненной системой пересчета количества распада [Старков В.Д, Мигунов В.И. 40 с.].

$1\text{Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{Бк}$ . Также, вес радиоактивного вещества у медленно распадающихся и быстро распадающихся изотопов, соответствующих 1 Ки различен. В системе единиц измерения кюри есть более мелкие единицы:

милликюри (мКи) =  $10^{-3}$  Ки; микрокюри (мкКи) =  $10^{-6}$  Ки; нанокюри (нКи) =  $10^{-9}$  Ки; пикокюри (пкКи) =  $10^{-12}$  Ки [Старков В.Д, Мигунов В.И. 40 с.].

**Удельная активность** – представляет собой удельную концентрацию радиоактивного вещества, имеет широкое применение на практике. У удельной активности нет своей определенной единицы измерения, т.к. она отражает активность единицы какой-либо величины среды (площадь, объем, масса). Удельная активность может измеряться как в беккерелях (беккерель на 1 г вещества), так и в кюри (кюри на километр квадратный) [Старков В.Д, Мигунов В.И. 40 с.].

**Плотность потока частиц** – это количество частиц, пересекающих единицу площади за единицу времени. Также часто применима для измерения активности [Старков В.Д, Мигунов В.И. 41 с.].

**Доза излучения** – представляет собой результат действия радиоактивности, возникающий, когда источник излучения обладает определенной активностью и при этом, взаимодействует с облучаемой средой, в результате чего возникает ионизация данной среды. Энергия, поглощенная облучаемой средой при протекании данного процесса называется – радиоактивный эффект. Говоря о дозе излучения, стоит отметить, что за эталонную характеристику эффекта ионизации принимают ионизирующее действие рентгеновского и гамма-излучения на сухой атмосферный воздух при температуре 18 градусов Цельсия и атмосферном давлении. Данную величину принято измерять в следующих единицах измерения: рентген (Р), грей (Г), бэр, зиверт (Зв), рад [Старков В.Д, Мигунов В.И. 41 с.].

**Рентген** – является внесистемной единицей измерения, названной в честь немецкого физика В.К. Рентгена. Данная единица используется для измерения экспозиционной дозы ( $D_3$ ), представляющая величину ионизации воздуха и отражающая потенциальный уровень воздействия на живой организм ионизирующего воздействия. По международной системе единиц (СИ) эквивалентно рентгену принято считать кулон на килограмм (Кл/кг) –

экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучения, при котором в одном килограмме сухого воздуха образуются ионы, несущие заряд в 1 кулон электричества каждого знака. В переводе по системе СИ  $1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$ . Экспозиционную дозу, полученную за единицу времени именуют интенсивностью и измеряют в рентген в час (Р/час), миллирентген в час (мР/час), микрорентген в час (мкР/час) [Старков В.Д, Мигунов В.И. 41с.].

**Грей (Г)** – специальная единица измерения дозы излучения, названная в честь английского ученого С. Грея, применяемая для измерения поглощенной дозы. В международной системе единиц СИ данная единица отображена в качестве джоуля на килограмм (Дж/кг).  $1 \text{ Г} = 1 \text{ Дж/кг}$ . Поглощенная доза представляет собой отношение энергии, которая передается ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме. Также, для измерения поглощенной дозы, в качестве внесистемной единицы принимают *рад*, где 1 рад соответствует энергии излучения в 100 эрг, поглощенной 1 г вещества. Таким образом,  $1 \text{ Г} = 100 \text{ рад}$  [Старков В.Д, Мигунов В.И. 42 с.].

**Бэр** – внесистемная единица измерения, расшифровывается как – биологический эквивалент рентгена. Является традиционной единицей измерения эквивалентной дозы- поглощенной дозы в органе или ткани, умноженная на соответствующий коэффициент качества (КК) для определенного типа лучей [Старков В.Д, Мигунов В.И. 43 с.].

**Зиверт (Зв)** – крупная системная единица измерения эквивалентной дозы. В соотношении с единицей измерения грей  $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Г} * \text{КК}$ . Соотношение зиверт к бэру имеет вид:  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$  [Старков В.Д, Мигунов В.И. 43 с.].

### **Краткая характеристика исследуемых естественных радионуклидов**

**Торий (Th)** – химический элемент периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева с порядковым номером 90. Представляет собой светло-серый металл, плотность которого равна  $11,72 \text{ г/см}^3$ , температура плавления соответствует  $1750^\circ\text{C}$ . Элемент был открыт в 1828 году шведским химиком Йёнсом Якобом Берцелиусом. По своему генезису руды тория относятся к магматическим, основным источником тория являются пески, содержащие минерал монацит. В плане радиационной составляющей, торий имеет 6 изотопов, но долгоживущими из них являются только 2 изотопа: торий 232 ( $^{232}\text{Th}$ ) период полураспада которого равен  $1,41 \cdot 10^{10}$  лет; ионий 230 ( $^{230}\text{Th}$ ) с периодом полураспада равным  $8 \cdot 10^4$  лет. Из всех естественных радионуклидов именно торий обладает самым большим периодом полураспада, согласно учебному пособию В.Д. Старкова и В.И. Мигунова «Радиационная экология» за 14 миллиардов лет количественное содержание атомов тория 323 в природных средах уменьшилось лишь в 2 раза. Данный факт говорит о том, что торий в больших концентрациях будет являться весьма опасным радиоактивным элементом, а в связи с большим периодом полураспада и высокой живучестью все это будет способствовать накоплению данного элемента. Для тория характерным типом распада является альфа-излучение [Старков В.Д, Мигунов В.И. 56 с.].

**Радий ( $^{226}\text{Ra}$ )** - химический элемент периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева с порядковым номером 88. Представляет собой серебристо-белый блестящий металл, плотность которого  $6 \text{ г/см}^3$ , температура плавления равна  $700^\circ\text{C}$ . Был открыт в начале 20-го века супругами Кюри. Обладает быстрой реакцией с кислородом воздуха, водой, а также образует растворимые в воде соединения с хлором (Cl), бромом (Br), йодом (I) и серой (S). Радий является элементом с высокой радиоактивностью, имеет 4 изотопа: радий 226 ( $^{226}\text{Ra}$ ) с периодом полураспада 1602 года; мезоторий 228 ( $^{228}\text{Th}$ ) период полураспада которого составляет 6,7 года; актиний X- 223 ( $^{223}\text{Ac}$ ) период полураспада - 11,4 суток; торий X-224 ( $^{224}\text{Th}$ ) с периодом полураспада 3,64 суток. Для радия

226 характерным типом является альфа-распад. Который сопровождается испусканием гамма-лучей, при этом в качестве продукта распада образуется радиоактивный газ – *радон* (Ra). Радий относится к радиационному семейству уран 238 ( $^{238}\text{U}$ ), в связи с чем, энергетический спектр линии гамма-излучения равен 186 кэВ. Изотопы радия широко распространены в горных породах, однако их количество очень невелико, добыча данного элемента ведется из урановых руд, и имеет широкое применение в медицине [Старков В.Д, Мигунов В.И. 57 с.].

**Калий 40 ( $^{40}\text{K}$ )** – химический элемент периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева I группы с порядковым номером 19. Данный металл имеет серебристо-белый цвет, с плотностью равной 0,8629 г/см<sup>3</sup> и температурой плавления 63,51°C. Калий один из немногих естественных радиоизотопов, не входящих в состав радиоактивных семейств. Период полураспада калия 40 равен  $1,3 \cdot 10^9$  лет. Этот природный радионуклид имеет 3 изотопа: калий 39 ( $^{39}\text{K}$ ), калий 40 ( $^{40}\text{K}$ ), калий 41 ( $^{41}\text{K}$ ), но только калий 40 является радиоактивным. Он имеет 2 типа распада – это бета-излучение, которому подвергается 88% его атомов, 12% атомов калия 40 испытывают К-захват. При испускании 1 г природного калия в секунду 28,3 бета-частиц, выделяется около 1,33 МэВ энергии, а при испускании 3,5 частиц гамма - кванта образуется 1,5 МэВ энергии. Энергия, выделяющаяся при распаде калия 40, составляет значительную долю в тепловом потоке Земли, наибольший вклад вносит в радиоактивность растений, животных и вод океана [Старков В.Д, Мигунов В.И. 63 с.].

## 1.2. ОБЗОР НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Основными законодательными документами, регламентирующими основы обеспечения радиационной безопасности, являются акты федерального значения, такие как Федеральный закон № 3 «О радиационной

безопасности населения» и СанПиН 2.6.1.2523 -09 «Нормы радиационной безопасности».

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 г. № 3-ФЗ является основополагающим нормативным актом федерального значения, в котором определены правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья. Данный закон состоит из восьми глав и 30 статей, где отражены основные понятия, принципы и мероприятия в области обеспечения радиационной безопасности, полномочия органов исполнительной власти Российской Федерации и субъектов Российской Федерации, принципы государственного управления по обеспечению радиационной безопасности населения в целом, а также при работе с источниками ионизирующего излучения и при радиационных авариях. Данный федеральный закон является опорным законодательным актом в области радиационной экологии, принципы действия которого прописаны в Конституции Российской Федерации. Статья 15, главы 4 данного федерального закона посвящена обеспечению радиационной безопасности при воздействии природных радионуклидов. В данной статье прописаны основные требования, которые необходимо учитывать при строительстве зданий и сооружений, при выборе земельных участков для ведения работ различной направленности, которыми нельзя пренебрегать [Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 г. № 3-ФЗ (последняя редакция). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8797/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8797/). Дата обращения 19.12.21].

СанПиН 2.6.1.2523 -09 «Нормы радиационной безопасности» утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 07.07.2009 г. № 47 – является нормативно-правовым актом, имеющим статус федерального значения, в котором прописаны нормы радиационной безопасности, применимые для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего

излучения природного или искусственного происхождения. Данные нормативы, а также прописанные здесь требования к обеспечению радиационной безопасности человека являются обязательными для всех физических и юридических лиц вне зависимости от вида осуществляемой ими деятельности. Также, требования норм радиационной безопасности применимы ко всем субъектам Российской Федерации, а также иностранных граждан и лиц без гражданства проживающих и осуществляющих коммерческую и трудовую деятельность на территории Российской Федерации. Данными Нормами установлены основные пределы доз и допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения населения, опирающиеся на выполнение требований, прописанных в Федеральном законе Российской Федерации от 09.01.1996 г. «О радиационной безопасности населения». Раздел 4 данного нормативно-правового акта посвящен требованиям к защите природного облучения в производственных условиях, где установлены допустимые пределы эффективных доз облучения природными источниками в производственных условиях лиц любых профессий и производств [СанПиН 2.6.1.2523 -09 «Нормы радиационной безопасности» утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 07.07.2009 г. № 47.URL: <https://docs.cntd.ru/document/902170553>. Дата обращения 19.12.2021 г.].

Методические указания 2.6.5. Атомная энергетика и промышленность. Контроль радиационной обстановки. Общие требования (МУ 2.6.5.008-2016)-разработаны с целью организации контроля радиационной обстановки на предприятии. Данные методические указания предназначены для установления и применения требований контроля радиационной обстановки на радиационных объектах. Также, область применения данных методических указаний распространяется на контроль радиационной обстановки на предприятиях повышенной радиационной опасности, не входящих в структуру Росатома. Целью данного документа является – определение совокупности радиационных параметров, характеризующих

уровень опасности и его воздействия на персонал и население в контролируемых условиях обращения с источниками ионизирующего излучения [Методические указания 2.6.5. Атомная энергетика и промышленность. Контроль радиационной обстановки. Общие требования (МУ 2.6.5.008-2016). URL: <https://docs.cntd.ru/document/456023328>. Дата обращения 19.12.2021 г.].

Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ - 99/2010)» -представляют собой нормативно-правовой документ, в котором прописаны требования по защите людей от вредного радиационного воздействия при всех условиях облучения от источников ионизирующего излучения, прописаны в НРБ -99/2009. Правила обязательны к исполнению всеми физическими и юридическими лицами, иностранными гражданами и лицами без гражданства, осуществляющих свою коммерческую и трудовую деятельность на территории Российской Федерации, вне зависимости от вида осуществляемой ими деятельности, которая может привести к облучению людей [Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ -99/2010)».URL: <https://docs.cntd.ru/document/902214068>. Дата обращения 19.12.2021 г.].

Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения» - нормативно-правовой документ, в котором прописаны общие требования по обеспечению радиационной безопасности населения при воздействии природных источников ионизирующего излучения в производственных и коммунальных условиях и быту. Данные правила применимы для физических и юридических лиц, деятельность которых может привести к облучению населения природными источниками ионизирующего излучения. Относительно данной темы исследования, в настоящих правилах прописаны

требования по обеспечению радиационной безопасности рабочего персонала и населения в результате деятельности по добыче и переработке минерального и углеводородного сырья. Особое внимание уделено к требованиям по предотвращению воздействия излучения изотопов радона и продуктов его радиоактивного распада в воздухе помещений, гамма-излучению природных радионуклидов [Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902256355>. Дата обращения 19.12.2021 г.].

Закон Ханты-Мансийского автономного округа «О радиационной безопасности» от 18.12.1998 г. – данный закон имеет статус регионального нормативно-правового акта в области радиационной безопасности по ХМАО-Югре, в котором отражены отношения в области обеспечения радиационной безопасности населения Ханты-Мансийского АО - Югры в связи с использованием атомной энергетики и добычи углеводородного сырья, сопровождающейся проникновением естественных и техногенных радионуклидов на поверхность. В законе прописаны права собственности ХМАО- Югры на радиационные источники и радиоактивные вещества, полномочия Думы и Правительства ХМАО – Югры в области обеспечения радиационной безопасности, государственные программы ХМАО –Югры в области обеспечения радиационной безопасности населения региона, а также, оценка радиационной безопасности на территории автономного округа [Закон Ханты-Мансийского автономного округа «О радиационной безопасности» от 18.12.1998 г. URL: [https://depgzn.admhmao.ru/upload/iblock/b1f/3\\_oz.pdf](https://depgzn.admhmao.ru/upload/iblock/b1f/3_oz.pdf). Дата обращения 19.12.2021 г.].

### 1.3. ОБЗОР ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен анализ литературных источников зарубежных и отечественных авторов по теме загрязнения нефтешлама естественными радионуклидами. Все проанализированные источники посвящены теме исследования содержания естественных радионуклидов в объектах окружающей среды территории месторождений добычи нефти и газа, что аналогично теме данной научно-исследовательской работы.

В настоящее время все больше ученых подтверждает, что основную радиационную опасность для окружающей среды и живых организмов представляют естественные (природные) источники ионизирующего излучения (ЕРН) [С.С. Ромаюк, В.И. Мигунов, 320 с.].

В результате деятельности по разведке и добычи углеводородного сырья на месторождениях нефти и газа происходит поступление естественных и искусственных радионуклидов в объекты окружающей среды. Как правило, поступление радионуклидов при работах на территориях добычи нефти и газа происходит посредством буровых шламов и пластовых вод, загрязненных естественными радионуклидами (ЕРН) [Ершов А.И., Марцунь И.Н., Антоненков А.И., 56-61 с.]. Главным компонентом окружающей среды, где происходит длительное накопление ЕРН, является почва. Поглощительная способность почв и долгие периоды полураспада радионуклидов способствуют осаждению и длительному накоплению последних. Каждый радиоактивный элемент подвергается процессу, который именуется как радиоактивный распад (радиоактивность). Данный процесс представляет собой самопроизвольное превращение нестабильных атомных ядер в другие, сопровождаясь при этом, испусканием лучей особого рода. Превращение тяжелого радиоактивного элемента в более легкий сопровождается выделением большого количества энергии [Старков В.Д., Мигунов В.И. 45-53 с.]. Количество энергии, испускаемое при

радиоактивном распаде, называется ионизирующим излучением. Ядра каждого радиоактивного элемента испускают  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучи, которые обладают ионизирующей способностью. Большие периоды полураспада, длительное накопление ЕРН в объектах окружающей среды и способность оказывать постоянное ионизирующее воздействие может негативно отражаться на компонентах окружающей среды месторождений и прилегающих к ним территориях. Данному вопросу посвящено немало научных статей и исследований как отечественных, так и зарубежных. Анализ ионизирующего воздействия естественных и искусственных радионуклидов является одним из важных экологических факторов, влияющих на состояние окружающей среды и живые организмы [Бетенеков Н. Д., 2 с].

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕШЛАМА

Нефтешлам является одним из отходов, образующимся в результате функционирования и осуществления работ топливно-энергетического комплекса. Нефтешлам представляет собой выбуренную породу, выносимую на дневную поверхность буровым раствором из забоя скважины. Это сложная физико-механическая смесь, в составе которой присутствуют нефтепродукты, механические примеси (песок, окислы металлов, глина), вода, различные химические элементы, а также, радионуклиды, входящие в состав горных пород [Электронный ресурс: <https://neftegaz.ru/tech-library/burovye-ustanovki-i-ikhuzly/141620-shlamy-neftyanye/>].

Свыше 3 млн. т нефтешлама ежегодно образуется на территории Российской Федерации, из них, только на территории топливно-энергетического комплекса Западной Сибири образуется порядка 3 млн. т в год, где более 1 млн.т нефтешлама образуется от деятельности нефтедобывающих компаний, которые собственно и являются основными вкладчиками в данном процессе [Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н., 75 с.].

Сам по себе нефтешлам, это довольно токсичная смесь, которая при неправильной и несвоевременной утилизации (захоронение и переработка) может оказывать негативное воздействие на окружающую среду.

Как нефтесодержащий отход, нефтешлам, согласно общепринятой классификации по агрегатному состоянию относится к ***твёрдым нефтесодержащим отходам***[Егоров А.Н., Егорова Г.И, 2016].

Также, нефтешлам стоит классифицировать по происхождению, поскольку от этого зависит его физико-химический состав. Всего выделяют 5 групп нефтешлама, согласно его образованию:

1. Придонные – образуются в результате оседания механических частиц, загрязнённых нефтью на дне водоёмов. Причиной такому способу образования, как правило, служат нефтеразливы;

2. Буровые – образуются при бурении скважин с применением буровых растворов в результате добычи нефти;

3. Нефтешламы, образующиеся в процессе очищения (подготовки) нефти;

4. Резервуарные – образуются при хранении и транспортировке нефти в резервуарах;

5. Грунтовые – образуются в результате осуществления технологического процесса на месторождениях или авариях. Представляет собой продукт соединения почвы и пролившейся на неё нефти [Электронный ресурс: <https://neftegaz.ru/tech-library/burovye-ustanovki-i-ikhuzly/141620-shlamy-neftyanye/>].

Состав нефтешлама зависит от способов его образования, перечисленных выше, но, как было выявлено рядом зарубежных и отечественных учёных, основывавшихся на большом количестве международных данных, в среднем, в составе нефтешлама выделяют от 30% до 85% воды, от 10% до 56% нефтепродуктов, от 1,3 % до 46 % различных твёрдых примесей, химических элементов и др. [Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н., 75 с.].

Нефтешламы, образованные в результате деятельности по добыче, транспортировке и переработки углеводородного сырья относятся к крупнотоннажным промышленным отходам. Такие промышленные отходы накапливаются и хранятся в так называемых шламовых накопителях, где, как правило, не происходит их сортировка и классификация [Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н., 76 с.]. Шламонакопители условно делятся на 2 типа: амбарный шламонакопитель – обычно представляет собой земляной амбар, облицованный бетоном, либо железобетонными плитами. Как правило, такой шламонакопитель не имеет укрытия, за счёт чего в нём происходит

накопление атмосферных осадков и испарение летучих фракций входящих в состав нефтешлама; ловушечные нефтешламы – представляют собой закрытые ёмкости – накопители, здесь отсутствует взаимодействие хранимого внутри нефтешлама с атмосферными осадками и воздухом, что исключает вероятность естественного возникновения окислительно-восстановительных процессов, которые свойственны открытым амбарным шламонакопителям. Единственным, и пожалуй главным, минусом ловушечных шламонакопителей является то, что хранить нефтешламы они могут ограниченное количество времени, как правило это срок до нескольких месяцев, лишь в редких исключениях такой срок может составить до года или год. В силу этого, ловушечные шламонакопители значительно уступают в использовании амбарным накопителям, являющимся самым распространённым способом накопления и длительного хранения нефтешламов [Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н., 75 с., Сафаров А.Х., 36-37 с.].

При длительном хранении нефтешламов в шламовых амбарах и открытом взаимодействии их с атмосферным воздухом и разбавлением осадками запускаются физико-химические реакции, что приводит к расслоению нефтешлама на три слоя:

- Первый верхний слой представлен некой водо -нефтесодержащей эмульсией, которая является трудноразделимой. Такая эмульсия стабилизируется механическим составом коллоидных размеров и как следствие, чем больше и толще слой шлама, тем больше в данной эмульсии в составе нефти и различных примесей. Обычно, данный слой используется как некое топливо и утилизируется методом сжигания;

- Второй средний слой - это загрязнённая вода, которая при зачистке нефтешламового амбара должна отправляться на очистные сооружения и обезвреживаться;

- Третий донный слой – осадок, где относительно постоянное содержание нефтяных отходов и наблюдается увеличение объёма механических частиц с увеличением глубины слоя [Самигулина Л.М. с.40].

В данном исследовании для анализа были использованы нефтешламыамбаров с территорий месторождений ХМАО-Югры.

Для достоверности интерпретации и анализа данных, полученных в ходе проведенного исследования и обоснования достоверности радиационно-экологической оценки анализируемого нефтешлама стоит учитывать не только его радиационный состав, но и химический. Также, интересным представляется проследить корреляционную зависимость между содержанием естественных радионуклидов, химических веществ и степенью фитотоксичности. Данные по химическому составу используемого в данной работе нефтешлама приведены в таблице 1 (Приложение 1).

Всего по химическому анализу было проанализировано 30 проб с месторождений ХМАО-Югры. В химическом составе анализируемого нефтешлама определено содержание нефтепродуктов в пределах от 0,26 до 5,13 %; тяжелых металлов: железо от 2820 до 17500 мг/кг, свинец от 1,02 до 3,0 мг/кг, медь от 2,2 до 7,2 мг/кг, цинк от 9,5 до 16,2 мг/кг; макроэлементов: калий от 3300 до 7200 мг/кг, кальций от 10300 до 97000 мг/кг, магний от 4800 до 23500 мг/кг, натрий от 10000 до 22000 мг/кг.

## 2.2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.2.1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО-Югра) является субъектом Российской Федерации, территориально включенным в состав Тюменской области, входящей в Уральский Федеральный округ. Географически округ расположен в центре Западно - Сибирской равнины [Большая российская энциклопедия <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>].

Площадь ХМАО-Югры составляет 534 800 км<sup>2</sup>. Протяженность территории округа с севера на юг составляет 900 км от Сибирских увалов до Кондинской тайги, с запада на восток – 1400 км от восточных склонов Северного Урала практически до р. Енисей [Официальный сайт ХМАО-Югры: <https://admhmao.ru>]. Крайняя северная точка округа расположена на Народоитыинском кряже у истока р. Хулга в Берёзовском районе и имеет координаты 65°43' с.ш. и 62° в.д. Крайняя южная точка расположена в Кондинском районе вблизи посёлка городского типа Куминский на междуречье рек Кума (правый приток Конды) и Носка (левый приток Иртыша), имеет координаты 58°35' с.ш. и 66°21' в.д. Крайняя западная точка лежит в горах Северного Урала у истока р. Северная Сосьва в Берёзовском районе, имеет координаты 63°01' с.ш. и 59°48' в.д. Крайняя восточная точка расположена в Нижневартовском районе на водораздельной части реки Вах, Танксес и Сым, и имеет координаты 61°28' с.ш. и 85°58' в.д. Общая протяженность границ ХМАО-Югры составляет около 4733 км. Территориально округ граничит с шестью субъектами Российской Федерации: на севере с Ямало-Ненецким автономным округом (протяжённость границы около 1716 км), на востоке и юго-востоке с Томской областью (протяжённость границы около 824 км) и Красноярским краем (протяжённость границы около 257 км), на юге с Тобольским и Уватским районами Тюменской области (протяжённость границы около 749 км), на

юго-западе со Свердловской областью (протяжённость границы около 597 км), на северо-западе с Республикой Коми по водоразделам Урала (протяжённость границы около 590 км) [Булатов В.И. Физическая география и экология региона].

По административному делению в Ханты-Мансийском автономном округе –Югре выделяют 9 районов, самым большим из которых является Нижнеуртовский район (общая площадь 117,31 тыс. км<sup>2</sup>), самым маленьким – Октябрьский район (общая площадь 24,49 тыс. км<sup>2</sup>), 16 городов, 24 посёлка городского типа, 173 сельских населённых пункта. Административный центр расположен в городе Ханты-Мансийск, имеющий координаты 61°00'15" с.ш. и 69°00'06" в.д. Географический центр ХМАО-Югры находится в Сургутском районе на левобережье р. Лямин и междуречье р. Юмаяха и его левого притока и имеет координаты 61°56'46" с.ш. и 70°37'30" в.д. Самой высокой точкой округа является гора Народная (1895 м), которая также является самой высокой вершиной Уральских гор. Самая абсолютная отметка лежит у уреза р.Оби, при выходе ее за пределы ХМАО - 7 м. Вся территория Ханты-Мансийского автономного округа относится к территории районам Крайнего Севера [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 10 с.; Официальный сайт ХМАО-Югры: <https://admhmao.ru>].

### 2.2.2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Вся равнинная часть Ханты-Мансийского автономного округа является частью Западно - Сибирской плиты, которая приурочена к Центрально – Южному сегменту внутренней тектонической области, так называемой, Центрально –Евразийской молодой платформе. Разрез Западно - Сибирской плиты состоит из трёх структурных этажей: складчатый фундамент, промежуточные и осадочный чехлы [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 20 с; Большая российская энциклопедия: <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>].

Первый структурный этаж представляет собой гетерогенный, сложенный практически на всей территории плиты двумя блоками – герцинским (палеозойская консолидация), а в восточной её части – байкальским (докембрийская складчатость – погребённое продолжение Сибирской платформы) складчатым фундаментом. Каждый блок имеет срединные массивы разных размеров, которые имеют выход на поверхность фундамента, сложенного преимущественно верхнепротерозойскими метаморфическими породами и грабенами разной протяжённости. Также, блоки содержат антиклинории и сиклинории и разделены глубинными разломами. Фундамент данного структурного этажа сложен магматическими и метаморфическим горными породами. Подошва фундамента залегает на глубинах от 32 км до 42 км и изменяется по территории. Обь-Иртышское междуречье залегает на глубинах от 34-36 км и занимает наиболее высокое положение. Наиболее низкое залегание подошвы приурочено к Уральской складчатой системы, где отмечаются глубины около 50 км [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 20 с.].

Второй структурный этаж – структурный представлен мезозойско – кайнозойским осадочным чехлом, который залегает на эрозионной поверхности гетерогенного палеозойского фундамента герцинской консолидации. Мезозойско-кайнозойский осадочный чехол сложен терригенными, частично угленосными, и кремнистыми отложениями триасового, юрского, мелового, палеогенного, неогенного и четвертичного возраста. Наибольший интерес здесь представляет обособленная в структуре чехла Обская мегасениклиза, в недрах которой сформировался нефтегазоносный суббассейн, представляющий собой часть Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. В пределах мегасениклизы также выделяют три неглубокие сениклизы (Мансийская, Среднеиртышская, Чулымская) и две антеклизы (Хантейская и Кеть-Вахская) [Большая российская энциклопедия: <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>]. В промежуточном осадочном чехле второго структурного этажа в центральной

части плиты в пределах Среднеобского блока фундамента выделяют два тектонических элемента, представляющих наибольший интерес для топливно-энергетического комплекса – Сургутский и Нижневартовский своды, где были открыты крупные скопления нефти [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 20-21 с.].

Сургутский свод имеет субмеридиональное простирание и осложнён валами, прогибами, выступами и террасами. Мощность осадочного чехла свода изменяется в пределах от 2,7 до 3,3 км. Также, на территории свода выделяют две вершины – Когалымскую и Фёдоровскую, где открыты крупные залежи углеводородного сырья. С северной стороны Сургутского свода наблюдается переход в Северо-Сургутскую мегатеррасу, подошва чехла которой погружена до глубины 3,85 км [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 21 с.].

Нижневартовский свод имеет северо-западное простирание и осложнён шестью валами (Самотлорским, Покачевским, Мегионско-Покурским, Ларьеганским, Былинским, Ермаковским), которые в свою очередь, разделяются ложбинами и прогибами. На Северо-Западе Нижневартовского свода наблюдается его переход в Северо-Вртовскую мегатеррасу, которая в свою очередь вытянута в субширотном направлении и осложнена валами, прогибам и моноклиналиями. В северо-восточном направлении от Нижнетавдинского свода выделяют два мегавала (Варьеганский и Тагринский) и два мегапрогиба (Пякупурский и Тюменский). На территории всех мегавалов были открыты крупные по запасам нефти и газа месторождения. С южной стороны Среднеобского блока фундамента выделяется Юганская мегавпадина, имеющая широтное простирание и ассиметричное строение. Внутреннее её строение сложно тем, что в контуре выделяют две впадины (Фаинская и Кулунская), глубина подошвы осадочного чехла которых около 3,5 – 3,7 км, и два прогиба и Южно-Кинямский вал. Один из двух прогибов Юганской мегавпадины – Ярсомовский, разделяет Сургутский и Нижневартовский своды. Юганская

мегаплатина в основном сложена меловыми и юрскими отложениями и структурами которыми связаны основные запасы нефти. На территории Среднеобского фундамента с западной стороны от Юганской мегаплатины и Сургутовского свода выделяется Фроловская мегаплатина, имеющая меридиональное простирание, расположенная на территории Фроловского мегоблока. От Юганской мегаплатины ее отделяют два мегавала (Верхнесалымский, Салымский), которые в свою очередь соединены между собой и Сургутским сводом седловинами. Оба мегавала сложены отложениями нижнего мела и верхней и средней юры, которые также являются нефтегазоносными [Булатов В.И., Ткачев Б.П., 21с.].

Третий структурный этаж представляет собой мезозойский осадочный чехол, который погружен в пределах территории от нескольких десятков метров до 1,-2,3 км. В пределах мезозойского осадочного чехла выделяются две структуры – Берёзовская моноклираль, простирающаяся на север, которая ограничена Чуэльским выступом. Структуры мезозойского осадочного чехла приурочены к древним выступам фундамента, где под чехлом на гряде отмечается выход протерозойских осадочных пород. С восточной стороны от, так называемой шовной зоны грабен-рифтов, выделяются два мегавала (северная часть Александровского, Бахилловский), которые соединены Хохряковской седловиной. С восточной стороны от перечисленных мегавалов, расположены ещё два мегавала (Верхнекаральский, Пылькаральский), которые образуют дугообразную систему, состоящей из двух мегопрогибов (Касский, Корликовский) и Каралькинского выступа. Образующаяся дугообразная система отделяется от перечисленных ранее мегавалов Ларьеганским мегопрогибом. Мезозойский осадочный чехол сложен терригенными породами юрского, мелового, палеогенового и четвертичного возраста, в разрезе глубиной до 3,5-4 км [Булатов В.И., Ткачев Б.П., 22 с.].

Юрские отложения, которыми сложен осадочный чехол объединяются в Шеркалинскую, Горелую, Котухтинскую и Худосейскую свиты. В стадии

седиментации, при длительном разрушении внутренних источников сноса – антиклинорий, происходило разравнивание рельефа, что способствовало осадконакоплению в морских заливах и прибрежных равнинах. В результате, в разрезе нижней юры было образовано две глинистые пачки (тогурская, радомская), которые являются нефтегазогенерирующими толщами и где происходило накопление залежей нефти и газа. Содержание углерода в данных глинистых пачках меняется от 2 до 19 %. Такие породы называют породами – коллекторами, обладающими высокими коллекторскими свойствами, вмещающими залежи нефти и газоконденсата. Нижнеюрские отложения, по сути своей являются самыми богатыми органикой отложениями в разрезе осадочного чехла, вместимость на территории округа которых, составляет около 30 трлн. тонн органического вещества [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 22-23 с.].

Верхняя часть чехла сложена Баженовской свитой и её аналогами, которая представлена повсеместно морскими фациями кремнисто-карбонатно-глинистых битуминозных пород. К данным отложениям приурочен основной сейсмически отражающий горизонт «Б», вмещающий скопления нефти. Средняя мощность Баженовской свиты здесь составляет 20-30 м. В восточном и западном районах в разрезе осадочного чехла баженовские битуминозные породы постепенно сменяются слабыми битуминозными аргиллитоподобными глинами Марьяновской, Мулымьинской и Даниловской свит, породы которых, характеризуются повышенной радиоактивностью. Неокомский разрез Среднеобской области, сформировавшийся в результате регрессии Неокомского моря во времени на данной территории характеризуется как наиболее благоприятный для образования и скопления углеводородного сырья. Здесь отмечается ритмичное чередование коллекторов и покрышек. Продуктивными свитами здесь являются Сортымская, Мегионская, Ахская, Усть-Балыкская, Сангопайская, Вагденская, Вартовская, Леушинская и Фроловская [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 23-24 с.].

### 2.2.3. РЕЛЬЕФ

Территория Ханты-Мансийского автономного округа –Югры расположена в пределах Западно-Сибирской низменности и частично охватывает макросклоны Северного и Полярного Урала на востоке. В соответствии с этим, ландшафты территории подразделяются на уровне двух классов – горные и равнинные [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 25 с.; Большая российская энциклопедия: <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>].

Равнинная часть территории на уровне подклассов ландшафтов представлена равнинами низкого и высокого уровней, а также, возвышенностями [Булатов В.И. Физическая география и экология региона, Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 25-26 с.].

Равнины низкого уровня представлены молодым рельефом аккумулятивного происхождения. Сюда относятся – Сургутское полесье, Казымская и Надымская низменности. Поверхность представлена слабо расчлененной, слабо дренируемой, сложенной рыхлыми наносами. Уровень грунтовых вод близок к поверхности, а высоты не превышают 50-80 м [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 26 с.].

Возвышенные равнины представляют собой аккумулятивные и аккумулятивно-денудационные поверхности с высотами до 100 м, которые отличаются неравномерным расчленением и дренажём, уровень грунтовых вод очень колеблется. Они приурочены к Ваховскому полесью и Обь-Иртышскому междуречью. Возвышенности территории представлены Белогорским материком, Аганским увалом, Верхне-Тазовской возвышенностью и Сибирскими увалами, которые характеризуются более древним рельефом, относительно равнин низкого уровня, преобладанием денудационных и эрозионных процессов, более значительным расчленением, интенсивным естественным дренажём. Грунтовые воды залегают глубоко. Высоты превышают отметку в 100 м. Также, к территории ХМАО-Югры

приурочены такие возвышенности как Северо-Сосьвинская и южная часть Полуийской [Булатов В.И., Ткачѐв Б.П., 26 с.].

Возвышенные дренированные поверхности отмечаются большей глубиной расчленения и большим набором растительных сообществ, которые сменяют друг друга вниз по склону [Булатов В.И., Ткачѐв Б.П., 26 с.].

Ландшафты Среднего Приобья представлены тремя генетическими типами рельефа: морскими на северо-западе, озерно-аллювиальными – центральные и южные части, ледниковыми на востоке и западе.

Горная часть территории подразделяется на два типа: рельеф альпийский и рельеф моренный [Булатов В.И., Ткачѐв Б.П., 26 с.].

Первый тип, рельеф альпийский, распространѐн на Приполярном Урале в Народо-Итъинской провинции. Для него характерно резкое расчленение и развитие таких ледниковых форм, как кары, трог, карлингии скалистые склоны. Также, эта часть рельефа охвачена современным оледенением и более значительным оледенением свойственным четвертичному времени. Здесь на Приполярном Урале, в районах его расчлененного рельефа по периферии возвышенностей и склонов, рассеченных водоразделами речных долин и уступам разновысотных геоморфологических уровней, развиты такие склоновые гравитационные процессы, как обвалы, осыпи и оползни. Данные процессы способствуют формированию у оснований склонов таких характерных форм рельефа, как корги и кекуты [Булатов В.И., Ткачѐв Б.П., 27 с.].

Второй тип, рельеф моренный, представляет собой аккумулятивную деятельность ледников, сформированный в холодную и многоснежную эпоху Сартанской стадии оледенения на Приполярном Урале. Рельеф отчётливо выражается в днище трога долины верховий р. Народа и представлен двумя поясами конесно-моренных гряд высотой 35 м и шириной 150-200 м, которые простираются поперѐк трога. Также, здесь отмечается наличие западно-холмистого рельефа с озѐрами моренного подпруживания, который

сформировался в днище двенадцатикилометрового верхнего участка трога [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 27-28 с.].

Крутизна и экспозиция склонов горного типа рельефа влияет на такие показатели, как перераспределение увлажнения, температурный режим, снежный покров [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 26 с.].

Также стоит отметить, что на обширных прирусловых отмелях основных рек и песчаных осередках их русла развиваются такие формы рельефа, как котловины выдувания и небольшие гряды [Булатов В.И., Ткачёв Б.П., 26 с.].

#### 2.2.4. КЛИМАТ

Ханты-Мансийский автономный округ –Югра расположен в умеренном климатическом поясе, поэтому его климат определяют как умеренный континентальный, для которого характерна длительная умеренно холодная зима и короткое умеренно тёплое лето (По классификации А.А. Григорьева и М.И. Будыко) [Кузнецова Э.А., Соколов С.Н., 11 с.].

В результате того, что округ расположен между 64° и 58° с.ш., его климат формируется под воздействием широтного фактора. Приход воздушных масс осуществляется с Атлантики и Арктики. Продолжительная и холодная зима способствует длительному залеганию снежного покрова, в среднем от 200 до 210 дней в году. Минимальная его мощность отмечается в южной тайге Кондо-Куминского междуречья (около 150 см). В горной части округа (Берёзовский район) снежный покров отмечается более продолжительным периодом залегания и мощность его составляет около 50-80 см, а в горах порядка 120-130 см. В апреле и мае возможен сход лавин [Кузнецова Э.А., Соколов С.Н., 12 с.].

Количество выпадающих осадков для ХМАО-Югры превышает их испарение практически в два раза, в результате чего, всюду наблюдается избыточное увлажнение. Среднегодовое количество осадков за год

составляет 514 мм р.с., а максимальное годовое количество может достигать отметки в 680 мм р.с. (с. Угут). Выпадение основной массы осадков, порядка 60-65 % , приходится на летний период [Кузнецова Э.А., Соклово С.Н., 12 с.; Большая российская энциклопедия: <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>].

Уральский хребет, растянувшийся вдоль меридианального направления с западной стороны округа, способствует задержки теплых атлантических воздушных масс, а открытость территории с северной стороны благоприятствует быстрому проникновению холодных арктических воздушных масс, которые определяют климат региона [Кузнецова Э.А., Соклово С.Н., 12 с.].

Еще одной особенностью ХМАО-Югры является наличие разнообразие микроклиматических особенностей, в результате которых самой холодной частью региона является долина реки Вах (Нижневартовский район), в силу частого проникновения холодных арктических масс с рек Пур и Таз, а территория расположенная в границах Обь-Иртышского бассейна отличается крайней суровостью климата под воздействием сильных ветров [Кузнецова Э.А., Соклово С.Н., 12 с.].

В округе наблюдаются суточные и сезонные колебания температур воздуха, связанных с резкой сменой типов воздушных масс. Температурный режим территории определяется особенностью и характером рельефа. Так, для всей территории характерна отрицательная средняя многолетняя годовая температура воздуха, но при этом наблюдается существенное различие между температурами самой северной точки наблюдения – д. Нумто ( $-5,3^{\circ}\text{C}$ ) и самой южной точкой - с. Леуши ( $+0,5^{\circ}\text{C}$ ). Самый холодный месяц на территории округа – январь со средней температурой  $-24,2^{\circ}\text{C}$  (д. Нумто) и  $-18,1^{\circ}\text{C}$  (с. Леуши). Период с наибольшей продолжительностью морозных дней приходится также на январь, территориально на северо-восток округа (Нижневартовский район), где минусовые температуры практически ежегодно опускаются ниже пятидесяти градусов. Самые низкие температуры были зарегистрированы на метеостанции Варьёган ( $-60^{\circ}\text{C}$ ) и в с. Корлики (-

59°С). Самый теплый месяц – июль. Его средняя температура воздуха определяется от +15,5°С (Берёзово) до +17,8°С (с. Леуши). Максимальная зафиксированная температура воздуха +37°С характерна для всей территории ХМАО-Югры [Кузнецова Э.А., Соклово С.Н., 12-13 с.].

Средняя скорость ветра в округе составляет 3-4 м/с. Наиболее сильные ветры приходятся на май (3,5-45 м/с), наиболее слабые – ноябрь (2,1 м/с) с. Леуши [Кузнецова Э.А., Соклово С.Н., 14 с.].

В горы Приполярного Урала зарегистрирован наиболее короткий безморозный период, который длится 60 дней. Самый продолжительный безморозный период зарегистрирован в районе Северо-Сосьвинской возвышенности и Сибирских Увалов, где он составляет от 80 до 90 дней. Советский, Ханты-Мансийский районы и район Среднего Приобья – территории с продолжительностью безморозного периода в 100 дней. Максимальная продолжительность безморозного периода отмечена в Кондинском районе – 105-110 дней [Кузнецова Э.А., Соклово С.Н., 13 с.].

#### 2.2.5. ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

По обеспеченности территории водой Ханты-Мансийский автономный округ – Югра относится к зоне достаточного и избыточного увлажнения, на территории которого расположено около 19 тыс. рек, ручьев, протоков (бассейн р. Оби). По площади речная сеть ХМАО-Югры занимает 525 тыс. км<sup>2</sup>. Её характерной особенностью является интенсивная заболоченность водосборов (примерно 50-70% территории) [Большая российская энциклопедия: <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>].

Река Обь является главной водной артерией округа (12700 м<sup>3</sup>/с) и относится к группе крупнейших рек земного шара (по Лёзину В.А.). Длина реки в пределах округа составляет 1218 км, относится к бассейну Карского моря Северного Ледовитого океана. Бассейн р. Оби насчитывает около 16,8 тыс. водотоков (85,5%), имеющих длину менее 10 км и 2850 водотоков

(14,5%), имеющих длину свыше 10 км. Также, 177 рек, длина которых превышает 100 км (163 средних по длине и 14 больших) и 4 крупных реки, к которым относятся, собственно, сама Обь, Иртыш, Конда и Большой Юган. 4 реки имеют длину свыше 500 км, это Северная Сосьва, Кызым, Мулымья, Большой Тап, Кума, Вах, Тромъеган, Аган, Малый Юган и Большой Салым. Крекам, водоносность которых более 100 м<sup>3</sup>/г относятся (в порядке убывания) — Северная Сосьва, Вах, Тромъеган, Конда, Казым, Ляпин, Аган, Большой Юган, Хулга, Сабун, Лямин и Назым. Их сток полностью формируется в пределах округа [Лёзин В.А., 63 с.].

Долины рек характеризуются как широкие, поймы двусторонние, русла меандрирующие. Все водосборы заболоченные. По характеру питания все реки округа относятся к преимущественно снеговому, частично дождевому. По классификации Б.Д. Зайкова реки ХМАО-Югры относятся к казахстанскому типу, для которого характерно затяжное весеннее половодье (подъём воды нередко может достигать 4-6 м и больше) и продолжительная зимняя межень. Удельная водообеспеченность на единицу площади для округа составляет около 700 мм, при средней величине речного стока около 365 км<sup>3</sup> [Большая российская энциклопедия: <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>].

Озер на территории Ханты-Мансийского автономного округа –Югры насчитывается около 290 тыс. общей площадью более 30 тыс. км<sup>2</sup> (примерно 5,7% площади округа). Более 200 озёр по размерам относятся к категории средних и больших, половина из которых находится в бассейнах рек Конда и Тромъеган. Наибольшее скопление озёр приурочено к территории правобережной части Среднего Приобья (220 тыс.), из них к бассейну р. Томъеган относится около 90 тыс., к бассейну р. Вах – 36 тыс., к бассейну р. Лямин – свыше 30 тыс., бассейн р. Пим - 26 тыс. Также, много озёр приурочено к бассейну р. Конда - около 44 тыс., наименьшее количество находится в бассейне р. Казым - 17,5 тыс. [Лёзин В.А., 66-67 с.].

Большая часть озёра характеризуются преимущественно как мелкие глубиной не более 2 м. Самыми глубоководными являются о. Кинтус (в районе п. Салым) - 48 м и Сырковый Сор (Нефтеюганский район) – 42 м. Всего насчитывается пять наиболее крупных по площади озёр: по площади озёр: Нумто, Тормэмтор, Самотлор, Турсунтский Туман и Леушинский Туман. Всего водные ресурсы озёр Ханты-Мансийского автономного округа – Югры ориентировочно составляют 30-40 км<sup>3</sup>[Большая российская энциклопедия: <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>].

### 2.2.6. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

Согласно почвенно-географическому районированию территория Ханты-Мансийского автономного округа ходит в бореальный пояс, Европейско-Западно-Сибирскую таёжно-лесную область, зону глееподзолистых, подзолистых и дерново-подзолистых почв подзон северной, средней и южной тайги. Западная часть территории округа, согласно почвенно-географическому районированию, относится к Уральской горной провинции [Опышко Н.Ф., 8 с.].

На основе «Классификации и диагностики почв СССР» (1997) на территории ХМАЮ –Югры 17 типов и подтипов почв. Из них, только 11 типов почв представлены на равнинной части.

Таким образом, для территории округа характерны следующие типы почв: горно – тундровые, подбуры, горные бурые, горные глееподзолистые и элювиально-глеевые, глеевато-таёжные, глееподзолистые и (собственно) подзолистые, дерново-подзолистые и дерново-глеевые, болотно-подзолистые, болотные (верховых, переходных, низинных болот), аллювиальные [Опышко Н.Ф., 8 с.].

#### *Почвы горной части*

Горно-тундровые почвы – развиваются на грубообломочных продуктах разрушения кислых коренных пород подгольцового пояса выше 600 м н.у.м. Мощность профиля не превышает 40 см. По механическому составу

преимущественно суглинистые. Развиваются на зоне многолетней мерзлоты [Опышко Н.Ф., 8 с.].

Подбуры – формируются и развиваются на территориях равнинных и горных регионов тундры на каменисто-мелокоземестых элюво-делювиях изверженных и метаморфических пород и полиминеральных песчано-супесчаных породах, которые богаты основаниями и железосодержащими минералами в условиях хорошего дренажа. Почвенный профиль представлено оторфованной подстилкой (O) или грубогумусовым горизонтом (AO), где можно встретить редкие минеральные зерна. Далее залегает альфегумусовый горизонт (Bhf) коричневой или охристо-бурой окраски. Данный горизонт формируется благодаря иллювиальной аккумуляции алюмо-железисто-гумусовых соединений, к низу он светлеет и переходит постепенно в почвообразующую породу (C). Характерной чертой подбуров является кислая и сильнокислая реакция всего профиля со снижением кислотности к низу, они насыщены основаниями, обменными основаниями и гумусом фульватного состава, где преобладают подвижные и агрессивные фракции. Также, для них характерно аккумулятивное распределение ила. Основные почвообразовательные процессы представлены подстилкообразованием, грубогумусово-аккумулятивным процессом и альфегумусовым процессом [Атлас почв России. 84-85 с.].

Горные бурые почвы имеют распространение в среднетаёжной подзоне гор. Это переходный тип от подуров к горным лесным бурым почвам. Морфологические признаки практически схожи с признаками подбуров. Единственным отличием является наличие у горных бурых почв гумусово-аккумулятивного горизонта [Опышко Н.Ф., 9 с.].

Горные глееподзолистые и элювиально-глеевые почвы имеют широкое распространение в поясе темнохвойной тайги и низкогорий. Формируются на породах преимущественно суглинистых различного генезиса. В основном, территориально распространены на узких дренированных водоразделах бровках и дренированных склонах приречных увалов. Почвенный профиль

представлен слабооторфованной подстилкой (O) мощностью примерно 5-8 см. Имеют осветлённую оглеенную, сизовато-серую окраску. После него следует неоднородно окрашенный переходный горизонт (ELBtg), а ниже он сменяется текстурным горизонтом (Bt). Он имеет бурый цвет с ореховато-призматической структурой. Почвы характеризуются кислой реакцией, малой ёмкостью поглощения, низкой степенью насыщенности основаниями, а также, для него характерно низкое содержание вымытого гумуса. Основные почвообразовательные процессы представлены подстилкообразованием, кислотным гидролизом минералов, элюввиально-глеевым процессом, лёссиважем. Также для данного типа почв характерно наличие торфянистых горизонтов мощностью до 10-15 см [Атлас почв России. 90-91 с.].

Глеевато-таёжные почвы широкое распространение имеет в подзонах северной и средней тайги на слабодренированных территориях. Для таких территорий характерны временные застои поверхностной воды (верховодки). Данный тип почв сформирован на породах глинистого и субглинистого гранулометрического состава под хвойными и смешанными мохово-кустарничковыми лесами. Почвенный профиль представлен оторфованной подстилкой (O), мощность которой может достигать от 5 до 12 см, также, верхний почвенный горизонт может быть представлен минеральной оглеённой толщей с разной степенью оглеения буроокрашенного цвета с сизоватыми пятнами и сизо-бурыми и ржаво-бурыми разводами следующего далее глеевато-горизонта (Bg) с переходом в сплошной глеевый горизонт (G). Завершает почвенный профиль глеевато-таёжных почв пёстроокрашенная в голубоватые, сизые и ржавые тона оглеённая почвообразующая порода (Cg (G)). Для таких почв характерна кислая реакция и насыщенность основаниями верхней части профиля. В верхних минеральных горизонтах отмечается наличие подвижного бесцветного гумуса, но его содержание резко сокращается с глубиной. По профилю нет чётко выраженной элюввиально-иллюввиальной дифференциации.

Почвообразующие процессы представлены подстилкообразованием и оглеением [Атлас почв России. 94-95 с.].

Глееподзолистые и (собственно) подзолистые почвы наиболее широко распространены на территории округа. Глееподзолистые формируются в подзоне северной тайги и европейской части России на суглинистых породах различного генезиса под северотаёжными еловыми смешанными мохово-кустарничковыми лесами. Развиваются на узких дренированных водоразделах бровках и дренированных склонах приречных увалов. Почвенный профиль представлен слаоторфованной подстилкой (O) мощностью до 5-8 см, имеют осветлено оглеенный сизовато-серый цвет с наличием большого количества микроотртшейнов. Второй горизонт представляет собой элювиальный частично покрашенный потёжным органическим веществом. Его мощность достигает от 3 до 10-12 см. Элювиальный горизонт сменяется переходным горизонтом (ELBtg), который ниже сменяется текстурным горизонтом (Bt) бурого цвета. Тектурный горизонт имеет орехово-призматическую структуру и характеризуется признаками вымывания глинистого вещества. Завершает профиль почвообразующая порода (C). Для почв характерна кислая реакция и низкая степень насыщения основаниями и содержанием вымытого гумуса. Отсутствует четкая элювиально-иллювиальная дифференциация профиля. Почвообразующих породы представлены подстилкообразованием, кислотным гидролизом минералов, элювиально-глеевым процессом лёссиважем. Подзолистые почвы формируются на равнинных территориях и в горах на породах суглинистого состава различного генезиса под хвойными среднетаёжными мохово-кустарничковыми лесами при хорошем дренаже и промывном водном режиме. Почвенный профиль представлен подстилкой (O) мощностью от 5 до 10 см, иногда с присутствием прослойки тонкого гумуса (AO), либо затёками гумуса в элювиальные горизонты, мощность такой прослойки обычно не превышает 3 см. Далее следует белёсый элювиальный горизонт (EL) плитчато-лстоватой структуры, мощность

данного горизонта может варьировать от 5 до 50 см. После элювиального горизонта следует переходный горизонт (ELBtg) белёсо-бурого цвета, который ниже сменяется текстурным горизонтом (Bt) бурого цвета ореховато-призматической структуры. После текстурного горизонта идет переходный горизонт (BtC), плавно сменяющийся почвообразующей породой (C). Для подзолистых почв также как и для глееподзолистых характерна кислая и сильнокислая реакция, низкое насыщение основаниями и гумусом, однако, для подзолистых почв характерно чёткое элювиально-иллювиальное дифференцирование профиля. Почвообразующие процессы представлены подстилкообразованием, кислотным гидролизом минералов и лёссиважем [Атлас почв России. 90-93 с.].

Дерново-подзолистые и дерново-глеевые почвы широко распространены в равнинных и горных областях южнотаёжной подзоне и примыкающей к ней полосе среднетаёжной подзоны под хвойно-лиственными и хвойно-широколиственными мохово-травянистыми и травянистыми лесами на суглинистых породах различного генезиса. Почвенный профиль дерново-подзолистых почв представлен подстилкой (O) небольшой мощности от 3 до 5 см, после которого обычно следует маломощный грубогумусовый горизонт (AO). Отличительной чертой дерново-подзолистых почв от подзолистых является наличие у первых гумусового горизонта светло-серой или буровато-серой окраски, обычно мелкокомковатой структуры, мощностью от 5 до 15 см. Далее следует элювиальный горизонт (EL) белёсой окраски с сероватыми или палевыми оттенками для которого характерна плитчато-лиственная структура, мощность варьирует от 10 до 50 см. Элювиальный горизонт сменяет переходный горизонт (ELBtg) белёсо-бурого цвета, который ниже сменяется текстурным горизонтом (Bt) бурого цвета, иногда с красными или желтоватыми оттенками, ореховато-призматической структуры. Далее следует смена через переходный горизонт (BtC), который плавно перетекает в почвообразующую породу (C). Как и все подзолистые почвы для данного

типа почв также характерна кислая реакция по всему профилю, небольшое содержание гумуса и малое насыщение основаниями, четкое элювиально-иллювиальное дифференцирование профиля. Почвообразующие процессы представлены подстилкообразованием, гумусово-аккумулятивным процессом, кислотным гидролизом минералов и лёссиважем. Профиль дерново-глеевых почв представлен подстилкой (O), либо оглеенным дерновым горизонтом (Av,g), после которого сразу залегает гумусовый горизонт (A (g,n)), мощность которого от 20 до 30 см, этот горизонт тёмно-серого цвета с частыми следами оглеения, зернистой структуры. Ниже него следует переходный горизонт грязно-бурых тонов (Bg(BG)) с различной степенью оглеения. Далее характерный переход к почвообразующей породе, которая может быть сильно оглеённой или даже водоносной. Для данного типа почв характерна сильная гумусированность, слабокислая или нейтральная реакция, в нижних горизонтах может даже быть щелочной и высокая степень насыщения основаниями. Почвообразующие процессы представлены гумусово-аккумулятивным процессом и оглеением [Атлас почв России. 106-107, 118-119 с.].

Болотно-подзолистые почвы практически повсеместно распространены в округе на слабодренированных элементах рельефа с характерным временным застаиванием атмосферных вод, или высоким уровнем стояния грунтовых вод. Для данного типа почв хорошо проявляются устойчивые признаки оглеения, как в элювиальном, так и иллювиальном горизонтах. Часто в профиле можно выделить торфянистые и перегнойные горизонты. Содержание гумуса характеризуется от низкого к среднему. В торфянистых горизонтах высоко содержание органического вещества.

Болотные (верховые, переходные, низинные) почвы широко распространены на территории округа и занимают более 30% площади. Болотные верховые почвы главным образом приурочены к водоразделам и террасам с небольшими уклонами и слаборасчленённой поверхностью. Формируются в условиях застойного увлажнения пресными или слабо

минерализованными водами атмосферных осадков без влияния грунтовых вод на сфагновых мхах, верисковых кустарничках, пушицы, росянок, некоторых видах осок. Древесная растительность находится в угнетённом состоянии и в основном представлена сосной. Для данного типа почв характерно наличие органического торфяного горизонта (Т), (То) желтовато-бурого или бурого цвета разной степени разложения, мощность которых может варьировать от нескольких см до 6 м. Далее торфяной горизонт переходит в органогенную породу (ТТ). Самый верхний горизонт представлен моховым очёсом (Оv). Болотные переходные и низинные почвы формируются в понижениях, низинах, долинах рек под воздействием минерализованных грунтовых вод под эвтрофной влаголюбивой растительностью. Верхний горизонт также представлен моховым очёсом с включением корней растений и растительного опада. Также имеется торфяной горизонт (Т, Те) бурого, тёмно-бурого иногда чёрного цвета различной степени разложения. Для переходных болотных почв характерна низкая степень разложения. После торфяного горизонта следует органогенная порода (ТТ). В болотных почвах реакция среды варьирует от кислой (болотные верховые) до слабокислой и нейтральной (болотные переходные и низинные) и высокая влагоёмкость от 100% до 500% [Атлас почв России. 122-123 с.].

Аллювиальные почвы ХМАО-Югры представлены группой аллювиальных пойменных и дельтовых почв. Они образуются в условиях регулярного затопления паводковыми водами в поймах и дельтах рек, где постоянно происходит отложение свежих слоёв аллювия разного гранулометрического и химико-минералогического состава. В зависимости от географического положения, геоморфологии и характера и состава растительности речных долин дельт, данный тип почв различается по составу на: аллювиальные дерновые почвы, плювиальные луговые почвы и аллювиальные лугово-болотные и болотные почвы. На территории округа

широкое распространение имеют аллювиальные дерновые и аллювиальные лугово-болотные и болотные почвы [Атлас почв России. 126-127 с.].

Аллювиальные дерновые почвы приурочены к прирусловой части поймы и гривнам центральной поймы, формируются на супесчано-суглинистом аллювии при кратковременном затоплении паводковыми водами при глубоком уровне грунтовых вод под разнотравно-злаковой растительностью. Для них характерен легкий гранулометрический состав, чёткое слоистое строение, наличие маломощного гумусового горизонта (Av) неясно выраженной комковато-зернистой структурой [Атлас почв России. 126-127 с.].

Аллювиальные лугово-болотные и болотные почвы формируются в понижениях с высокой степенью заболачивания притеррасных частей речных пойм на отложениях тяжёлого суглинисто-глинистого аллювия при длительном затоплении паводковыми водами и высоком уровне грунтовых вод под осоково-травянистой или древесно-кустарничковой растительностью. Для них характерно накопление органического вещества в виде торфа или иловато-перегнойной массы. Возможны признаки интенсивного оглеения по всему профилю, нередко встречаются железистые прослойки. Основными почвообразовательными процессами являются гумусово-аккумулятивный процесс, оглеение, иногда могут возникать такие, как засоление, оруденение и окарбоначивание [Атлас почв России. 126-127 с.].

### 2.2.7. РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

Территория Ханты-Мансийского автономного округа территориально входит в состав Уральской горной и Западно-Сибирской равнинной лесорастительных стран [Смолоногов Е.П., Поздеев Е.Г., Алесенков Ю.М., 52 с.].

К Уральской горной лесорастительной стране относится северо-западная часть территории ХМАО — это восточный макросклон северной части Уральского хребта и его предгорий. По структурному делению Уральской горной лесорастительной страны территория ХМАО-Югры входит в состав двух лесорастительных зон: зона горной лесотундры с горными предтундровыми редколесьями и зона горной тайги подзоны северо-таёжных лесов. В зоне горной лесотундры и предтундровых редколесий преобладают горные редколесья, в составе которых наиболее типичными представителями являются лиственница сибирская, берёза извилистая, ель сибирская, кедр сибирский (приурочены к южной части зоны). Ввиду сурового климата, вегетационный период в данной зоне длится около трёх месяцев, результатом чего является низкая продуктивность лесов, их относят к *аи б* классу бонитета. Но, несмотря на низкий показатель продуктивности, леса данной зоны выполняют важные экологические функции почвозащитную и водорегулирующую. В условиях склона, растительность не поднимается выше 400-500 м н.у.м. Подзона горных северотаёжных лесов, ввиду более мягкого климата к югу, способствует развитию таёжных лесов и таёжной флоры. Здесь лесистость территории составляет до 70-80%. Нижний пояс гор, с предгорьями и прилегающими к ним равнинами, представлен преимущественно сосновыми лесами и ельниками с примесью пихты. Также, на территории широко распространены смешанные березовые леса с подростом тёмнохвойных пород. Продуктивность лесов повышается от предгорий и прилегающих к ним равнин до долин рек. Верхний лесной пояс гор представлен лиственничными и пихтовыми редколесьями, а также, криволесьями из берёзы извилистой. Для данной зоны характерен повсеместный лишайниково-кустарничковый покров, представленный кустарничками багульника, водяники, толокнянки, брусники, ивы полярной, карликовой берёзы и др. [Смолоногов Е.П., Поздеев Е.Г., Алесенков Ю.М., 53 с.].

Западно-Сибирская равнинная лесорастительная страна характеризуется чётко выраженной широтной зональностью. Равнина занята всем спектром широтных географических зон северного полушария, от арктических пустынь на севере до степной зоны на юге. В границах территории ХМАО-Югры лесорастительная страна включает в себя две структурные единицы: подзону северной тайги и подзону средней тайги [Смолоногов Е.П., Поздеев Е.Г., Алесенков Ю.М., 54 с.].

Подзона северной тайги занимает обширную территорию севера округа и включает в себя южную часть Приуральской, Приобской (Белогородской), Надым-Пуровской и Тазовско-Енисейской провинций ледниковой и водно-ледниковой равнины. Основной растительный покров формируется на сфагновых верховых болотах и заболоченных лесах. Растительность лесов представлена сосновыми, елово-кедровыми и берёзовыми лесами, занимает наиболее дренированные территории и мозаично распределена в пространстве и занимает неширокие полосы вдоль пойм рек. Продуктивность лесорастительных сообществ характеризуется от низкой до средней. В подзоне широко распространены почти все типы кустарничков северного леса (водяника, багульник, голубика и др.). На южной границы территории широко распространена ольха кустарничковая. Южная граница подзоны с востока на запад проходит по правому берегу р. Вах, р. Оби, р. Назым, а далее по течению р. оби отклоняется к северу, пересекает Люлим Вор и уходит на запад до Уральского хребта [Смолоногов Е.П., Поздеев Е.Г., Алесенков Ю.М., 53-54 с.].

Подзона средней тайги широко распространена в лесных массивах бассейнов рек Конды, Нижнего Иртыша и левого берега Оби. В её структуру входят северная часть Кондо-Тавдинской и Обь-Иртышской лесорастительной провинций. Для территории подзоны характерно высокая степень заболачивания и заозёрности. Растительность подзоны представлена болотными и лесными сообществами. Более 50% площади покрыто лесами, состоящими из сосняков, кедровника и ельников. Также,

встречаются березняки и осинники, занимающие незначительную часть территории. В междуречье рек Тавды и Конды встречаются елово-пихтовые, кедровые и берёзовые леса, а в междуречье Оби и Иртыша - тёмнохвойно-кедровые леса [Смолоногов Е.П., Поздеев Е.Г., Алесенков Ю.М., 54-55 с.].

### 2.2.8. ЖИВОТНЫЙ МИР

Животный мир Ханты-Мансийского автономного округа –Югры характеризуется своим разнообразием и богатством. В общей сложности, на территории округа встречается 310 видов наземных позвоночных, 60 видов млекопитающих, из которых 20 видов промысловых (соболь белка, колонок, горноста́й, заяц –беляк, лисица и др.), 250 видов птиц, среди которых наиболее часто встречаются глухарь, рябчик, тетерев, белая куропатка, кряква, турпан и др., 47 видов речных и озёрных рыб (осётр, таймень, стерлядь, муксун, ряпушка, нельма, щука и др.). Ввиду сильной антропогенной нагрузки, в округе отмечается значительное сокращение биоразнообразия животного мира. Наиболее уязвимой частью биоты ХМАО-Югры являются редкие животные, птицы, рыбы и насекомые, занесённые в Красные книги различных уровней [Большая российская энциклопедия <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>].

Среди отрядов млекопитающих из 60 видов третью часть составляют редкие и исчезающие виды и подвиды. Так например, наиболее уязвимым к сокращению видами являются: западносибирский речной бобёр, насекомоядный белогрудный ёж, европейский (обыкновенный) крот, сибирский (алтайский) крот, бурая и крупнозубая бурозубки. Среди рукокрылых, которых на территории насчитывается 1100 видов, уязвимыми к сокращению являются ночница Баранта, водяная ночница, прудовая ночница, северный кожанный и двухцветный кожан. Среди представителей хищных наибольшее сокращение присуще европейской норке, на которую нередко осуществляется незаконная охота в целях контрабанды. Северный олень,

является, относящийся к подвиду парнокопытных является аборигенным подвидом и по данным исследований среди данного вида, происходит резкое сокращение численности данного подвида [Стариков В.П., Емцев А.А., Берников К.А., 7 с.].

Среди отряда птиц под угрозу исчезновения и сокращения численности попадает 6 видов: полевой лунь, вяхирь, клинтух, большая горлица, ястребиная сова, седой дятел. Рептилий в границах округа обитает всего четыре вида и все находятся под охраной: обыкновенный уж, обыкновенная гадюка, прыткая ящерица живородящая ящерица. Среди рыб на территории ХМАО-Югры под особой охраной находятся сибирская минога [Стариков В.П., Емцев А.А., Берников К.А., 7 с.].

Класс насекомых представляет собой самый многочисленный класс на территории округа. Насекомых насчитывается около 100 тыс. видов, большая часть из которых занесено в Красную книгу [Стариков В.П., Емцев А.А., Берников К.А., 7 с.].

#### 2.2.9. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА -ЮГРЫ

Радиоэкологическая обстановка в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре оценивается как благоприятная и удовлетворительная, что отражено в Государственных докладах по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре за последние несколько лет. С 1998 года на территории округа, согласно Федеральным законами Российской Федерации и Ханты-Мансийского автономного округа и другим нормативно-правовым актам в области радиационной безопасности, проводится радиационно-гигиеническая паспортизация организаций, применяющих в своей деятельности источники ионизирующего излучения, что позволяет вести непрерывный контроль и оценку радиоэкологической обстановки округа [Старков В.Д, Мигунов В.И., 277-302 с.], [Федеральная служба

Роспотребнадзора по ХМАО – Югре, ФГБУ «ЦГиЭ ХМАО - Югры». ГД 2021, 37-48].

В соответствии с ежегодными данными о состоянии окружающей среды ХМАО- Югры, гамма –фон территории находится в пределах нормы и измеряется в интервалах от 0,08 до 0,18 мкЗв/ч. Такая же картина складывается относительно бета - активных выпадений, чья норма составляет 2,4 Бк/м<sup>2</sup>сут.[Старков В.Д, Мигунов В.И., 277-302 с.].

Территория Ханты-Мансийского АО –Югры характеризуется отсутствием объектов 1 и 2 категории потенциальной радиационной опасности и объектов, отнесенных к особо радиационно- и ядерно- опасным. Однако, по ряду причин, изучение, оценка и прогнозирование радиационной обстановки в ХМАО-Югре представляет особый интерес. В период с 1978 по 1985 годы на территории округа было проведено 5 мирных ядерных взрывов, в результате которых образовалось 5 объектов проведения ядерных взрывов (ОПЯВ). Эти объекты представляют собой подземные полости (скважины), которые в настоящее время являются хранилищами неизвестного количества радиоактивных отходов. Опасность наличия на территории данных объектов представляется в возможном поступлении радиоактивных газов в окружающую среду, поскольку данные скважины более никем не обслуживаются, и соответственно, на них не ведется радиоэкологический мониторинг и оценка их состояния. Содержащиеся в довольно высоких концентрациях радиоактивные вещества в результате негерметичности скважин могут проникать в водоносные горизонты и почву, а от туда в поверхностные воды, источники питьевого водоснабжения и организм человека [Старков В.Д, Мигунов В.И., 277-302 с.].

Ханты-Мансийский автономный округ является одним из главных и ведущих регионов страны по добыче углеводородного сырья. На территории округа расположено огромное количество нефтегазовых скважин. Наименее ресурснозатратным и доступным способом разведывания нефтегазовых скважин является ядерно-геофизический метод, основанный на

использовании радионуклидных источников, содержащих опасные радиоизотопы, такие как Pu -239, Cs -137, Ra-226, Ir-192 и другие. В результате проведения такого рода геофизических работ, в продуктивных горизонтах территории округа в разведочных и эксплуатационных скважинах оставлено более 200 радиоизотопных источников. Поскольку территория проведения данного вида работ приурочена к местам, где сейчас ведется интенсивная добыча углеводородного сырья, опасные радионуклиды подвергаются извлечению на поверхность в процессе бурения скважин и добычи сырья в составе нефтешламов. Другой особенностью и интересом к изучению радиационной обстановки территории нефтегазовых месторождений ХМАО являются геологические разрезы к которым приурочены нефтегазоносные отложения. Особый интерес представляет баженовский нефтегазоносный горизонт, приуроченный к верхней юре и нижнему мелу, поскольку он имеет огромное площадное распространение и занимает значительную часть территории ХМАО и обогащен урановыми рудами. Содержание урана здесь колеблется в пределах от 0,013 до 0,139 % [Старков В.Д, Мигунов В.И., 277-302 с.], [Федеральная служба Роспотребнадзора по ХМАО – Югре, ФГБУ «ЦГиЭ ХМАО - Югры».ГД 2021, 37-48 с.].

Также, одним из природных источников радионуклидов на территории нефтегазопромысла ХМАО является пластовая вода, которая содержит в своем составе растворенные соли радия и его дочерний продукт распада – радон, который также присутствует в природном газе. Проникновение естественных и искусственных радионуклидов из буровых скважин происходит путем извлечения добываемого углеводородного сырья с буровыми отходами – нефтешламом и пластовой водой, которые после, длительное время накапливаются в технологических узлах, например, таких как шламоамбар, что создает потенциальный риск для рабочего персонала месторождений и близлежащего населения [Старков В.Д, Мигунов В.И., 277-

302 с.], [Федеральная служба Роспотребнадзора по ХМАО – Югре, ФГБУ «ЦГиЭ ХМАО - Югры». ГД 2021, 37-48 с.].

Значительный вклад в изменение радиационного фона Ханты-Мансийского автономного округа внес объект подземного ядерного испытания «Ангара», где в 2002 году произошли утечки значительного количества трития, которые были обнаружены в пруде – амбаре (150 м от скважины). Превышение фонового уровня содержания трития было изначально зарегистрировано в 2001 году, однако, в 2002 году его уровень возрос в 1000 раз, что практически можно было приравнять его к уровню радиоактивного отхода. Также, значительные концентрации данного радиоизотопа были обнаружены в водоемах пресной воды населенных пунктов, расположенных недалеко от скважины. Концентрации в пресных водоемах колебались в пределах от 3,3 до 158 Бк/л, а содержание трития в водах пруда-амбара - 52 000 Бк/л. В связи со сложившейся ситуацией, сотрудниками Федерального радиологического центра Санкт – Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены им. Профессора П.В. Рамзаева по признаку загрязнения окружающей среды данный инцидент был оценен как радиоактивная авария [Старков В.Д, Мигунов В.И., 277-302 с.].

Исходя из особенностей радиозэкологической обстановки на территории Ханты-Мансийского автономного округа, Правительством было создано Управление радиационной безопасности при администрации округа (далее Управление), являющиеся единственным подразделением подобного рода среди субъектов Российской Федерации. Также, вопросами радиационной безопасности населения на территории ХМАО-Югры занимается Департамент гражданской защиты населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Таким образом, на территории округа имеется вся необходимая нормативно-правовая база для проведения исследования и контроля в области радиационной безопасности населения. Управлением осуществляются региональные программы и мероприятия по

обеспечению радиационной безопасности с соблюдением всех требований законодательства в области радиационной экологии:

1. реализация мероприятий программы «Организация и обеспечение мероприятий в сфере гражданской обороны, защиты населения и территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от чрезвычайных ситуаций»;

2. контроль за функционированием региональной Системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов;

контроль за выполнением работ по организации и проведению радиационно-гигиенического мониторинга на территории округа, в целях радиационно – гигиенической паспортизации территории [Старков В.Д, Мигунов В.И., 277-302 с.], [Федеральная служба Роспотребнадзора по ХМАО – Югре, ФГБУ «ЦГиЭХМАО - Югры». ГД 2021, 37-48 с.].

Целью данной программы и мероприятий является – комплексное решение проблемы обеспечения радиационной безопасности населения, направленное на снижение до социально приемлемого уровня риска радиационного воздействия на человека и среду его обитания источников ионизирующего излучения техногенного и природного происхождения [Старков В.Д, Мигунов В.И., 277-302 с.], [Федеральная служба Роспотребнадзора по ХМАО – Югре, ФГБУ «ЦГиЭХМАО - Югры».ГД 2021, 37-48 с.].

## 2.3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

### 2.3.1. МЕТОДЫ РАДИАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕШЛАМА

Основой всех радиометрических методов является измерение активности естественных и искусственных радионуклидов. Измерение радиоактивности проб осуществляется по трем типам ионизирующего излучения: альфа-, бета- и гамма- излучения. Экспериментальная часть исследования основывается на 3-х этапах работ:

#### **Этапы проведения работ**

1. Отбор и подготовка проб.
2. Проведение анализа.
3. Обработка результатов.

**Отбор проб и их подготовка.** Перед проведением анализа в лабораторных условиях на исследование содержания естественных радионуклидов, с территории месторождения отбирается проба нефтешлама. Пробы отбираются из шламового амбара в предварительно подготовленные мешочки. Вес пробы не должен быть меньше 1 кг. Каждый мешочек с пробой оснащен этикеткой, на которой прописывается место отбора пробы, время отбора, вес пробы. В местах отбора пробы замеряется интенсивность гамма-излучения на поверхности грунта и на высоте 1 м. После доставки проб в лабораторию проводится пробоподготовка, которая состоит из нескольких этапов. Вначале исходная проба взвешивается для уточнения исходной массы образца, далее, пробы сушат в сушильном шкафу при температуре 105-110°С. После сушки пробы взвешивают, далее укладываются на бумагу, где подписывается их вес до и после сушки [Старков В.Д, Мигунов В.И., 345-347 с.].

После первого этапа подготовки проб начинается подготовка самого образца для анализа. Высушенную пробу помещают в фарфоровую или агатовую ступку, предварительно перед этим просеяв ее через сито, чтобы избавиться от лишних включений. В ступке проба растирается и измельчается до мелкодисперсного состояния, после чего готовая проба перемещается в сосуд Маринелли и отправляется в гамма-тракт непосредственно для самого анализа [Старков В.Д, Мигунов В.И., 345-347 с.].

Подготовка проб осуществляется с соблюдением всех норм и правил техники безопасности в области радиационной экологии, под руководством заведующего лабораторией, в необходимой экипировке (лабораторный халат, головной убор (шапочка, косынка), респиратор, перчатки), в специально отведенном для пробоподготовки месте (Приложение 2). На месте пробоподготовки по завершению проводится влажная уборка

После поступления пробы на измерительный прибор, в журнал учета проб заносятся необходимые данные: номер пробы, дата проведения анализа, место отбора, вес анализируемой пробы, ФИО исполнителя анализа с подписью, время начала и завершения анализа (Приложение 3).

**Проведение анализа.** Лабораторные методы анализа проб нефтешламов на содержание естественных радионуклидов проводились в лаборатории Радиационной экологии Института наук о Земле Тюменского государственного университета на универсальном спектрометрическом комплексе «УСК Гамма плюс». Данный комплекс предназначен для измерения удельной и объемной активности проб объектов окружающей среды (Приложение 4)[Старков В.Д, Мигунов В.И. 196-197 с.].

Комплекс состоит из трех независимых трактов: гамма-спектрометрический, бета-спектрометрический и альфа-радиометрический. Все три спектра работают через систему персонального компьютера. Универсальность комплекса состоит в том, что измерения могут проводиться, как для «сырых» проб, так и проб, подвергнутых специальной

обработки, в зависимости от целей измерения [Комплекс универсальный спектрометрический «ГАММА-ПЛЮС». Техническое обеспечение и инструкция по эксплуатации, Москва 1995 г., 4с.].

***Гамма – тракт состоит из:***

- Блока детектирования с детектором NaI (TI), размером диаметра 63х63мм;
- Аналого- цифрового преобразователя (АЦП), на который поступают импульсы потока электронов, где они сортируются по амплитуде, а после, преобразуются в цифровой код, содержащего числа, соответствующие номерам каналов с определенной энергией гамма – квантов [https://dozimetr.ru/file/hz6L5wRtDT/Ryc4eDbS9E.pdf . Дата обращения 21.07.2022 г.](Приложение 5).

***Бета – тракт состоит из:***

- Блока детектирования со сцинтилляционным детектором на основе полимера (РОРО), размером диаметра 70х10 мм;
- Аналого-цифрового преобразователя (АЦП) [https://dozimetr.ru/file/hz6L5wRtDT/Ryc4eDbS9E.pdf . Дата обращения 21.07.2022 г.].

***Альфа – тракт состоит из:***

- Блока детектирования с детектором ZnS, размером диаметра 70 мм, со встроенной защитой;
- Аналого-цифрового преобразователя (АЦП) [https://dozimetr.ru/file/hz6L5wRtDT/Ryc4eDbS9E.pdf . Дата обращения 21.07.2022 г.].

**Принцип работы прибора**

Работа прибора основана на преобразовании детектором энергии гамма-квантов, альфа-, бета – частиц в сцинтилляции (световые вспышки), интенсивность данных вспышек пропорциональна той энергии, которая теряется в детекторе [Старков В.Д, Мигунов В.И. 196-197 с.],

[<https://dozimetr.ru/file/hz6L5wRtDT/Ryc4eDbS9E.pdf> . Дата обращения 21.07.2022 г.]. Энергетический диапазон гамма - и бета - излучения, регистрируемого на УСК, определяется в пределах от 300 до 3000 кэВ. Согласно установленным драйверам счётной программы ПРОГРЕСС на гамма- тракте комплекса измерение удельной активности анализируемой пробы проводится с определением содержания до 4-х радионуклидов:  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , на бета – тракте – два бета –ионизирующие радионуклида:  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{40}\text{K}$  [Комплекс универсальный спектрометрический «ГАММА-ПЛЮС». Техническое обеспечение и инструкция по эксплуатации, Москва 1995 г., 4с.].

Благодаря совместной работе АЦП и ПЭВМ формируется программный многоканальный анализатор, который в ходе анализа, сортирует поступающие импульсы, возникшие в результате излучения анализируемым источником (проба), по амплитудам в соответствующие каналы и выводит полученную информацию на экран. При анализе на гамма-тракте, в аппаратурном спектре выделяют две компоненты: комптоновское распределение – вызвано взаимодействием гамма – квантов с веществом детектора (комптоновский эффект), где происходит потеря гамма – квантами лишь части своей энергии; пик полного поглощения (ППП) – обусловлен полной потерей энергии гамма – квантами в детекторе, импульсы которой регистрируются детектором. Вторая компонента является наиболее информативной и, как правило, именно она используется для дальнейшего анализа и обработки результатов, поскольку ее максимум тождественен реальной энергии испускаемого гамма - излучения источником. Аппаратурный спектр бета – излучения имеет непрерывное распределение [Комплекс универсальный спектрометрический «ГАММА-ПЛЮС». Техническое обеспечение и инструкция по эксплуатации, Москва 1995 г., 10-12 с.].

На данном этапе исследования проводились по гамма - тракту.

### *Методологические и технические характеристики гамма – тракта*

Диапазон регистрируемой энергии определяется в пределах от 0,3 до 3 МэВ. Диапазон измерений удельной активности в геометрии Маринелли равен 1 л, плотность счетного образца составляет 1,0 г-см<sup>3</sup>, Бк/кг. Диапазоны измерения удельной активности отдельных радионуклидов:

– <sup>137</sup>Cs от 3 до 1\*10<sup>4</sup>

– <sup>226</sup>Ra от 8 до 1\*10<sup>4</sup>

– <sup>232</sup>Th от 8 до 1\*10<sup>4</sup>

– <sup>40</sup>K от 40 до 1\*10<sup>5</sup>

– Пределы допускаемой относительной погрешности измерений удельной активности, (P=0,95), % не более ±20 [https://dozimetr.ru/file/hz6L5wRtDT/Ryc4eDbS9E.pdf . Дата обращения 21.07.2022 г.].

Сам гамма-тракт внешне выполнен в виде конструкции конусообразной формы. Стенки тракта выполнены из стали толщиной 2 мм внутри заполненными свинцом толщиной 5 см. Такое устройство тракте выполнено согласно нормам радиационной безопасности, для защиты работающих с комплексом от ионизирующего воздействия [Комплекс универсальный спектрометрический «ГАММА-ПЛЮС». Техническое обеспечение и инструкция по эксплуатации, Москва 1995 г., 15 с.].

Второй составляющей гамма – тракта является аналогово – цифровой преобразователь (АЦП), который служит для преобразования амплитуд импульсов в цифровой код, которые поступили на вход АЦП от блока дектектирования. Для гамма – тракта АЦП представлен в виде одноплатного модуля расширения ПК – АТ-286,386,486. Он установлен в ПЭВМ и его размеры составляют 100x240 мм [Комплекс универсальный спектрометрический «ГАММА-ПЛЮС». Техническое обеспечение и инструкция по эксплуатации, Москва 1995 г., 15-16 с.].

## Программное обеспечение

Для осуществления работы на гамма – тракте используется пакет программного обеспечения ПРОГРЕСС 3.1. Это счетная программа, которая служит для определения активности источников  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , находящихся в пробе. Определение активности осуществляется матричным способом и рассчитывается по следующей формуле:

$$m_i - \phi_i = \sum_{j=1}^4 p_{ij} * q_j,$$

где  $p_{ij}$  – измеряемые значения активности четырёх нормируемых радионуклидов,

$q_j$  – градуировочные коэффициенты, определяемые при метрологической аттестации,

$\phi_i$  – фоновая скорость счёта в интервалах  $i$  [Комплекс универсальный спектрометрический «ГАММА-ПЛЮС». Техническое обеспечение и инструкция по эксплуатации, Москва 1995 г., 21 с.], [Методика измерения активности радионуклидов в счётных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «ПРОГРЕСС», ГП «ВНИИФТРИ», 1996 г., 5 с].

Перед тем, как непосредственно начать работу с прибором необходимо произвести энергетическую калибровку гамма – спектра по энергии. Она осуществляется по комбинированному контрольному источнику  $^{137}\text{Cs} + ^{40}\text{K}$  (Приложение 6), размещенном в специальном сосуде – сосуде Маринелли. По контрольному источнику прибор производит идентификацию радионуклидов в измеренных образцах. Время калибровочного измерения составляет 150 с. После калибровки спектрометра по комбинированному контрольному источнику, производится непосредственно само измерение активности исследуемой пробы. В гамма- тракт помещается сосуд Маринелли с подготовленной заранее пробой. Стандартное время измерения счетного образца составляет 1800 с, в промежутке которого происходит

автоматическая остановка набора и переход к обработке набранного спектра матричным методом [Старков В.Д, Мигунов В.И., 196-197с.].

Важным условием перед и после проведения анализа в лаборатории является измерение фона помещения при помощи фонового дозиметра МКС-АТ6130 (Приложение 7) и внесение результатов фона в журнала учета фонового значения. Анализ проводится под непосредственным наблюдением заведующего лабораторией Гурьева Н.Е. с соблюдением всех норм и правил безопасности. Работа в лаборатории радиационной экологии не допускается без специализированной экипировки: лабораторный халат, головной убор (шапочка, косынка), респиратор, перчатки [Старков В.Д, Мигунов В.И., 196-197с.].

**Обработка результатов.** Обработка цифрового сигнала поступающего с гамма – тракта на персональный компьютер (ПК) производится с помощью программного обеспечения «Прогресс», непосредственно установленного на ПК (Приложение 8). Данное программное обеспечение позволяет проводить обсчет и сравнение результатов измерений со значениями нормативов из действующих нормативно-методических документов в области радиационной безопасности. По окончании процесса калибровки / измерения удельной активности программа автоматически находит номера каналов анализатора, отвечающих вершинам пиков, выведенных на экране ПК. Также, на экран автоматически выводятся значения удельной активности измеряемых радионуклидов, содержащихся в пробе и их абсолютные погрешности измерений, рассчитанные для доверительного интервала 95% [Старков В.Д, Мигунов В.И., 196-197с.], [<https://dozimetr.ru/file/hz6L5wRtDT/Ryc4eDbS9E.pdf>.Дата обращения 21.07.2022 г.], [Методика измерения активности радионуклидов в счётных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «ПРОГРЕСС», ГП «ВНИИФТРИ», 1996 г., 3 с].

Значения, выведенные на экран ПК по окончании процесса измерения удельной активности вносятся в журнал расчета удельной эффективной

активности естественных радионуклидов. Далее обработка полученных результатов осуществляется с применением расчетного метода по формуле удельной эффективной активности естественных радионуклидов:

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,31A_{\text{Th}} + 0,085A_{\text{K}},$$

Где,  $A_{\text{Ra}}$  и  $A_{\text{Th}}$  - удельные активности радия 223 и тория -232, находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого естественных рядов;

$A_{\text{K}}$  - удельная активность калия -40 (Бк/кг) [Старков В.Д, Мигунов В.И., 169 с.](Приложение 9).

### 2.3.1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОТОКСИЧНОСТИ НЕФТЕШЛАМА

Оценка фитотоксичности нефтешлама осуществлялась по методике В.Г. Минеева. В качестве тест-объекта были использованы семена редиса красного с белым кончиком (класс Двудольные).

Лабораторный анализ на фитотоксичность нефтешлама проводится в лаборатории Экологического мониторинга Института наук о Земле Тюменского государственного университета.

Из прошедших предварительно пробоподготовку проб нефтешлама получали водные вытяжки. В пустой стакан помещали высушенную пробу нефтешлама на 1/3 высоты, затем взвешивали стакан с пробой, тем самым определяя массу нефтешлама в граммах.

После взвешивания содержимое стакана смешивали с чистой водой в соотношении 5х1 (5 мл воды на 1 г нефтешлама), в данном случае, 100 мл воды на 20 г нефтешлама и перемешивали шейкером в течении 10 мин, затем, для однородности вытяжки пропускали ее через марлю и отфильтровывали. Всего было подготовлено 10 вытяжек нефтешлама (Приложение 10, 11).

В каждый стакан с вытяжкой на 24 часа помещались семена редиса по 60 штук с отметкой точного времени для достоверности опыта. Далее, по прошествии 24 часов ровно, семена из вытяжек помещались в стерильные чашки Петри, оснащенных бумажкой, по 20 штук в каждую чашку. Опыт проводится с трёхкратной повторностью с учётом контрольной пробы, в результате чего, общее количество чашек Петри с семенами (по 20 штук в каждой) составило 33 чашки Петри.

Через 5 суток после заложения опыта, необходимо изъять семена из чашек Петри для проведения замеров корневой и ростковой части и оценки коэффициента и средних показателей всхожести семян. Для анализа нефтешлама на показатель его фитотоксичности рассчитывается Индекс фитотоксичности ИТФ.

Расчёт индекса фитотоксичности производится по следующей формуле:

$$\text{ИТФ} = \text{ТФ}_0 / \text{ТФ}_к,$$

Где,  $\text{ТФ}_0$  – среднее значение показателя в опыте;

$\text{ТФ}_к$  – среднее значение регистрируемого показателя в контроле.

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ

#### 3.1. РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТЕШЛАМА

За период 2021 -2022 года проведен лабораторный анализ нефтешлама на содержание естественных радионуклидов ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ). Исследования данной работы основываются на анализе данных радиоактивных элементов, поскольку они являются основными и наиболее распространенными естественными радионуклидами, встречающимися в природной среде.

По результатам первого этапа лабораторных исследований на содержание естественных радионуклидов было проанализировано 30 проб нефтешлама с месторождений нефти и газа ХМАО-Югры. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

#### Содержание естественных радионуклидов в анализируемой пробе

Шифр пробы	Результаты исследования, Бк/кг		
	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$
ОТ-1	1,07	2,64	160,3
ОТ-2	1,6	8,15	110,1
ОТ-3	0	5,13	99,4
ОТ-4	0	10,02	87,1
ОТ-5	0	6,20	117,1
ОТ-6	2,07	3,92	152,7
ОТ-7	0	7,19	267,8
ОТ-8	2,01	2,50	124,6
ОТ-9	0	6,15	63,7
ОТ-10	0	15,79	46,94
ОТ-11	0	4,52	72,6
ОТ-12	1,02	4,08	150,1
ОТ-13	1,07	3,54	117,8

Продолжение таблицы 2

OT-14	2,14	15,02	80,3
OT-15	0	3,42	98,9
OT-16	0	11,01	148,2
OT-17	2,0	7,19	161,3
OT-18	0	15,8	45,5
OT-19	1,08	10,04	100,1
OT-20	0	6,42	201,05
OT-21	2,5	7,2	140,5
OT-22	0	10,05	110,02
OT-23	0	15,6	75,3
OT-24	3,0	3,8	200,1
OT-25	2,06	7,9	150,8
OT-26	3,0	10,11	250,1
OT-27	0	2,3	82,3
OT-28	1,5	14,8	78,9
OT-29	2,8	15,5	240,3
OT-30	1,0	8,12	68,5

После завершения анализа на универсальном спектрометрическом комплексе «УСК Гамма Плюс» была произведена обработка данных. Обработка полученных результатов осуществляется с применением расчетного метода по формуле удельной эффективной активности естественных радионуклидов. Также, были произведены измерения мощности дозы гамма –излучения каждой анализируемой пробы при помощи дозиметра МКС-АТ6130.

Результаты суммарного показателя удельной эффективной активности и мощности дозы гамма- излучения естественных радионуклидов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели удельной эффективной активности и мощности дозы  
гамма – излучения естественных радионуклидов в пробах нефтешламов

Шифр пробы	Показатель	
	Аэфф, Бк/кг	Мощность дозы гамма-излучения, мкЗв/ч
ОТ-1	18,93	0,25
ОТ-2	21,635	0,4
ОТ-3	15,59	0,1
ОТ-4	20,530	0,4
ОТ-5	18,59	0,15
ОТ-6	20,91	0,31
ОТ-7	33,45	0,5
ОТ-8	15,876	0,2
ОТ-9	13,723	0,1
ОТ-10	62,778	0,6
ОТ-11	12,092	0,11
ОТ-12	19,123	0,22
ОТ-13	15,720	0,13
ОТ-14	28,642	0,4
ОТ-15	12,887	0,13
ОТ-16	27,020	0,45
ОТ-17	25,129	0,28
ОТ-18	24,566	0,2
ОТ-19	22,741	0,19
ОТ-20	25,499	0,3
ОТ-21	23,845	0,25
ОТ-22	22,517	0,18
ОТ-23	26,837	0,33
ОТ-24	24,987	0,21
ОТ-25	25,227	0,3
ОТ-26	37,503	0,5
ОТ-27	10,009	0,09
ОТ-28	27,595	0,41
ОТ-29	43,531	0,59
ОТ-30	17,460	0,15

Значение показателя удельной активности не должно превышать 370 Бк/кг. Согласно данным, представленным в таблице 2, ни в одной проанализированной пробе не зафиксировано превышение суммарного показателя  $A_{эфф}$ .

Наименьшее значение  $A_{эфф}$  отмечается в пробе ОТ-27 (10,009 Бк/кг). Наибольшее значение  $A_{эфф}$  отмечается в пробе ОТ-10 (62,778 Бк/кг).

Содержание естественных радионуклидов в проанализированных пробах варьирует в больших пределах: 0 – 3,0 Бк/кг для  $^{226}\text{Ra}$ ; 2,3 – 15,8 Бк/кг для  $^{232}\text{Th}$ ; 45,5 – 267,8 Бк/кг для  $^{40}\text{K}$ . Наибольшее содержание исследуемых естественных радионуклидов в пробах нефтешлама наблюдается по  $^{40}\text{K}$ , поскольку он более распространённый радиоактивный элемент, чем  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  и его природное содержание в горных породах значительно больше.

Небольшие показатели  $A_{эфф}$  говорят о том, что согласно первичным данным, полученным путем лабораторного анализа проб нефтешлама, территория исследования не загрязнена естественными радионуклидами. Однако, поскольку пробы нефтешлама были отобраны с месторождений, функционирующих длительное время, и являются продуктами производства, которые накапливаются в нефтешламовых амбарах, при длительном накоплении даже в малых дозах, может возникнуть опасная концентрация естественных радионуклидов, содержащихся в нефтешламе, что может оказывать негативное облучающее воздействие на персонал месторождения. В результате этого, представляется необходимым оценить класс опасности нефтешлама, по эффективной удельной активности естественных радионуклидов, в соответствии с СанПиН 2.6.6.1169-02 (таблица 4).

## Классификация производственных отходов предприятий НГК

Категория отходов	Эффективная удельная активность природных радионуклидов ( $A_{эфф}$ ), кБк/кг	Мощность дозы гамма-излучения природных радионуклидов, содержащихся в отходах (Н), мкГр/ч
Первая	$A_{эфф} \leq 1,5$	$H \leq 0,7$
Вторая	$1,5 < A_{эфф} \leq 10$	$0,7 < H \leq 4,4$
Третья	$A_{эфф} > 10$	$H > 4,4$

Согласно таблице 4, оценка класса опасности производственных отходов НГК производится в единицах измерения кБк/кг. Показатель удельной эффективной активности естественных радионуклидов рассчитывается в единицах измерения Бк/кг. кБк/кг – единица измерения радиоактивности в международной системе (СИ) кратная беккерелю (Бк). 1 Бк равен 0,001 кБк.

Согласно данным расчёта, показатель  $A_{эфф}$  не превышает 1,5 кБк/кг, а измеренная мощность дозы гамма – излучения не превышает показателя 0,7 мкГр/ч в каждой пробе. Это свидетельствует о том, что анализируемый нефтешлам относится к первой категории опасности производственных отходов, в соответствии с СанПиН 2.6.6.1169-02. Деятельность по обращению с производственными отходами первой категории, куда относятся их сбор, транспортировка, временное хранение и захоронение на свалках общепромысловых отходов по радиационному фактору, осуществляется без ограничений, в соответствии с пунктом 3.4 СанПиН 2.6.6.1169-02, что приравнивает их к обычным производственным отходам, которые также могут подлежать их дальнейшему использованию в производственных и хозяйственно-бытовых нуждах.

### 3.2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОТОКСИЧНОСТИ НЕФТЕШЛАМА

Определение показателя фитотоксичности нефтешлама проводилось в 2 этапа в период с 25.03.2023 г. по 07.04.2023 г. По итогам 1 этапа была осуществлена непосредственно сама пробоподготовка, согласно методике, описанной выше и закладка опыта с замачиванием семян в вытяжках нефтешлама и разложение их по чашам Петри для наблюдения за интенсивностью прорастания контрольных семян. По итогам 2 этапа был осуществлен анализ результатов проведенного опыта. Пророщенные семена тест-культуры изымались из чашек Петри для проведения замеров длины всхожести корневой и ростковой части. Далее, был рассчитан и определён процент всхожести семян в каждой повторности опыта (трехкратная повторность) и вычислен средний процент всхожести в каждой анализируемой пробе. Данные замеров длины и всхожести пророщенного редиса розового с белым кончиком приведены в таблице 5.

Таблица 5

Показатели роста семян и всхожести редиса красного с белым  
кончиком

Номер образца	Длина растения, мм				Всхожесть, %
	Длина всего растения	Достоверность различий, при $p \leq 0,05$	Длина наземной части растения	Достоверность различий, при $p \leq 0,05$	
Контроль	$4,37 \pm 1,83$	-	$1,91 \pm 0,83$	-	75
ОТ-1	$3,78 \pm 2,22$	0,85	$2,41 \pm 1,3$	0,77	52
ОТ-2	$3,68 \pm 1,9$	0,81	$1,84 \pm 0,95$	0,96	65
ОТ-3	$3,71 \pm 1,9$	0,82	$1,49 \pm 0,64$	0,72	80
ОТ-4	$3,97 \pm 2,16$	0,90	$1,73 \pm 1,06$	0,90	77
ОТ-5	$3,85 \pm 2,86$	0,89	$1,55 \pm 1,05$	0,81	70
ОТ-6	$5,06 \pm 3,1$	0,86	$1,76 \pm 1,27$	0,93	68
ОТ-7	$4,79 \pm 2,64$	0,90	$2,39 \pm 1,55$	0,80	57

Продолжение таблицы 5

ОТ-8	$6,4 \pm 2,32$	0,54	$2,76 \pm 1,11$	0,58	72
ОТ-10	$4,57 \pm 2,84$	0,96	$1,8 \pm 1,29$	0,94	87
ОТ-27	$3,79 \pm 1,3$	0,81	$2,05 \pm 0,89$	0,91	28

Согласно данным, представленным в таблице 4, больший процент всхожести семян исследуемой тест – культуры отмечается в образце ОТ-10 (87%), а наименьшая всхожесть отмечена в образце ОТ-27 (28%). Анализ замеров длины растений не показал значительных отклонений роста тест–культуры от показателя контроля, где семена проращивались в дистиллированной воде. Наиболее интенсивный рост всего растения, включая корневую и ростковую наземную часть, наблюдается в образце ОТ-8 (6,4 мм). Наименее интенсивным ростом отмечается образец ОТ-2 (3,68 мм). Также, стоит отметить существенную разницу в росте всего растения (корневая и ростковая наземная часть) и отдельно ростковой наземной части в большинстве образцов, где длина корня значительно превышает высоту ростка. Это может свидетельствовать о том, что корневая система растения редиса розового с белым кончиком более интенсивно поглощает содержащиеся в вытяжках нефтешлама естественные радионуклиды, что стимулирует её интенсивный рост.

Показатели высоты ростка также не отличаются значительным отклонением от показателей длины в контрольном образце и находятся в пределах нормы. Наиболее интенсивный рост наземной части отмечен в образце ОТ-8 (2,76 мм), а наименее интенсивный – в образце ОТ-3 (1,49 мм).

Стоит отметить, что согласно данным определения достоверности различий, показатели всех анализируемых образцов являются статистически незначимыми. Достоверность различий рассчитывалась по данным длины растения в исследуемом образце и данным длины растения в контроле, а также с учётом количества повторностей опыта.

Важной частью анализа и интерпретации данных, полученных в ходе лабораторного опыта, является расчёт и определение **индекса фитотоксичности** оцениваемого фактора. В качестве оцениваемого фактора использовались 3 показателя: всхожесть, длина всего растения, длина наземной части растения. Данные оценки индекса фитотоксичности анализируемых образцов приведены в таблице 6.

Таблица 6

**Индекс фитотоксичности анализируемых нефтешлама по показателям  
всхожести и длины растений**

Номер образца	Индекс фитотоксичности		
	Всхожесть, %	Длине растения, мм	Высоте наземной части растения, мм
ОТ-1	0,69	0,86	1,29
ОТ-2	0,87	0,84	0,96
ОТ-3	1,06	0,85	0,78
ОТ-4	1,02	0,91	0,91
ОТ-5	0,93	0,88	0,81
ОТ-6	0,73	1,16	0,92
ОТ-7	0,76	1,09	1,25
ОТ-8	0,96	1,46	1,45
ОТ-10	1,16	1,05	0,94
ОТ-27	0,37	0,87	1,07
Контроль	1,00	1,00	1,00

Анализируя данные расчёта индекса фитотоксичности таблицы 6, стоит отметить, что в целом, значительных отклонений от нормы не наблюдается. Наименьший индекс фитотоксичности по показателю всхожести семян отмечается в образце ОТ -27 (0,37), наибольший – в образце ОТ-10 (1,16). По показателю длины всего растения наибольший индекс фитотоксичности отмечается в образце ОТ-8 (1,46), наименьший – в образце ОТ-2 (0,84). По показателю длины ростковой наземной части большой индекс фитотоксичности отмечен в образце ОТ-8 (1,45), наименьший - в образце ОТ-

3 (0,78). Значительное отклонение от нормы наблюдается по показателю всхожести семян и составляет **0,63**.

Для достоверной оценки фитотоксичности нефтешлама, как среды для проращивания семян тест – культур необходимо определить токсичности, который определяется по шкале токсичности, согласно показателю индекса фототоксичности (таблица 8).

Таблица 7

## Шкала токсичности

Величина ИТФ	Класс токсичности
>1,10	VI (стимуляция)
0,91-1,10	V- норма
0,71-0,90	IV- низкая токсичности
0,50-0,70	III- средняя токсичность
<0,50	II- высокая токсичность
Среда не пригодна для жизни тест-объекта	I -Сверхвысокая токсичность, вызывающая гибель тест - объекта

Согласно рассчитанному индексу фитотоксичности таблице 7 (шкала токсичности), по показателю всхожести 4 из 10 исследуемых образцов (ОТ-3, ОТ-4, ОТ-5, ОТ-8) относятся к V классу токсичности, что характеризуется, как норма, 3 из 10 исследуемых образцов (ОТ-2, ОТ-6, ОТ-7) относятся к IV классу токсичности, что характеризуется, как низкая токсичность, образец ОТ-1 относится к III классу токсичности и характеризуется, как средняя токсичность, образец ОТ-27 относится ко II классу токсичности, что говорит о высоком показателе токсичности нефтешлама, используемого для приготовления вытяжки для данного образца, что также коррелирует с показателем низкой всхожести семян тест-культуры (28% из 100%), лишь один исследуемый образец ОТ-10 относится к VI классу токсичности, для которого токсический эффект отсутствует и наоборот, приводит к стимуляции роста растения.

По показателю длины всего растения, 3 из 10 исследуемых образцов (ОТ-4, ОТ-7, ОТ-10) относятся к V классу токсичности и характеризуется,

как норма, 5 из 10 исследуемых образцов (ОТ-1, ОТ-2, ОТ-3, ОТ-5, ОТ-27) относятся к IV классу токсичности и характеризуются низкой токсичностью, 2 из 10 исследуемых образцов (ОТ-6, ОТ-8) относятся к VI классу токсичности, что говорит об отсутствии токсического эффекта в данных образцах и может приводить к стимуляции роста растения.

Анализ на фитотоксичность по показателю длины ростковой наземной части показал, что 5 из 10 исследуемых образцов относятся к V классу токсичности и характеризуются, как норма, низкой токсичностью отмечены 2 из 10 исследуемых образцов (ОТ-3 и ОТ-5) и относятся к IV классу токсичности, в 3 из 10 исследуемых образцах отмечается стимуляция роста растения, что относит их к VI классу токсичности.

На показатель фитотоксичности нефтешлама могут влиять входящие в его состав нефтепродукты и тяжелые металлы, также интересным представляется проследить влияние естественных радионуклидов. Для того чтобы понять, какой из рассматриваемых показателей определяет и влияет на показатель фитотоксичности нефтешлама был проведен сравнительный анализ для выявления связи между содержанием рассматриваемого показателя и степенью фитотоксичности. Результаты сравнительного анализа приведены в таблице 8.

Таблица 8

Сравнительный анализ связи содержания нефтепродуктов, тяжёлых металлов, естественных радионуклидов с показателем фитотоксичности

Номер образца	Индекс фитотоксичности	Содержание нефтепродуктов, %	Содержание тяжелых металлов, мг/кг				Содержание естественных радионуклидов, Бк/кг		
			Fe	Pb	Zn	Cu	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
ОТ-1	0,69	5,13	2820	1,82	10,5	5,9	1,07	2,64	160,3
ОТ-2	0,87	0,79	10500	1,50	11,6	4,2	1,6	8,15	110,1
ОТ-3	1,06	0,32	16100	2,3	15,0	6,2	0	5,13	99,4

ОТ-4	1,02	0,60	17500	1,02	9,5	3,7	0	10,02	87,1
ОТ-5	0,93	1,15	8890	1,90	13,2	7,2	0	6,20	117,1
ОТ-6	0,73	5,13	11600	2,5	10,2	5,8	2,07	3,92	152,7
ОТ-7	0,76	1,12	5900	1,18	11,3	6,9	0	7,19	267,8
ОТ-8	0,96	2,22	10100	2,5	10,8	5,8	2,01	2,50	124,6
ОТ-10	1,16	0,89	9900	2,9	10,9	6,4	0	15,79	46,94
ОТ-27	0,37	5,0	13300	1,05	10,0	6,4	0	2,3	82,3

Как итог интерпретации данных на показатель фитотоксичности нефтешлама можно отметить, что содержащиеся в анализируемых нефтешламах естественные радионуклиды, нефтепродукты, макро- и микроэлементы по большей части оказывают фитотоксичный эффект на показатель всхожести растений. Установлена взаимосвязь между показателями фитотоксичности и содержанием нефтепродуктов, радионуклидов, макро- и микроэлементов (в том числе, тяжелых металлов) в нефтешламах.

Коэффициенты корреляции между индексом токсичности и содержанием токсических веществ приведены в таблице 9.

Таблица 9

**Коэффициенты корреляции между индексом токсичности и  
содержанием токсических веществ**

Показатель	Коэффициенты корреляции между индексом токсичности и содержанием токсических веществ		
	Индекс токсичности		
	Всхожесть	Дина всего растения	Длина надземной части
Нефтепродукты	0,78	0,56	0,56
Fe	0,24	0,19	0,57
Pb	0,52	0,47	0,05
Zn	0,39	0,28	0,44
Cu	0,18	0,15	0,15
<sup>226</sup> Ra	0,12	0,53	0,40
<sup>232</sup> Th	0,66	0,12	0,40
<sup>40</sup> K	0,31	0,23	0,47

Согласно данным, представленным в таблице 9, прослеживается сильная линейная зависимость между содержанием нефтепродуктов и индексом фитотоксичности по показателю всхожести. Такая зависимость характеризуется сильной связью, где с увеличением содержания нефтепродуктов увеличивается токсический эффект для тест-объекта. Для показателей индекса фитотоксичности по длине всего растения и отдельно длине наземной ростковой части отмечается умеренная связь, но в отличие от показателя всхожести, где увеличение содержания нефтепродуктов повышает фитотоксический эффект, что приводит к снижению процента всхожести, для показателей роста растения в некоторых случаях отмечается стимулирующий эффект.

Анализ взаимосвязи содержания тяжёлых металлов (Fe, Pb, Zn, Cu) и индекса фитотоксичности показал, более тесная зависимость между содержанием железа с индексом фитотоксичности отмечается по показателю длины наземной части растения и характеризуется умеренной связью. С увеличением его содержания в нефтешламе отмечается увеличение фитотоксичности, но индекс фитотоксичности характеризуется в пределах нормы. По содержанию железа и индекса фитотоксичности по показателю всхожести и длины всего растения отмечается слабая связь, что позволяет говорить об отсутствии зависимости между данными показателями.

Более тесная взаимосвязь по содержанию свинца и индексу фитотоксичности наблюдается по показателю всхожести и длины всего растения, что характеризуется умеренной связью, однако, в данном случае, увеличение содержания свинца в пробах оказывает стимулирующий эффект на всхожесть и рост растения, а не токсический. Связь содержания свинца и индекса фитотоксичности по показателю длины наземной части отмечается как слабая, что позволяет также говорить об её отсутствии.

Содержание цинка в анализируемых пробах нефтешлама коррелирует с индексом фитотоксичности по всем показателям и характеризуется, как

умеренная связь, но более явно выраженная корреляция наблюдается с показателем индекса фитотоксичности по длине наземной части. Однако, если по показателю всхожести с увеличением содержания цинка наступает стимулирующий эффект, что благотворно сказывается на количество проросших семян, то по показателям длины растения наблюдается обратная связь, где с увеличением содержания цинка увеличивается показатель фитотоксичности.

По содержанию меди в анализируемом нефтешламе наблюдается слабая связь между индексом фитотоксичности по всем показателям, что позволяет говорить об относительном отсутствии корреляционной зависимости между анализируемыми показателями.

Анализ содержания естественных радионуклидов и индекса фитотоксичности показал, что более тесная зависимость наблюдается между содержанием тория -232 и всхожестью, где с увеличением его содержания наблюдается наступление стимулирующего эффекта, когда по показателю длины всего растения при увеличении содержания тория-232 наблюдается увеличение фитотоксичности. Содержание радия-226 характеризуется корреляционной зависимостью с индексом фитотоксичности по показателям длины растения, где с увеличением содержания отмечается наступление стимулирующего эффекта и отмечается умеренная связь. Содержание радия -226 и показатель индекса фитотоксичности по всхожести отмечается слабой связью, что позволяет говорить об отсутствии зависимости между данными показателями. Анализ содержания калия-40 и индекса фитотоксичности показал, что наиболее тесная зависимость наблюдается по показателю длины наземной части, где при увеличении содержания калия-40 наступает стимулирующий эффект, что характеризуется умеренной связью. По показателю всхожести и содержанию калия-40 наблюдается менее значимая зависимость, которая характеризуется умеренной связью и, где с увеличением содержания увеличивается фитотоксичность.

Как итог стоит отметить, что из всех анализируемых показателей по содержанию токсических веществ и индекса фитотоксичности сильная зависимость наблюдается по показателю содержания нефтепродуктов и всхожести, где при увеличении содержания нефтепродуктов в исследуемых нефтешламах отмечается увеличение фитотоксичности растения. Таким образом, можно сделать вывод, что фитотоксичность нефтешлама определяется содержанием в его составе нефтепродуктов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Нефтешлам представляет собой выбуренную породу, выносимую на дневную поверхность буровым раствором из забоя скважины. Это сложная физико-механическая смесь, в составе которой присутствуют нефтепродукты, механические примеси (песок, окислы металлов, глина), вода, различные химические элементы, а также, радионуклиды, входящие в состав горных пород.

2. Нефтешламы, загрязненные естественными радионуклидами, образующиеся в процессе добычи углеводородного сырья представляют опасность, поскольку накопление радиоактивных веществ в отходах бурения долгое время при длительном функционировании нефтепромыслов сопровождается выделением продуктов их распада, которые могут оказывать отрицательное ионизирующее действие на живые организмы и объекты окружающей среды

3. По результатам радиометрического анализа было выявлено, что превышения содержания естественных радионуклидов, а также рассчитанного суммарного показателя удельной эффективной активности  $A_{эфф}$  отсутствуют по каждой проанализированной пробе. Наименьшее значение  $A_{эфф}$  было зафиксировано в пробе ОТ-27 (10,009 Бк/кг). Наибольшее значение  $A_{эфф}$  было зафиксировано в пробе ОТ-10 (62,778 Бк/кг).

4. Содержание ЕРН в проанализированных пробах изменяется в значительных пределах: 0 – 3,0 Бк/кг для  $^{226}\text{Ra}$ ; 2,3 - 15,8 Бк/кг для  $^{232}\text{Th}$ ; 45,5 – 267,8 Бк/кг для  $^{40}\text{K}$ . Небольшие показатели  $A_{эфф}$  говорят о том, что территория исследования не загрязнена естественными радионуклидами. На основе этого можно сделать вывод о том, что радиационная обстановка на территории месторождений, откуда были отобраны пробы является удовлетворительной.

5. Анализируемый нефтешлам относится к первой категории опасности производственных отходов в соответствии с СанПиН 2.6.6.1169-02, что приравнивает его к обычным производственным отходам и допускает к дальнейшему использованию.

6. Анализ фитотоксичности нефтешлама, показал, что больший процент всхожести семян отмечается в образце ОТ-10 (87%), для которого характерно невысокое содержание нефтепродуктов и наибольшее содержание ЕРН, а наименьшая всхожесть отмечена в образце ОТ-27 (28%), для которого характерно высокое содержание нефтепродуктов и наименьшее содержание ЕРН. Значительных отклонений роста растений от показателя контроля не выявлено. Интенсивный рост растений отмечается в вытяжке образца ОТ-8 (6,4 мм). Меньшая интенсивность роста наблюдалась в образце ОТ-2 (3,68 мм). Отмечается существенная разница в росте всего растения (корневая и наземная часть) и отдельно наземной части в большинстве образцов, где длина корня значительно превышает длину наземной части.

7. Согласно показателю индекса фитотоксичности, в целом, значительных отклонений от нормы не наблюдается. Наименьший индекс фитотоксичности по показателю всхожести семян отмечается в образце ОТ - 27 (0,37), наибольший – в образце ОТ-10 (1,16). По показателю длины всего растения наибольший индекс фитотоксичности отмечается в образце ОТ-8 (1,46), наименьший – в образце ОТ-2 (0,84). По показателю длины ростковой наземной части больший индекс фитотоксичности отмечен в образце ОТ-8 (1,45), наименьший - в образце ОТ-3 (0,78). Было выявлено, что значительное отклонение от нормы наблюдается по показателю всхожести семян и составляет **0,63**.

8. Согласно шкале токсичности, основная часть исследуемых образцов нефтешлама по всем показателям относятся к V классу токсичности, что характеризуется, как норма. Также, по всем показателям отмечаются образцы, которые характеризуются от низкой до высокой токсичности и относятся к IV- II классам, что также коррелирует с показателем низкой

всхожести семян тест -культуры (28% из 100%). В некоторых образцах токсический эффект отсутствовал и отмечался стимулирующий эффект, в основном характерный для показателей роста растений.

9. Согласно анализу корреляционной зависимости, выявлена сильная взаимосвязь содержания нефтепродуктов и индекса фитотоксичности по показателю всхожести (коэффициент корреляции = 0,782), где с увеличением содержания нефтепродуктов увеличивается степень фитотоксичности. Среди тяжёлых металлов основным токсическим веществом является железо. Среди естественных радионуклидов не выявлено значительной зависимости с показателем фитотоксичности, однако, наблюдаются случаи наступления стимулирующего эффекта по содержанию тория-232, что положительно сказывается на росте и схожести растения.

10. Фитотоксичность нефтешлама определяется содержанием в его составе нефтепродуктов и характеризуется от низкой до высокой токсичности. Содержание тяжелых металлов и естественных радионуклидов не имеют связи с увеличением фитотоксичности нефтешлама, а в некоторых случаях, оказывают стимулирующий эффект.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

*Нормативно-правовые документы*

1. Закон Ханты-Мансийского автономного округа «О радиационной безопасности» от 18.12.1998 г. URL: [https://depgzn.admhmao.ru/upload/iblock/b1f/3\\_oz.pdf](https://depgzn.admhmao.ru/upload/iblock/b1f/3_oz.pdf). Дата обращения 19.12.2021 г.;
2. Комплекс универсальный спектрометрический «ГАММА-ПЛЮС». Техническое обеспечение и инструкция по эксплуатации, Москва 1995 г.;
3. Методика измерения активности радионуклидов в счётных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «ПРОГРЕСС», ГП «ВНИИФТРИ», 1996 г., 38 с.;
4. Методические указания 2.6.5. Атомная энергетика и промышленность. Контроль радиационной обстановки. Общие требования (МУ 2.6.5.008-2016). URL: <https://docs.cntd.ru/document/456023328>. Дата обращения 19.12.2021 г.;
5. СанПиН 2.6.6.1169-02. 2.6.6. Радиоактивные отходы. «Обеспечение радиационной безопасности при обращении с производственными отходами с повышенным содержанием природных радионуклидов на объектах нефтегазового комплекса Российской Федерации» утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 16. 10. 2002 г. Дата введения с 01.01.2003 г. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4293835/4293835799.htm>. Дата обращения 04.01.2023г.;
6. СанПиН 2.6.1.2523 -09 «Нормы радиационной безопасности» утверждены Постановлением Главного государственного санитарного

- врача Российской Федерации от 07.07.2009 г. № 47. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902170553>. Дата обращения 19.12.2021 г.);
7. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ -99/2010)». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902214068>. Дата обращения 19.12.2021 г.;
8. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902256355>. Дата обращения 19.12.2021 г.;
9. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 г. № 3-ФЗ (последняя редакция). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8797/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8797/). Дата обращения 19.12.21.

*Литературные источники*

10. Булатов В.И., Ткачёв Б.П. Физическая география и экология региона Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО). Югорское отделение Русского географического общества. Ханты-Мансийск, 2006 г. 190 с.;
11. Бетенеков Н. Д.. Радиоэкологический мониторинг. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 208 с.;
12. Ершов А.И., Марцуль И.Н., Антоненков А.И. Исследование содержания естественных радионуклидов в различных объектах природной среды Республики Беларусь. Беларусь: Научный журнал «Радиоэкология и радиобиология, радиационная безопасность», 2018. 56-61 с.;
13. Егоров А.Н., Егорова Г.И. Отходы нефтехимических производств – сырьё для ресурсосберегающих технологий. Учеб. пособие. – Тюмень: ТИУ, 2016. 190 с.;

14. Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н. Нефтешламы: состояние проблемы РФ и методы снижения их воздействия на окружающую среду. Уфа: Экобиотех, Том 2, №1. УИБ Уфиц РАН, 2019. 75-85 с.;
15. Кузнецова Э.А., Соколов С.Н. Гидрология, метеорология и климатология: климатические расчёты: учебное пособие.- Нижневартовск: НВГУ, 2019 г. 86 с.;
16. Лёзин В.А. Водные ресурсы рек и озёр Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета №12. Тюмень, 2011г. 8 с.;
17. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. -2-е изд. перераб. и доп. - Москва: Изд-во МГУ, 2001. -689 с.
18. Опышко Н.Ф. Почвы земельных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа, их охрана и рациональное использование. Автореферат диссертации на соискание учёной степени к.с/х.н. Барнаул, 2000г. 135 с.;
19. Романюк С.С., Мигунов В.И. Концентрация природных радионуклидов при нефтегазодобычи. Екатеринбург: Проблемы радиэкологии и пограничных дисциплин Выпуск 6, 2005. 425 с.;
20. Самигуллина Л.М. Анализ состава и источники образования нефтешламов на нефтеперерабатывающих заводах. Москва: Молодой учёный, №48 (443), декабрь 2022. 70-73 с.;
21. Сафаров А.Х. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду отходов нефтехимического производства. Диссертация на соискателя учёной степени д-р тех. наук. УГНТУ. Уфа, 2019. 303 с.;
22. Старков В.Д., Мигунов В.И. Учебное пособие. Радиационная экология. Тюмень: ОАО «Тюменский дом печати», 2007. 400 с.;
23. Смолоногов Е.П., Поздеев Е.Г., Алесенков Ю.М. Лесорастительное районирование Ханты-Мансийского автономного округа. Актуальные проблемы лесного комплекса №12. ФГБОУ ВПО «Брянский государственный инженерно-технологический университет». Брянск, 2005 г., 5 с.;

- 24.Стариков В.П., Елецев А.А., Берников К.А. Биоразнообразие Югры: редкие и исчезающие животные. Департамент образования и молодёжной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Сургутский государственный университет. Сургут 2010 г. 193 с.;
- 25.Федеральная служба Роспотребнадзора по ХМАО – Югре, ФГБУ «ЦГиЭ ХМАО - Югры». Государственный доклад "О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения вХанты-Мансийском автономном округе-Югре в 2020 году. Ханты-Масийск, 2021. 43 с.

*Электронные ресурсы*

- 26.<https://dozimetr.ru/file/hz6L5wRtDT/Ryc4eDbS9E.pdf> . Дата обращения 21.07.2022 г.;
- 27.Большая российская энциклопедия.  
URL:<https://bigenc.ru/geography/text/4729387>. Дата обращения 11.12.2022 г.;
- 28.Официальный сайт ХМАО-Югры.URL:<https://admhmao.ru>. Дата обращения 11.12.2022 г.;
29. Атлас почв России. URL:<https://soil-db.ru/soilatlas/razdel-3-pochvy-rossiyskoj-federacii>. Дата обращения 16.12.2022 г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Таблица 1

## Результаты химического анализа проб нефтешлама

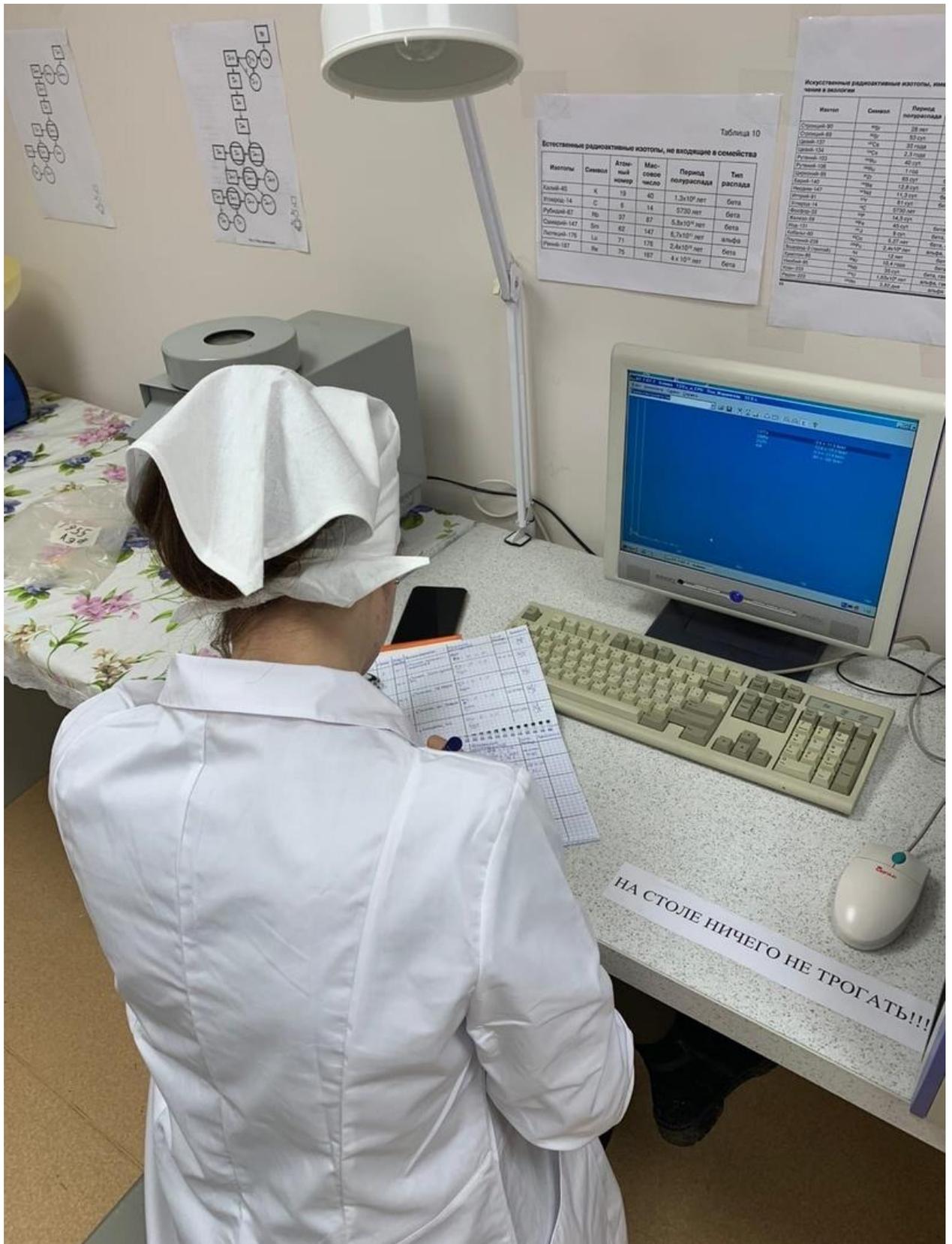
№ пробы	Fe(в.ф.), мг/кг	Pb(в.ф.), мг/кг	K (в.ф.), мг/кг	Ca (в.ф.), мг/кг	Mg(в.ф.), мг/кг	Cu (в.ф.), мг/кг	Нефтепродукты, %	Zn (в.ф.), мг/кг	Na (в.ф.), мг/кг
OT-1	2880 ± 810	1,82 ± 0,46	7200 ± 2900	74000 ± 23000	23500 ± 7100	5,9 ± 1,2	5,13 ± 1,80	10,5 ± 2,1	19800 ± 8000
OT-2	10500 ± 3600	1,50 ± 0,30	5500 ± 1500	12800 ± 3900	7700 ± 2300	4,2 ± 1,0	0,79 ± 0,36	11,6 ± 1,5	20000 ± 7500
OT-3	16100 ± 4600	2,3 ± 0,59	4700 ± 2200	88000 ± 27000	4900 ± 1500	6,2 ± 1,5	0,32 ± 0,14	15,0 ± 3,2	17300 ± 6900
OT-4	17500 ± 4900	1,02 ± 0,22	6800 ± 2500	97000 ± 30000	5800 ± 1800	3,7 ± 1,8	0,60 ± 0,27	9,5 ± 0,88	22000 ± 7500
OT-5	8890 ± 1100	1,90 ± 0,70	4900 ± 2000	12800 ± 3600	7200 ± 2000	7,2 ± 2,5	1,15 ± 1,75	13,2 ± 1,2	15000 ± 3500
OT-6	11600 ± 2800	2,5 ± 0,70	5000 ± 1100	28000 ± 6600	10000 ± 6500	5,8 ± 1,0	5,13 ± 1,5	10,2 ± 1,8	15900 ± 4100
OT-7	5900 ± 1000	1,18 ± 0,46	7200 ± 2900	35000 ± 10000	6500 ± 1200	6,9 ± 2,0	1,12 ± 1,50	11,3 ± 1,09	10000 ± 2500
OT-8	10100 ± 3000	2,5 ± 0,80	6400 ± 1850	14600 ± 4400	7700 ± 1800	5,8 ± 1,5	2,21 ± 0,77	10,8 ± 2,1	18300 ± 6500
OT-9	14200 ± 3500	1,90 ± 0,59	7000 ± 2500	68000 ± 20000	10000 ± 3900	2,2 ± 1,0	5,0 ± 1,20	16,2 ± 4,2	16400 ± 4000
OT-10	9900 ± 2800	2,9 ± 1,0	5700 ± 2300	55000 ± 19000	5900 ± 1300	6,4 ± 1,9	0,89 ± 0,48	10,9 ± 2,0	17800 ± 4900
OT-11	13300 ± 2850	1,95 ± 0,80	7500 ± 2300	11700 ± 3600	6000 ± 1800	5,8 ± 2,0	0,26 ± 0,12	12,8 ± 3,3	21000 ± 6500
OT-12	8400 ± 1500	1,90 ± 0,75	6500 ± 1100	32300 ± 11000	7200 ± 1900	3,8 ± 1,5	5,11 ± 1,90	10,5 ± 1,5	19500 ± 7400
OT-13	15800 ± 4000	2,3 ± 0,64	5300 ± 1900	13500 ± 3900	9500 ± 4900	4,2 ± 1,9	0,60 ± 0,46	12,3 ± 2,5	18600 ± 5500
OT-14	10600 ± 3000	1,15 ± 0,50	4800 ± 1800	10300 ± 2600	6100 ± 1000	5,3 ± 1,2	2,31 ± 1,50	11,2 ± 1,10	13500 ± 3600
OT-15	12600 ± 2400	2,0 ± 0,50	3800 ± 1200	354000 ± 10000	4900 ± 1400	4,3 ± 2,0	5,0 ± 2,5	17,2 ± 5,0	18000 ± 6000

OT-16	18000 ± 6500	1,95 ± 0,79	7200 ± 2500	65000 ± 20000	5300 ± 2100	2,9 ± 1,6	4,4 ± 1,6	10,5 ± 2,0	19200 ± 7200
OT-17	8900 ± 2000	1,78 ± 0,30	4400 ± 1500	45000 ± 15000	9500 ± 3000	5,1 ± 1,0	0,90 ± 0,40	9,5 ± 1,9	15700 ± 3500
OT-18	14200 ± 2600	2,4 ± 0,85	5000 ± 1500	11200 ± 1900	5500 ± 1100	3,2 ± 0,90	4,2 ± 1,8	16,0 ± 4,5	14000 ± 2850
OT-19	12300 ± 1600	3,0 ± 1,0	4200 ± 1000	12000 ± 2000	10000 ± 3500	4,4 ± 1,1	4,25 ± 1,8	13,5 ± 3,2	13700 ± 2000
OT-20	10000 ± 1000	1,90 ± 0,56	6400 ± 2300	14700 ± 4400	6500 ± 1500	3,3 ± 1,0	0,89 ± 0,50	16,2 ± 3,9	16800 ± 4100
OT-21	11200 ± 1800	1,83 ± 0,30	6800 ± 2100	81000 ± 25000	7700 ± 2400	5,7 ± 1,2	1,00 ± 0,45	11,3 ± 1,9	15900 ± 3200
OT-22	9500 ± 1900	2,0 ± 1,2	4700 ± 1500	73000 ± 25000	5800 ± 2200	3,0 ± 1,0	5,13 ± 1,50	11,0 ± 1,0	18000 ± 4000
OT-23	10300 ± 1800	1,50 ± 0,70	6100 ± 1800	14600 ± 3900	4800 ± 1400	4,9 ± 1,3	0,58 ± 0,27	15,8 ± 2,9	19200 ± 6900
OT-24	10500 ± 1400	2,5 ± 0,70	3300 ± 2000	65000 ± 19000	9500 ± 4500	4,3 ± 1,3	4,40 ± 1,0	10,0 ± 0,90	18500 ± 3900
OT-25	16200 ± 3100	1,89 ± 0,78	5100 ± 1700	12000 ± 1900	7200 ± 2100	3,9 ± 1,5	2,25 ± 0,90	14,7 ± 3,0	12400 ± 1700
OT-26	10100 ± 1200	2,2 ± 1,0	3900 ± 1200	12800 ± 3900	7700 ± 2300	5,0 ± 1,2	0,79 ± 0,36	12,3 ± 1,10	13500 ± 3900
OT-27	13300 ± 3000	1,05 ± 0,20	4900 ± 1600	14000 ± 3600	7200 ± 2100	6,4 ± 1,4	5,0 ± 1,80	10,0 ± 2,1	18500 ± 3600
OT-28	11300 ± 2100	1,15 ± 0,40	3700 ± 1100	25000 ± 11000	6100 ± 1000	3,7 ± 1,3	2,3 ± 0,75	11,2 ± 1,0	18500 ± 5000
OT-29	12000 ± 2500	2,5 ± 0,80	4000 ± 1500	55000 ± 17000	5600 ± 2100	2,9 ± 1,3	1,6 ± 0,87	9,5 ± 0,78	14000 ± 3900
OT-30	10100 ± 1200	1,09 ± 0,69	4700 ± 1500	32000 ± 11000	6500 ± 1100	2,8 ± 1,3	1,15 ± 0,41	10,5 ± 1,0	20000 ± 6900

Место для подготовки проб. Лаборатория радиационной экологии  
Института наук о Земле, ТюмГУ



Заполнение журнала учета проб. Лаборатория радиационной экологии  
Института наук о Земле, ТюмГУ



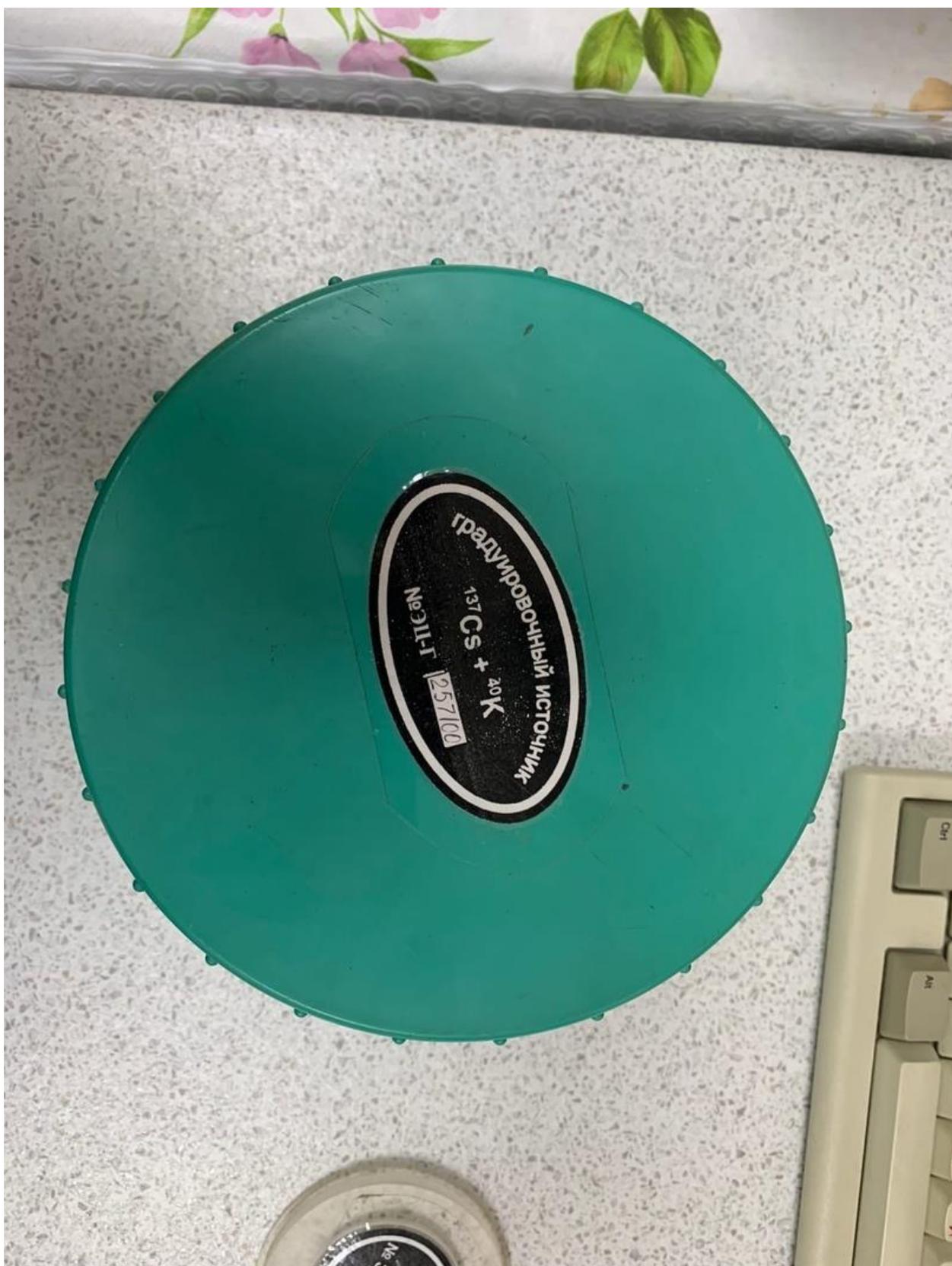
Универсальный спектрометрический комплекс «УСК Гамма плюс».  
Лаборатория радиационной экологии Института наук о Земле, ТюмГУ



Гамма- тракт. Лаборатория радиационной экологии Института наук о  
Земле, ТюмГУ



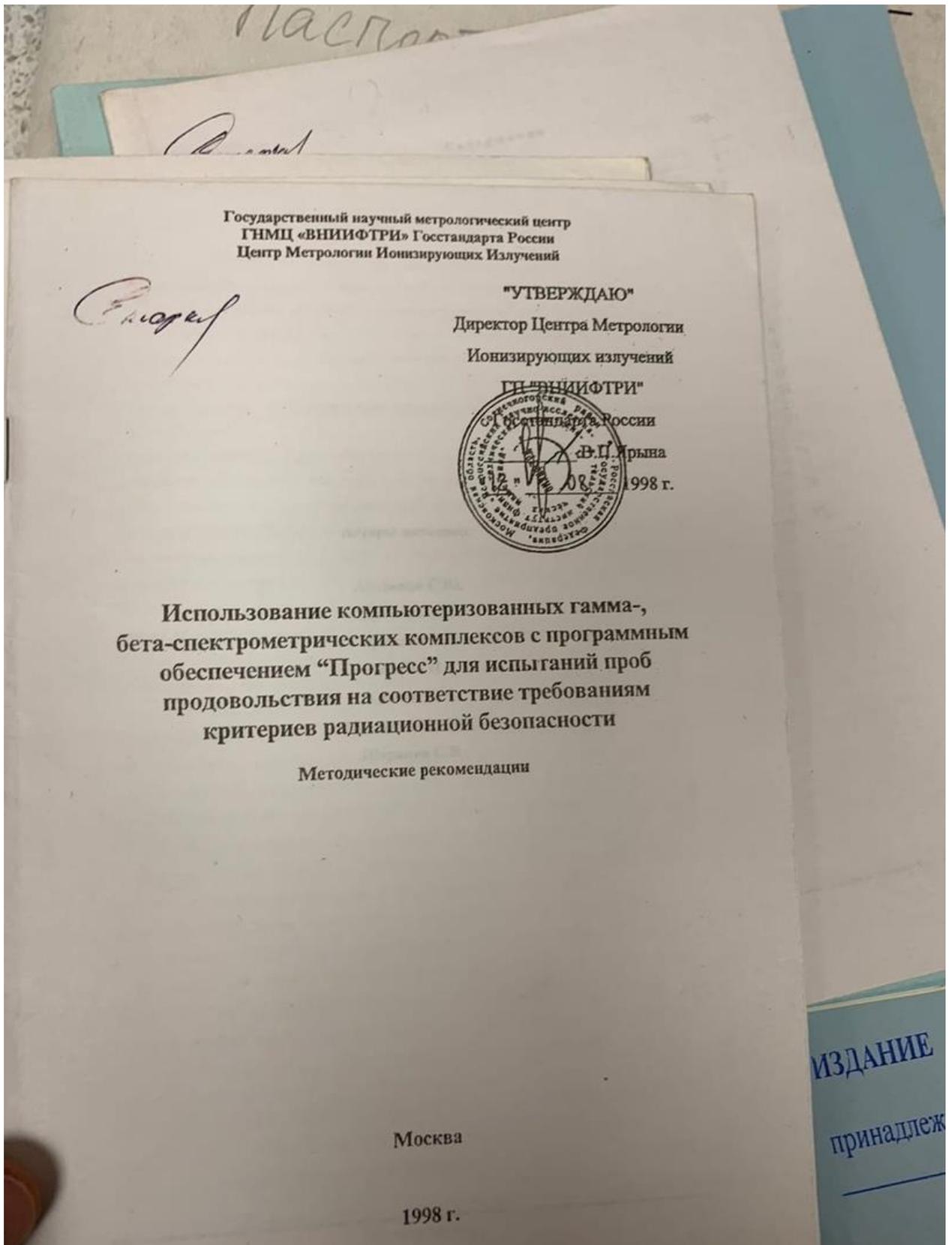
Комбинированный контрольный источник  $^{137}\text{Cs} + ^{40}\text{K}$ . Лаборатория радиационной экологии Института наук о Земле, ТюмГУ



Дозиметр МКС-АТ6130 для измерения фона. Лаборатория радиационной экологии Института наук о Земле, ТюмГУ



Методика работы с программным обеспечением «Прогресс». Лаборатория радиационной экологии Института наук о Земле, ТюмГУ

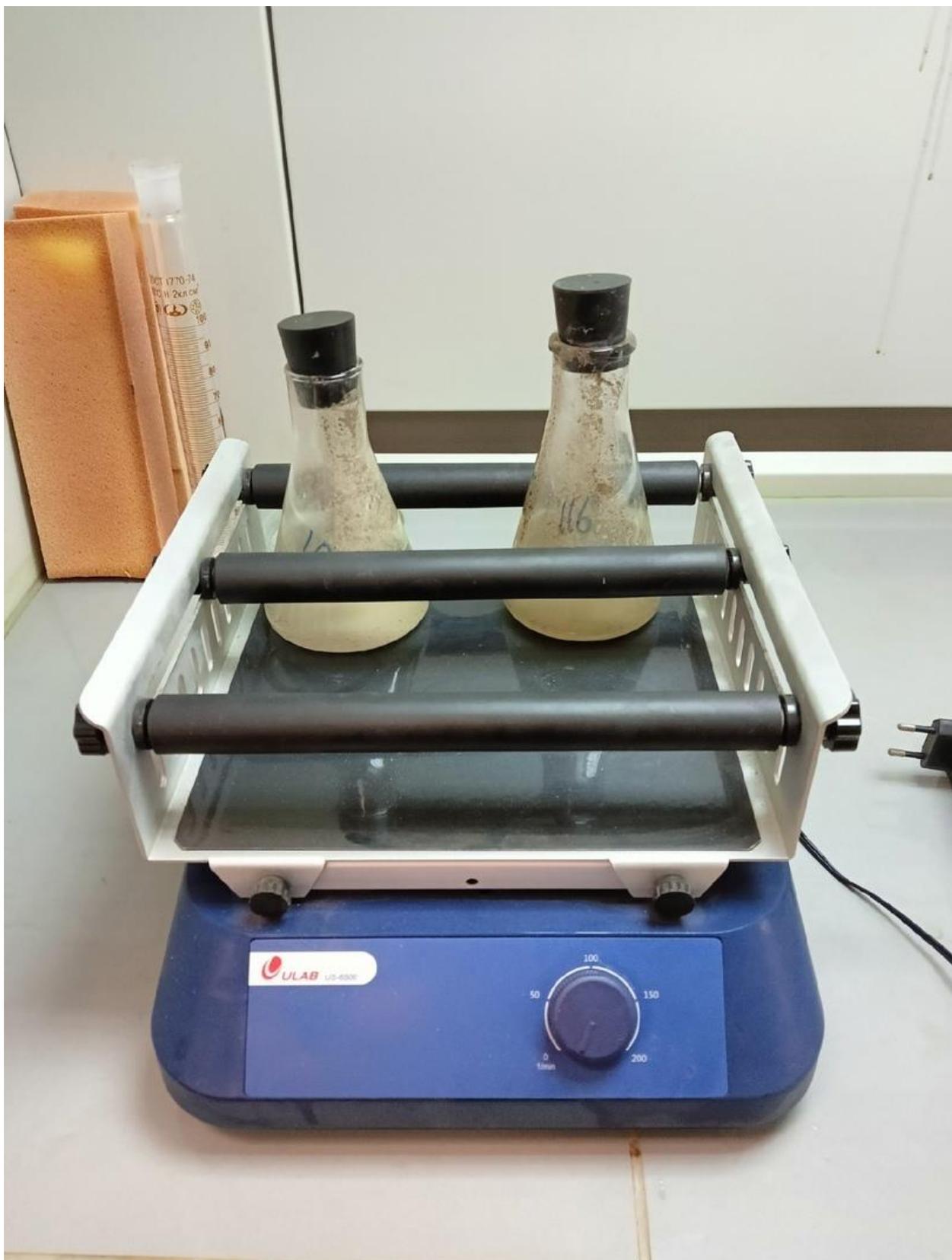


Расчет удельной эффективной активности. Лаборатория радиационной экологии Института наук о Земле, ТюмГУ



## ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Подготовка водный вытяжек нефтешлама для анализа его фитотоксичности



## ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Подготовка водных вытяжек нефтешлама для анализа его фитотоксичности  
(пропускание вытяжки)

